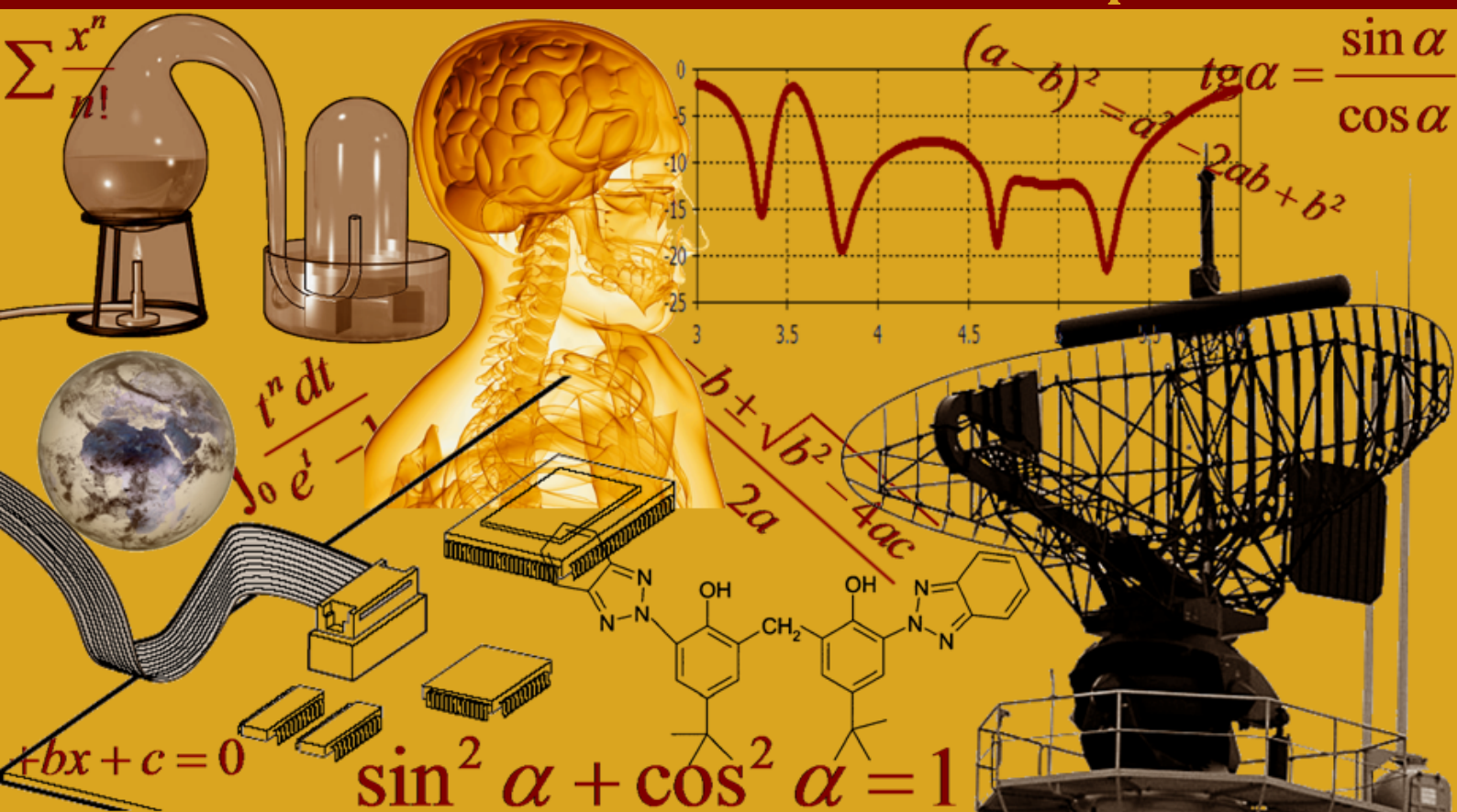


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 26 N. 2 September 2016



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

Conflits sociaux et problématique du pouvoir politique au Nord-Kivu post colonial	361-372
D'une ingénierie de la formation professionnelle à un système de développement des compétences: étude du cas d'un établissement bancaire marocain	373-383
Determining and comparing vocal tract length using vocal tract constrictions and linear predictive coding	384-389
Etude de la Complémentarité des Energies Solaires et Eoliennes pour un Système Hybride à Energies Renouvelables	390-396
Etablissements d'Enseignement Supérieur et Universitaire dans la ville de Goma en République Démocratique du Congo : entre compétition et coopération ?	397-405
Les mathématiques entre le fondamental (l'intelligible) et l'appliquée (le sensible)	406-409
IMPACT DES ACTIVITES ANTHROPIQUES SUR LES ZONES HUMIDES DES RIVIERES KAMBO ET LONGMAYAGUI (DOUALA)	410-420
Inventaire de l'avifaune dans les champs sous RNA dans le village de Dan Saga au Niger	421-428
Renal clearance and urinary excretion of cefuroxime in healthy male volunteers	429-434
Integrated Remote Sensing and GIS Applications for Mapping diverse Landscapes and Potential Touristic Destination in Zarzis, Tunisia	435-444
Rheological properties of Seven Different Yams (Dioscorea species) within the Yam Germplasm	445-452
Prevalence of Schistosoma haematobium among School Children in Bauchi State, Nigeria	453-458
Profil des parasites gastro-intestinaux du caprin au sud et au centre de la Côte d'Ivoire	459-475
CRISE POST-ÉLECTORALE ET MALNUTRITION EN CÔTE D'IVOIRE	476-483
ASSESSMENT OF WETTING PATTERN AND MOISTURE DISTRIBUTION UNDER POINT SOURCE DRIP IRRIGATION IN NYAGATARE - RWANDA	484-493
An Electronic Voting System for a Legislative Assembly	494-502
Bibliographic inventory of endomycorrhizal species associated to the rhizosphere of the date palm (Phoenix dactylifera)	503-510
Some Bio Kinematic variables analysis and their relation to accurately performance the beating crushing badminton	511-515
Distribution spatiale des infrastructures hydrauliques dans la commune de Kandi au nord du Bénin	516-532
THE INFLUENCE OF SELF DIRECTED LEARNING READINESS AND SELF STUDY ON ACADEMIC ACHIEVEMENT OF MEDICAL STUDENTS	533-537
CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ACTIVITE PASTORALE EN ZONE DE MONTAGNE: CAS DE LA COMMUNE DE TANGUIETA EN REPUBLIQUE DU BENIN	538-559
Biodiversité des ophidiens (Reptilia) du village Basukwambula (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo)	560-567
Structure, diversité, richesse et similarité floristique des peuplements d'arbres en forêt dense de UMA (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo)	568-599
Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées dans le traitement de la stérilité à Kenge et ses environs (Province du Kwango, République Démocratique du Congo)	600-611
Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le District de la Lukunga à Kinshasa (RD du Congo)	612-633
Dynamic Channel Assignment technique for minimizing Congestion in a Mobile radio Network	634-649
EVALUATION COMPARATIVE DE L'ACTIVITE INSECTICIDE DES EXTRAITS AQUEUX TOTAUX DES QUELQUES PLANTES CONTRE Acanthoscelides obtectus, INSECTE RAVAGEUR DE HARICOTS	650-655
IMPROVING MEDIUM WAVE SIGNAL TRANSMISSION USING A FLEXIBLE IMPEDANCE MATCHING UNIT	656-671
Design and Simulation of a Sine Wave Inverter with PID Control for Nonlinear Load Applications	672-683
Selection of Suitable Particle Size, Pellet Diameter of Coco Peat, Type of Fertilizer and Rate of Fertilizer Mix for Tomato (Lycopersicon esculentum L.) Nurseries	684-689

Conflits sociaux et problématique du pouvoir politique au Nord-Kivu post colonial

KIMBERE KITHAKA and Gervais MUHINDO BAYIBIKA

Enseignants et chercheurs à l'Université de Goma, Nord-Kivu, RD Congo

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

ABSTRACT: Said local political power to traditional chiefdoms of the North Kivu is changing in response to colonial issues conveys modernity and traditionalism of the conservative spirit in the post-colonial DRC.

Migrants and economic hegemony stimulating population growth and economic progress are an important asset to the Hutu and Tutsi immigrants newly acquired citizenship since 2006 and other majority populations such as YIRA (Nande) to reform the local traditional power often said that customary holders and their congeners living glaring disparities vis-à-vis these majorities. The number of complex breakdown of parental organizations by life sharing fears and habits, the consolidation of the customary power opposite that of democracy based more on the number and land expropriations in favor of individualism and deeds of real estate securities, sponsorship patronage for some local leaders remain in power longer have reinforced the erosion of those local authorities whose protection is affirmed by certain texts without practical arrangements to protect holders whose terror ended with the disintegration is confirming leaks, assassinations, dismissals, the rejection of pensions system, the radicalization of the conquest by the Tutsi HUUU and without any real solidarity with the Nande to weaken the BUHUNDE and bring sclerosis.

These abuses mentioned above are adequate to the realities of chiefdoms BUHUNDE, Bashali Bwito and current Sectors OSSO and Katoyi without forgetting the impacts of Chiefdom Bukumu (Territory of Nyiragongo and the Southeast Territory of Walikale.

KEYWORDS: social conflicts, political power, North Kivu, post-colonial.

RÉSUMÉ: Le pouvoir politique local dit pouvoir traditionnel des chefferies du Nord- Kivu est en mutation suite aux enjeux coloniaux véhiculant le modernisme et l'esprit conservateur du traditionalisme en RDC post colonial.

Les migrants et l'hégémonie économique stimulant la croissance démographique et le progrès économique constituent un atout important pour les autochtones HUTU et TUTSI ayant récemment acquis la nationalité depuis 2006 et d'autres populations majoritaires comme les YIRA (NANDE) à réformer le pouvoir traditionnel local souvent dit coutumier dont les détenteurs et leurs congénères vivent des disparités criantes vis-à-vis de ces majorités. Le complexe du nombre, de déstructuration des organisations parentales par crainte de partage de vie et mœurs, la consolidation du pouvoir coutumier en face de celle de la démocratie reposant plus sur le grand nombre ainsi que les expropriations foncières en faveur de l'individualisme et les actes des titres immobiliers, le clientélisme de parrainage pour certains chefs locaux de se maintenir au pouvoir ont plus renforcé l'effritement de ces pouvoirs locaux dont la protection s'affirme par certains textes sans modalités pratiques d'en protéger les détenteurs dont la terrorisation se solde par la désagrégation se confirmant des fuites, des assassinats, des destitutions, le rejet du système des rentes, la radicalisation de la conquête par les HUUU et TUTSI, sans aucune solidarité réelle avec les NANDE pour affaiblir le BUHUNDE et la ramener à la sclérose.

Ces exactions sus évoquées sont adéquates aux réalités des chefferies BUHUNDE, BASHALI, BWITO et aux actuelles Secteurs de OSSO et de KATOYI sans en oublier les impacts en chefferie de BUKUMU (Territoire de NYIRAGONO et le Sud Est du Territoire de Walikale.

MOTS-CLEFS: Conflits sociaux, pouvoir politique, Nord-Kivu, post colonial.

1 INTRODUCTION

Le pouvoir politique au Congo-Kinshasa est en profonde mutation. Ce pouvoir, qui se veut globalisant au niveau de l'Etat Congolais, est une mosaïque des pouvoirs variés dont le régime politique de la base et particulièrement dans les milieux ruraux est hybride suite à la combinaison de la tradition et de la modernité.

La période postcoloniale s'est caractérisée par la mise en place des tendances cherchant la reproduction des sociétés précoloniales ; cela s'avérera impossible suite aux collisions entre la modernité et la tradition.¹ Depuis cette période, le pouvoir traditionnel reste subordonné au pouvoir étatique. En effet, la Deuxième et la Troisième République ont récupéré le pouvoir traditionnel comme :

- Un instrument de propagande des idéaux du parti majoritaire au pouvoir ;
- Un domaine dont les tenants sont des fonctionnaires parfois permutables avec le militantisme comme critère de désignation ;
- Un domaine auquel échappent les Villes et les Cités à l'instar de ce qu'elles étaient à l'époque coloniale.

Notre problématique repose sur la question de voir les allochtones être en lutte contre les autochtones pour ravir à ces derniers le pouvoir politique ; fondant ainsi des antagonismes qui marquent la spécificité du Nord-Kivu dans l'effritement du pouvoir traditionnel et qui rendent la cohabitation difficile entre les ethnies du Nord-Kivu.

En observant le Nord-Kivu, nous pourrions être amené à croire que :

- Les migrations, l'ethnisation de l'hégémonie politique détenue par les autochtones face à celle de l'économie, apanage des transplantés auxquels a été consolidée la nationalité congolaise, contribueraient profondément à la désagrégation du pouvoir politique ;
- L'émergence de la crise politique que connaît la République Démocratique du Congo depuis 1990 serait venue extérioriser la démocratie par certains facteurs latents dans la révolution de ce pouvoir.

Le présent travail porte sur le Nord- Kivu, particulièrement la portion englobant les Territoires de NYIRAGONGO, de RUTSHURU, de MASISI ainsi que la Ville de Goma. Cette partie du Nord- Kivu connaît et continue à connaître jusqu'à nos jours des pressions politiques qui influent énormément sur les pouvoirs publics et qu'il importe d'aborder pour essayer de contribuer à l'approche des solutions qui y harmoniseraient tant soit peu la vie de la population.

Cette étude concernera les problèmes de cohabitation que posent la migration au BUHUNDE, l'hégémonie ethnique face aux ambivalences du droit public ainsi que l'apport des problèmes fonciers et de l'ethnisation des secteurs vitaux dans la révolution du pouvoir politique.

2 MIGRATION ET PROBLÈMES DE COHABITATION ENTRE LES ETHNIES DU NORD- KIVU

2.1 LE COMPLEXE FONDE SUR LE NOMBRE

Il se pose le problème de la majorité face à la minorité comme le montrent beaucoup d'écrits des auteurs Hutu, leur culture et leur langue sont entraînés au fil du temps de s'éparpiller partout où ils habitent. Cela est aussi vrai dans les lieux d'implantation des Yira que d'autres écrits désignent Nande.

Lors de leur venue, pour éviter qu'ils ne soient frustrés, les autorités chargées de l'immigration les implantaient sur les collines par famille. Par-là, il est clair que leurs mœurs, us et coutumes venaient donc se pérenniser dans le pays d'accueil. Ainsi là où ils prédominent, leurs valeurs le sont également. C'est ainsi que dans les années de leurs implantations jusqu'aux années 1970, le Kinyarwanda a dû être favorisé par les Eglises pour servir de prédication et d'enseignement. Cela va aussi de soi dans les milieux de transplantation des YIRA.²

¹ BALANDIER. G., *Le Détour. Pouvoir et modernité*, Paris, Fayart, 1985, pp 7-11. Se référer également à son œuvre *Sociologie actuelle de l'Afrique Noire* à la page 259, Paris, P.U.F, 1963.

² BATIBUKA, J., *Masisi restera-t-il dans la Province du Nord- Kivu ?*, Bukavu, 1963, p. Cet auteur considère que le Pays est URWANDA dans leur langue affirme par là même le BUHUNDE comme le RWANDA.

Cela fonde aussi l'attitude prise vis-à-vis de la toponymie du milieu suite aux déformations linguistiques dues à l'introduction des nouveaux idiomes. A titre illustratif : dans le BWITO en Territoire de Rutshuru, en groupement de TONGO, on rencontre les villages comme Bugoyi, Nduga-Butare au lieu de Kabitso et Butalongola bwa MUHINDO cela tout simplement parce que les immigrés qui y sont entassés sont venus de BUGOYI du NDUGA et du BUTARE qui sont des contrées du RWANDA.

Tous les Volcans du Parc National des Virunga qui se situent au BUKUMU sont nommés par des mots KINYARWANDA ou phonétisés en KINYARWANDA. C'est le cas de NINAWONGO signifiant demeure de Dieu qui a été déformé en Nyiragongo qui, pour eux veut dire ce qui a plusieurs dots³. Jusqu'en 1992, les sermons religieux se font en Kinyarwanda au BUKUMU.

Dans le pays de BASHALI dit KISHALI la déformation est passée dans les écrits coloniaux jusqu'à faire croire que le Gishari lui est différent fondamentalement. Dans cette même contrée le KIBACHIRO a été transformé en KIBARIZO.

Il en découle alors que deux attitudes contradictoires s'y sont développées :

Les venus considèrent que par leur installation favorisée par les pouvoirs coloniaux, ils doivent, compte tenu de leur nombre, dominer socialement et économiquement le milieu d'accueil.

La position inverse pour les autochtones qui ne les ont pas intégrés totalement a toujours provoqué des malaises menant aussi à des conséquences socio-politiques très graves. Là où les villages autochtones existent encore face à ceux érigés par les migrants, des exactions négatives se manifestent de temps à autres.

2.2 LA DÉSTRUCTURATION DES ORGANISATIONS PARENTALES

Faisons savoir que les organisations parentales des Bahunde n'auraient pas pu être affectées par la présence de celles des Yira qui depuis le kitara présentent à plus de 50% des similitudes.

La situation est grave avec la venue des Hutu et Tutsi. Avant leur arrivée il prévalait chez les BAHUNDE le système de véranda dit BUSHENGE ou ERAMITSO. Là se partageaient les repas des aînés, se tranchaient les différends et s'effectuaient certaines initiations. Certains Hutu et Tutsi disposent d'un poison reconnu au nom de KARUHO qui tue après avoir déformé le patient en lui donnant la posture d'un sidéen et dont la détection était difficile au début. Beaucoup d'autochtones croyant que l'on pouvait facilement partager avec les migrants HUTU et TUTSI sans un critère précis d'en détecter les bons et charitables, se sont vus souvent décimés sans découvrir la cause. Cela a développé chez certains autochtones la tendance à généraliser la possession de ce poison par tout HUTU ou tout TUTSI avec qui il faut à tout prix réduire les contacts. D'où l'herméticité de les accepter dans les villages où les autochtones vivent encore seuls.

Dans les villages et cités où les HUTU et les HUNDE cohabitent, le système de VERANDA n'existe presque plus et reste fort impossible à ériger dans les milieux où les autochtones modérés ont accepté de se marier aux Hutu et Tutsi. Cela pose le problème d'insécurité chez les malades qui sont pour beaucoup des cas présumés empoisonnés avant d'autres découvertes sémiologiques. A l'heure actuelle où la mobilité du Territoire d'immigration vers celle des autochtones est devenue grande, les autochtones mêmes ne se font plus la facilité de partager avec leurs congénères alliés aux Hutu et Tutsi parce qu'ils les préjugent posséder le KARUHO⁴.

Ces deux problèmes déterminent la révolution du pouvoir traditionnel au Nord- Kivu dans la mesure où les migrants se sont approprié les terres sur lesquelles des notables existaient en détruisant leurs lignées qui se sont dispersées ainsi qu'en les incitant à soumettre leurs us et coutumes parfois aux leurs.

Leur capacité démographique écrasante par rapport à celle des autochtones offrent toujours l'orgueil de s'affronter facilement. D'où un mépris vis-à-vis des autochtones.

³ Pages R.P., *op. cit.*, 24.

Voir les travaux collectifs de BUKUMU et BWITO, Archives politico-administratives des BASHALI.

⁴ Parlant de l'aperçu historique du Diocèse de Goma, l'Abbé KABOYI RUBONEKA affirme que le KARUHO était au début de l'évangélisation du BWISHA un grand obstacle à l'expansion du christianisme ; cela rejoint également les préoccupations que le Père SMULDERS a adressées à Monsieur ROELEN en date du 11 juin 1911 et le Rapport de MUTHAKA NYANVURA Président de l'Association BUSHENGE BWITO au Gouverneur du Nord- Kivu en 1992.

L'évaluation négative qu'ont les migrants de leur milieu d'origine sur ceux du Rwanda- Urundi se concrétise matériellement ici :

- L'occupation des terres qui ont mis fin aux problèmes fonciers qu'ils avaient dans leurs mères- patries ;
- Les revenus qu'ils réalisent ici compte tenu de la fertilité qu'ils y ont rencontrée sont loin d'être atteints ailleurs ;
- La migration ne leur a rien coûté car ils avaient les facilités (logement au début, exemptions d'impôts, soutiens avant les premières récoltes, soins médicaux gratuits, temps suffisant pour liquider les problèmes patrimoniaux).

Se ralliant à la politique coloniale entant que participants à la mise en valeur, ils ont persévéré jusqu'à s'attirer leurs frères restés dans la mère- patrie qui ne cessent de les suivre et de les chercher pour ne plus retourner. Il faut ajouter ici certains réfugiés HUTU et les FDLR qui ne sont jamais rentrés au Rwanda.

- Le milieu d'accueil est devenu un réservoir irremplaçable.⁵ Ceci s'est incriminé dans la mentalité des migrants qui ne voient en quoi abandonner ce pays d'entreprise. D'où leur énorme action influe avec acuité sur le pouvoir public qui ne cesse de les sentir par leur présence.

Poursuivons dès lors avec d'autres aspects de la question par l'hégémonie ethnique face aux antivaleurs du Droit public. Dans cette partie, il s'agira de voir diverses antinomies qui découlent des textes légaux et qui accordent des faveurs aux uns et en retirent aux autres ou ne leur accordent pas du tout avec comme conséquence majeure la tendance vers la sclérose du pouvoir traditionnel.

3 HEGEMONIE ETHNIQUE FACE AUX AMBIVALENCES DU DROIT PUBLIC

Le concept ambivalence dont il est question ici est la dualité du système juridique qui protège les institutions au sein desquelles les unes se réfèrent à la coutume concomitamment avec la loi écrite. Nous y inclurons également les contradictions nées de l'abrogation de certaines lois tout en entraînant des contestations qui pèsent lourds sur les pouvoirs de base.

La dualité dont il est question plus haut peut avoir comme conséquences :

- L'inégalité de protection par le droit ;
- La modification des textes légaux avec empiètement des droits de la jouissance précédente.

Ceci nous conduit naturellement à trouver des cas où les minorités peuvent être protégées au détriment d'une majorité.

- On peut courir le danger de voir les autochtones diriger une loi dans le sens qui leur paraît favorable⁶.

3.1 L'INEGALITE DE PROTECTION PAR LE DROIT

A première vue, il convient de reconnaître que le régime colonial s'est positionné en montrant qu'il protégeait les pouvoirs traditionnels alors qu'au fil du temps il murissait certaines contradictions qui lui étaient favorables tout en lissant ces derniers. Nous citons les cas typiques des terres vacantes, de la subjugation de pouvoirs traditionnels en les rendant subordonnés aux siens.

Alors que pour des raisons trophiques, les autres autochtones utilisaient les terres en les affectant aux cultures, les arbres à l'habitation et les restants à la chasse ainsi qu'à la pêche, l'homme blanc érige la notion des terres vacantes qu'il dissocie de celle effectivement et visiblement occupées qu'il nommera Terres coutumières. Ce sont ces dernières qui devront uniquement être régies par la coutume et les usages locaux. Cette pensée ressort clairement des ordonnances du 1 juillet 1885 et du 14 septembre 1886. Le Décret du 3 juin 1906 use de trois concepts pour définir les terres coutumières à savoir :

⁵ LUTALA MAMPAS, *Migration et développement en Afrique. Quelques aspects méthodologiques* » in UEPA (étude de la population Africaine), n° 4, Août 1990, pp97-100.

- Voir le compte rendu de la réunion du Comité Régional Nord-Kivu du 28 au 30 Décembre 1988.

⁶ MUKASA JC, « Le problème de l'unification et de l'intégration des droits du Droit Congolais » in *Problèmes sociaux Congolais*, n° 75, Lubumbashi, 1966, pp 55- 61.

- Etre Habitées,
- Etre affectées aux cultures,
- Etre exploitées autrement.

Les deux premiers concepts ne posent aucun problème. Le troisième pourrait faire entendre l'exploitation de ces terres dans l'entendement de l'ayant droit coutumier. Pour les autochtones, les terres inhabitées et non soumises aux cultures servent à la chasse, contiennent des rivières d'où l'on pêche les poissons ainsi que des forêts d'où l'on coupe les bois et les sticks pour le chauffage et la construction. Les autochtones ainsi que leurs autorités vont se trouver paralysés dans leur cadre géographique au sein duquel ils seront régulièrement coincés dans l'usurpation de leurs droits.

Malgré l'importance qu'accordera textuellement l'article 5 de la charte coloniale et de la loi organique du 18 octobre 1908, l'inégalité dans les droits ira de plus en plus grandissante.

Ainsi, le 2 Mai 1910, une ordonnance d'administration générale est édictée et contenait certains aménagements qui menaçaient la sacralité des pouvoirs traditionnels :

- La substitution des impôts en nature (tributs) à ceux en argent greffés d'un complément pour les polygames ;
- Les chefs coutumiers deviennent contribuables.

Le décret du 17 juillet 1914 va imposer indistinctement la contrainte par corps, les exécutions forcées sur les biens mobiliers des redevables.

La paupérisation des détenteurs des pouvoirs traditionnels va se concrétiser par la mise en place du système de capitalisation du sol par l'arrêté du 30 Mai 1922 stipulant l'octroi des superficies et emphytéoses moyennant la remise d'une somme d'argent envisagé comme rachat de la jouissance que le propriétaire qu'est l'Etat devait se priver au profit du bénéficiaire particulier.

Le problème des terres se poursuit jusqu'au point où le pouvoir colonial se rend compte qu'il fallut instaurer le système des rachats des terres dites vacantes aux groupements coutumiers pour les récupérer dans son domaine privé.

Tel fut l'objectif du Décret du 31 mai 1934 qui recommande l'appartenance des terres au domaine privé de l'Etat après enquête et sur remise d'une indemnité aux chefs traditionnels.

Il convient également de savoir que la création des Cités Indigènes et les Centres Extra Coutumiers étaient des formes qui ravissaient aux autorités traditionnelles les terres et les hommes affaiblissant ainsi leur contrôle sur ces derniers. Cela est l'esprit du Décret du 20 juillet 1925.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, le Décret royal du 21 Avril 1925 ainsi que ceux du 28 juillet 1936 et du 5 février 1932 se rapportant au Parc National Albert s'inscrivent dans l'esprit des lignes que nous avons développées plus haut.

Le Décret du 28 octobre 1942 montre clairement les visées du pouvoir colonial à simplifier le rôle des chefs des clans dans la gestion des territoires des Etats précoloniaux. Ces derniers sont substitués aux conservateurs des titres immobiliers qui délivreront un certificat conférant les droits de propriété individuelle.

Les Décrets du 10 et 23 Février 1953 confirment que l'enregistrement sur les terres occupées confèrent les droits de propriété qui ne peuvent être arrachés que pour les raisons d'expropriation pour cause d'utilité publique ou le non respect d'une clause résolutoire figurant dans le contrat. La propriété foncière est individuelle.

Le Décret du 13 octobre 1959 dans ses articles 140 à 145 justifie que les terres sortant du domaine privé pour appartenir aux communes, aux particuliers si elles n'ont jamais été affectées aux cités et aux centres extra coutumiers. Dans cet esprit, elles peuvent gratuitement revenir aux associations scientifiques, religieuses ou aux établissements d'utilité publique divers.

Les divers textes cités ci-haut, en particulier ceux datant de 1950 se rapportant aux droits de propriété ont bouleversé les pouvoirs traditionnels par l'enlèvement des droits de pacage qui conférait le fondement des Tributs. Ce qui favorisait les migrants qui se sont sentis près qu'exclusivement indépendants du système coutumier de gestion de la terre qui normalement aurait exigé ses droits par des rentes coutumières.

Malgré l'insertion de la coutume dans l'ordre judiciaire à l'instar des principes généraux, équité et jurisprudence par la charte coloniale, divers décrets dont ceux du 15.04.1926, 22.02.1932, 08.05.1958 et 16.09. 1959, il y a lieu de retenir dans ce qui vient d'être dit que :

- Toutes les manœuvres ont été faites pour que les colonisateurs ayant une main mise sur le contrôle des terres qui sous tendaient le pouvoir traditionnel Hunde puisse les dominer ;
- De là, ils imposeront leurs structures sans aucun obstacle car ils les auront en quelque sorte divisé avec les autochtones civilisés qui auront adopté leurs cultures.

Quelques autres textes ont quelque peu troublé les institutions Hunde en luttant dans une philosophie qui annihile l'Épouse-Pouvoir dite Mumbo. En effet, les Décrets du 3 juillet 1948 et 4 avril 1950 militent pour le renforcement de la monogamie et le bannissement de la polygamie. Or, la Mumbo est toujours une seconde femme dont la sacralité confère la qualité d'être mère du futur Roi. Pour beaucoup de cas, c'était une très jeune fille, parfois Impubère. Dans ces circonstances elle est en antinomie avec le décret du 9 juillet 1936. Cela a eu une conséquence majeure chez Mupfuni (Bahunde Mupfuni) où trois règnes se sont fait sans respecter ce principe.

Au Bwito également, de 1960 jusqu'en 2015, se sont succédés cinq chefs sans avoir aucune origine de la Mumbo. Cela est encore plus grave en collectivités de Osso et de Katoyi qui sont gérées comme secteurs.

Cela fonde au Bahunde actuel l'une des causes qui motivent la course au pouvoir. Il suffit sans être né de la Mumbo, d'être soutenu par des grands politiciens au Ministère de l'intérieur et des affaires coutumières ou, moyennant la reconnaissance du parrainage politique, on devient chef.

3.2 LA MODIFICATION DES TEXTES LEGAUX AVEC EMPIETEMENT DES DROITS DE LA JOUISSANCE PRECEDENTE

Deux cas cruciaux vont illustrer cette situation

A. De la Chefferie du Gishari

Comme nous l'avons mentionné au début du texte dans les problèmes de cohabitation, il convient de rappeler que le Gishari est une déformation du Kishali que les écrits coloniaux ne font plus correspondre à sa réalité historique. Dans le contexte colonial, c'est une chefferie formée de toute pièce après plusieurs tergiversations. Dans ces conditions, elle était composée du groupement Bashali/Kaembe dont sa grande partie était complétée par des amputements des groupements Mokoto et Biiri. Cette chefferie tire son origine dans la modification des textes légaux et réglementaires qui ont supprimé les privilèges qui revenaient aux Bashali en les transférant aux Hutu d'abord jusqu'en 1942 ; ensuite au chef TUTSI BUCHANAYANDI Wilfrid jusqu'en 1957.

Ainsi, la chefferie des Bashali reconnue par l'arrêté n°81 et le procès-verbal d'investiture n° 8 du 10 juin 1919 sera supprimée par la décision n° 67 Bis du Commissaire de District LECDOTE en date du 23 mai 1930 qui la transformait en sous-chefferie des Bahunde.

Suite aux rapports respectifs des administrateurs de Masisi et Walikale du 15 avril 1954 et du 28 avril 1954, le Commissaire de district sera amené à une décision renvoyant les BAPFUNA en deux territoires dont les uns à Masisi les autres à Walikale.⁷

Une série d'actes coloniaux aboutissent à la détermination d'une chefferie dont les démarches ont été initiées en 1937. Cette chefferie dénommée Gishari est une récupération des terres du KISHALI, une partie du moins.

C'est sur imposition que s'était faite les enquêtes vu que le Grand chef Kalinda y était absent suite à la fausse cause d'excavation de vol d'or qui l'avait coûté la peine de prison à Bukavu. Ainsi, les enquêtes de délimitation qui ont pris fin le 20 juin 1949 sont soumises par un rapport au Commissaire de District qui, en date du 15 février 1953 signa la décision n°10/B25 qui la régissait.

Toutefois, il faut reconnaître que cette chefferie s'érigait sur une contradiction des principes à savoir :

- La direction d'un chef autonome qui n'avait des comptes à rendre qu'aux autorités belges. A ce titre, il était aux mêmes pieds d'égalité que KALINDA qui lui était chef congolais de la terre ;
- L'installation sur des terres autochtones d'une chefferie dont les habitants sous l'obédience des Rois de leur pays d'origines peuvent croire être chez eux. C'est ainsi que le Vice-Gouverneur Général et le Gouverneur du Kivu en

⁷ Voir le Dossier n° 21. 02. 04.01 du District du Nord-Kivu, Le commissaire de district Spitaels transfère une partie des BAPFUNA à Walikale, lettres T 4202/cu/T du 30.6.1942 après 7434 du 24.4.1937 suivantes.

réunion avec leurs subalternes reconnurent plusieurs fois que c'était une grave erreur d'ériger au profit des immigrants Hutu une chefferie au sein des terres indigènes Bahunde.

Se reprochant des dommages causés au Mwami Kalinda, le régime colonial l'indemnisait une somme de 35000 francs qu'il versa suite à sa dévaluation dans la caisse de l'effort de guerre.⁸

Depuis 1953, certains principes avaient été exigés aux immigrants à savoir :

- 1°) L'intégration des immigrants avec leurs notables dans les circonscriptions indigènes locales sous la haute autorité des chefs de ces circonscriptions. Ceci veut dire que compte tenu de leur spécificité culturelle, ils devaient avoir un notable dépendant hiérarchiquement d'un chef congolais de la terre.
 - 2°) Les immigrants doivent respecter les droits coutumiers, politiques et fonciers des communautés locales. Or, fondamentalement, l'allégeance se manifeste par la remise des impôts en nature sans chercher aucune autre forme de justification lorsqu'un chef coutumier vous installe. Ces deux principes concernent les migrations spontanées.
- Il convient d'indiquer que ces principes ont continué leur essor jusqu'à une période récente d'après l'indépendance et que leur réfutation a toujours valu l'effusion du sang tel qu'il le sera montré dans les pages qui suivront.
- 3°) Sauvegarder la coutume en veillant à la subordination des immigrants à l'égard des pouvoirs coutumiers locaux consacrés dans les formes prévues par la coutume. Ceci se résume par la domination de la coutume rencontrée sur celle des venants qui doit être soumise.
 - 4°) Incorporation de l'organisation politique des immigrants dans celle des indigènes suivant le cadre du Décret du 5.12.1933. Ainsi, cela faciliterait leur intégration.
 - 5°) Le Décret limite la structure politique des chefferies aux chefs investis et aux notables. Les représentants des immigrants seront désignés selon les règlements prévus par la coutume de la chefferie.
 - 6°) Pour éviter la constitution des circonscriptions autonomes des immigrants, il est indispensable de renforcer les garanties coutumières attestant la vassalité des immigrés.
 - 7°) Désignation des autorités coutumières selon la coutume et non l'élection ;
 - 8°) L'inopportunité de doter les immigrants d'institutions différentes de celles des populations locales.
 - 9°) Un large choix laissé aux immigrés de désigner un chef de colline ;
 - 10°) Immigration des indigènes du Rwanda-Urundi tant qu'individu et non en tant que groupement en vue d'éviter l'UBULETWA, l'UBUHAKE, et l'UBUGABIRE, les systèmes de dépendances personnelles de leurs pays d'origine dans le pays d'accueil.
 - 11°) L'incorporation de l'organisation politique des immigrants devra être gérée par l'administration ordinaire plutôt qu'au personnel de la M.I.B ou de la M.I.P.
 - 12°) Equilibrer les rapports entre les autochtones et la majorité d'immigrants là où ils seront, en laissant l'autonomie des coutumes par la création des secteurs.⁹

B. Le cas du Bwito

Le pouvoir traditionnel n'y est pas non plus d'invention coloniale comme cela a été montré plus haut. Déjà le père PAGES nous montre aux pages 173 et 229 de son ouvrage de l'existence du Roi NYAMULAGHA déformé en NYAMURAGA qui y régnait et qui est encore frais dans les mémoires des Bahunde, des Hutu et des Tutsi.

⁸ LIESNARD, Inspecteur d'Etat et Gouverneur de la Province du Kivu ; et François CORBISIER ; Procès-verbal de la réunion du conseil d'Etat Provincial du 4 Janvier 1950 p. 2 . De ces mêmes autorités, le procès verbal du 12 Octobre 1948. Se référer également au rapport de GEUAERT, Chef des services provinciaux des affaires indigènes adressé au Gouverneur LIESNARD en date du 24 septembre 1941.

⁹ Instruction du Gouverneur général Pétillon n° 21/7323/780/VG/3 a du 11 mars 1953.

Consulter également SPITAEELS R, Dossier n° 441/JB/POL/1 du 5 MAI 1958 du District du Nord-Kivu sur l'organisation politique zones MIB et MIP. MIB signifie Mission Immigration Banyarwanda. MIP veut dire Mission Immigration des peuples Indigènes. Les deux missions étaient régies par ces mêmes principes

De même les rapports du 06.06. 1919 confectionné par l'Administrateur du Territoire de Rutshuru révèlent pertinemment l'existence de trois grands notables du Bwito qui tiraient leur origine dans les dynasties du BWITO, MURARA de TONGO et Mukule Mwinda de Mushali respectivement des clans BAALIHYA, BACHIIRI et BAERWA.

Sur base du rapport susmentionné, le Bwito sera annexé au Territoire de Rutshuru avec comme conséquence la dispersion de ses institutions. Reconnue Chefferie par l'arrêté n° 80 du commissaire de District VAN DEN GHINST du 30 juin 1919, Bwito se verra dans les démarches initiées depuis le 4 mars 1923 incorporé dans le Bwisha par l'arrêté n° 26 du 11 décembre 1929.

Depuis cette date, les Bahunde de Bwito seront sous le joug d'un chef Tutsi adopté par les BAHUTU du nom de NDEZE DANIEL qui pratiquement prendra fin par le procès verbale d'investiture du 9 avril 1971 en exécution de l'arrêté n° 2163 du 18 Novembre 1970.

Cette subjugation tire sa source dans :

- L'insoumission partielle des princes au système qui les dénigrait ;
- Par ce fait, leur relégation dans les autres territoires.

Déracinés de leurs territoires, ils vinrent leurs pouvoirs effacés et parfois à leur retour leurs terres avaient déjà été occupées par les migrants Hutu dont les chefs de collines dépendaient du Mwami Ndeze.

- Ils étaient estimés les moins denses et qu'il ne fallut pas alors favoriser le pouvoir à une très petite population.

L'usurpation de leur pouvoir était fondée sur l'action certaine de la résolution ou principe n° 12 qui estimait que les minorités autochtones devaient évoluer parallèlement avec les immigrés dans le secteur.

Se rassurant de sa majorité jusqu'en 1960 et dans toute la période post coloniale, il régnait en maître absolu sur cette entité dont les princes étaient dévalorisés. C'est ainsi qu'en date du 28 Avril 1960 les hommes valides BAHUNDE étaient 1232 face aux transplantés HUTU et TUTSI 12778 qui le menaçaient dans une correspondance en les contraignant de rester sous la domination du chef NDEZE de leur obédience, dans le cas contraire ils courraient le risque de se voir balancés par le poids des venus.

Pour eux, toute cette contrée est le BWISHA qui est le pays de leur ancêtre depuis qu'ils ont occupé. Les édits n° 9 et 11 de 1961 permirent pendant 5 ans à cette chefferie d'aboutir à l'autonomie, vœu que les HUNDE avaient manifesté à la veille de l'indépendance.

Malheureusement, l'instruction n° 252/10/3375/2618/154 du 13 Juin 1967 du Ministère de l'intérieur ainsi que l'arrêté n° 2212/1393/SEC/67 du 1 juillet 1967 vont abroger ces édits et par principe de subrogation en remettant de nouveau le Bwito à NDEZE DANIEL devenu Administrateur du Territoire de Rutshuru et chef de collectivité locale de BWISHA.

Ainsi, les infiltrés et transplantés venus du BWISHA et du Rwanda-Urundi, au lieu de faire partie de la chefferie rencontrée sont plutôt venus avec leur chefferie pour y incorporer les autochtones.

Dans le BWITO, le contrôle de la terre et du pouvoir est passé chez les HUTU dont leur chef a dû s'arroger la plus part des indemnités sur les terres coutumières des BAHUNDE BABWITO et celles-ci n'étaient pas pour lui un problème. Se positionnant toujours comme maître du BWITO cherchant par son siège d'Administrateur de Territoire à montrer par préjugé que les BAHUNDE ne pouvaient pas gouverner, il tentera à maintes reprises à récupérer le BWITO mais vainement. Le rapport le plus saillant de ces faits est celui du commissaire de District MUTUTA THOMAS du 24 Juin 1971.¹⁰

Les manipulations entre les migrants cumulés au BWITO ont pour conséquence :

- Le trafic d'influence qu'exercent leurs leaders sur la conduite des affaires de l'actuelle collectivité-chefferie de BWITO. Depuis quatre mois le chef de chefferie a fui l'entité après avoir tué son petit frère, feu Secrétaire Administratif, le chef de Groupement de Bambo et le chef du Village de Kyaala Byanderema.¹¹

¹⁰ - VOIR aussi les cas analogues prélevés dans le rapport annuel du commissaire de District SHABANI PIERRE en 1967 ainsi que le MEMORANDUM des chefs coutumiers de BWITO du 28 mars 1967 ; Lire aussi les rapports de la MONUSCO de Janvier à Juin 2016.

¹¹ Lire à ce propos les rapports des descentes du BARAZA la Wazee Octobre 2015 à Mai 2016.

- Le préjugé séculaire de considérer la minorité autochtone comme facile à déstabiliser socio économiquement et politiquement. Ceci se concrétise à travers les turbulences entretenues en ces jours et qui incitent les BANANDE et BAHUNDE à fuir le BWITO pour l'exil dans les chefferies voisines.¹²

Citons aussi qu'en dehors de ces deux cas, la position adoptée par le commissaire de District SPITAEELS a eu des conséquences politiques aujourd'hui. Il s'agit concrètement du fait suivant :

- Une fois installés sur une localité, 400 à 500 individus mâles adultes se choisissent un chef de colline. Parmi les chefs de collines seront triés ceux qui seront élevés au rang de NOTABLES et des représentants des immigrants dans les conseils de chefferie.

Il est certain de pouvoir dire qu'une colline contenant les autochtones et entourée de plusieurs collines habitées par les immigrants se verrait absorbée avec très peu ou même pas de chance de faire passer le leur comme notable. Les élections législatives de 2011 en sont une illustration par laquelle les autochtones Hunde n'ont pas eu des députés nationaux.

Pour résorber les pressions des autochtones, SPITAEELS tranchera en les laissant sous la domination des notables des migrants.

La période Postcoloniale se caractérisera par la prise absolue d'une position qui ne permettra aucune mobilité des allochtones au poste de NOTABLE au BUHUNDE excepté le BWITO.

3.3 LA PRESSION DES MIGRANTS SUR LA MODIFICATION DE LOI

Cette partie nous révèle l'influence que les migrants exercent sur certains actes publics en commanditant les résolutions qui, tôt ou tard, tendent vers leurs faveurs.

Certains actes ont été évalués en apportant des améliorations et en se dépouillant de certaines erreurs dues à la hâtivité ou à l'insuffisance d'expériences.

Parfois des attitudes vexatoires s'y sont développées lorsqu'une large ouverture est laissée à l'applicabilité des actes.

Soulignons en passant que la pression de l'autorité coloniale quant à ce qui concerne l'usurpation des pouvoirs traditionnels était automatique. Hormis les textes dont nous avons parlé plus haut, elle se résume dans l'échelonnement des textes suivants :

- Le Décret du 15 décembre 1885 récupérait les tributs en les remettant à l'Administration de l'Etat indépendant du Congo ;
- Le Décret du 16 juillet 1890 établissait l'impôt sur les signes extérieurs de la capacité productive en attestant que la colonie récupèrera des ressources de l'économie traditionnelle ;
- Il ressort clairement du Décret du 06 octobre 1891 que seront reconnues les chefferies indigènes en consacrant une existence légale des ethnies vue comme base de l'organisation politique dans laquelle elles doivent être intégrées pour être contrôlées.

Dans la période post coloniale, c'est là où deux phénomènes ont pu révolutionner le pouvoir traditionnel à savoir la loi sur la nationalité, l'ouverture des lois au support de la coutume et l'opposant aux migrants.

Notons que ce sont notamment l'Ordonnance législative N° 25/552 du 6 Novembre 1959, la résolution N° 11 de la Table Ronde ainsi que la loi du 23 Août 1960, Ordonnance-loi n° 71- 020 du 26 mars 1971, la loi sur la Nationalité N° 72- 002 du 5 janvier 1972.¹³ Tous ces textes révèlent sociologiquement des pertinences sociologiques qui ont motivé leurs abrogations à savoir :

¹² Voir les rapports du comité Provincial de sécurité du Nord- Kivu de la même période

¹³ - Voir les réactions DE LA MUTUELLE AGRICOLES DES VIRUNGA dans l'AZAP n° 3452 du 6 Juin 1991 au nom de communauté HUTU

- Travaux collectifs des BANYARWANDA du 20 Juin 1992

- RWIGAMBA B. Le drame du Peuple Banyarwanda du Kivu, Lubumbashi 1982, plusieurs autres publications du professeur NDESHYO, BATIBUKA, Docteur KALISA, Monseigneur KANYAMACHUMBI.

- La partialité qu'ils manifestaient nommément envers les Allochtones ;
- La référence à l'année soixante (1960) comme date limitant les immigrants venus avant 1950 pour fonder la nationalité ;
- Le désaccord notoire dans les entités où sont les immigrants qui résultait de leur improvisation ;
- L'ambiguïté sur la réglementation de l'immigration des peuples autrement nommés.

Parlons brièvement des problèmes d'hégémonie dans la représentation et des confrontations ethniques. A ce sujet, il sera question de voir certaines stratégies mises en place pour arriver à se tailler une représentation ou détriment des autochtones. Deux plans ont permis l'émergence des allochtones :

- La lutte pour la triomphe de la majorité
- Le débat entre HUTU et TUTSI, pour se précipiter le monopole politique au Nord-Kivu au détriment des autochtones qui seront sous le joug de celui qui sera vainqueur entre eux.

Ces deux types de plans nous conduisent à parler de l'irrédentisme des allochtones.

Rappelons que l'irrédentisme est la doctrine selon laquelle les ressortissants d'un pays s'imaginent que le territoire sur lequel ils sont venus habiter doit s'inclure dans leur pays d'origine. Ils s'estiment attachés à ce dernier par la langue et les mœurs malgré qu'ils y sont séparés par la politique. Ce concept tire sa source dans la doctrine latine ITALIA IRREDENTA que véhiculaient les colonies italiennes de peuplement et qui signifie ITALIENS non rachetés de la domination étrangère.

Ainsi, profitant du soutien des Missionnaires et des Services Publics, ils sont parvenus à paralyser l'activité économique des autochtones qui sont maintenus dans la paupérisation continuelle sur les terres mises en valeur par les migrants. Cette assertion est aussi conséquente à l'inexistence au Nord-Kivu, dans la partie BUNDE, d'une entité régie par leurs us et coutumes.¹⁴

En ce qui concerne les confrontations ethniques, il s'agit des manifestations qui visent la modification de la nature des relations entre ethnies et le pouvoir central et/ou local soit en voulant son autonomie ou son isolement avec les autres.

Ces confrontations au BUNDE résultent toujours de la représentativité politique et de l'envie des migrants à renforcer le triomphe de leur majorité par la récupération des pouvoirs locaux. 2 cas nous intéressent, 1960-1965 : le KANYARWANDA et, 1990-1993 : la MAGRIVI (Mutuelle des Agriculteurs des Virunga).

4 APPORT DES PROBLEMES FONCIERS ET DE L'ETHNICISATION DES SECTEURS VITAUX DANS L'EFFRITEMENT DU POUVOIR TRADITIONNEL

Quoiqu'il en soit, pour plusieurs raisons, l'enjeu foncier a été pris pour référence vu que sa gestion influe sur le pouvoir traditionnel. C'est ainsi qu'en tant qu'élément de l'écosystème en particulier l'adape, la terre, dont la quête s'est énormément enracinée dans les visées des migrants est à la base des conflits au Nord-Kivu hétérogène qui pèse sur le pouvoir local.

Les conflits des autochtones entre eux, trouvent leur fondement dans l'individualisation de la propriété foncière qui peut faciliter l'acquisition de l'argent par la vente en considérant les migrants comme clients. Ceci aussi se concrétise par la course au pouvoir nourrie par le souci de positionnement supérieur pour avoir les priorités de marchander la terre en mutation de certains chefs irresponsables qui l'aliènent sans penser aux conséquences futures.¹⁵

4.1 APPORT DES PROBLEMES FONCIERS DANS LA BOUSCULADE DES POUVOIRS TRADITIONNELS

Toutes les interventions législatives de l'époque coloniale jusqu'à ce jour n'ont pas réussi à effacer dans la mentalité des autochtones qui croient que l'aliénation et la perte de la terre ne peut s'exécuter que si la communauté des vivants et des

¹⁴ Consulter l'Editorial du Journal *Consommateur africain*, n° 4 du 5 au 12 décembre 1991 à la page 5 sans oublier le rapport confidentiel du Gouverneur MWANDO NSIMBA adressé au commissaire d'Etat de l'Administration du Territoire et de Décentralisation du 12 septembre 1985 se référant également à MIRASANO C., « la guerre sainte d'une ethnie tyrannique » un KANGURA N° 4 de décembre 1991

¹⁵ - LUKEKA M.G, « L'approche des ONG », in JUA N° 444 du 10/6/1993 P6

- Voir la Réunion du Comité Régional du 28 au 30/12/1988 présidé par le Gouverneur KONDE-VILA-KIKANDA.

morts se réunissait pour en décider autrement. Or, ne pouvant pas matériellement réaliser cette rencontre, il s'en suit que les descendants des morts malgré toutes tergiversations restent propriétaires. C'est pourquoi, malgré l'Ordonnance-loi n° 80-008 du 18/7/1980 dont l'article 385 stipule que les terres des communautés locales sont domaniales, précisant au 386 quelles sont celles habitées, cultivées, exploitées conformément aux coutumes et usages locaux, les détenteurs du pouvoir traditionnel s'efforcent dans le fait d'y désister.¹⁶ Certains détenteurs ont même développé l'attitude de vendre les terres pour s'enrichir car estimant que les affaires foncières les lèsent. Cette évolution mentale explique alors la cause des autres membres claniques à envier le pouvoir dans l'intention de le transformer en atout de commercialiser les terres escroquées aux autres membres en faveur des migrants.

Sur les terres, après l'obtention du Certificat du Conservateur des Titres Immobiliers sont devenus sources de crédit, or nous voyons dès lors une piste qui favorise les migrants à se tailler l'argent utilisé dans les corruptions pour motiver les dossiers des autochtones qui se désolidarisent de leurs frères pour s'allier aux migrants en vue de les pistonner dans les instances gouvernementales et faire aboutir leurs dossiers de nomination. Dans ces circonstances, les chefs nommés sous cette voie prennent l'obédience de leurs parrains politiques migrants qui finissent, quoique ne l'exerçant pas, par le contrôler politiquement.

Dans certains cas spécifiques, des conflits de terres mènent aux insécurités les démettant pendant plusieurs jours.

4.2 ETHNICISATION DES SECTEURS VITAUX, BASE DE L'EFFRITEMENT DU POUVOIR TRADITIONNEL

Cette ethnicisation dont il est question ici ne signifie pas qu'un secteur n'a pas réellement les membres d'autres ethnies mais plutôt y sont représentés à un taux relativement faible.

L'unique position favorable aux autochtones reste le pouvoir traditionnel qui aujourd'hui est réellement contrebalancé par la richesse des migrants. Ce sont ces derniers qui possèdent beaucoup de plantations, beaucoup de parcelles, d'activités commerciales et des responsabilités dans les établissements d'enseignement de même que dans les postes politico-administratifs du Territoire jusqu'aux Ministères nationaux (du moins dans la représentativité du Nord-Kivu).

Ainsi, le fondement du pouvoir en le basant sur la croissance de la richesse face à la paupérisation des autochtones se révèle clairement comme une motivation ultime de la dynamique qui bouscule le pouvoir dont les tenants cherchent à se maintenir pour leur sécurité. D'où les différents mécanismes expliquant la crise que ce pouvoir connaît.

Les migrants espèrent l'amélioration de leur situation politique dans la sclérose de ce pouvoir qu'ils souhaitent à tout prix alors que les autochtones, craignant la perte de leur élite traditionnelle pensent qu'il faut les améliorer dans le respect de leur pouvoir par lequel il y a lieu d'ériger le progrès en s'autocorrigant.

Ceci ressort également des pensées développées lors de la rencontre de l'atelier de pacification qui visait l'attente et le retour à la paix au sein duquel la course au pouvoir pour avoir des terres, la nationalité préoccupaient le nœud du problème des massacres face au pouvoir détenu par les membres de l'unique ethnie reproché du retard d'instruction.¹⁷

Le souci des migrants à se confirmer dans la représentativité s'est clairement visualisé lors de la composition de la commission de pacification dans laquelle dix membres sur les 16 formant l'effectif total sont les migrants, tel que l'éprouvent l'Arrêté N° 01/054/CAB/GR-NK/93 du 28 MAI 1993 relatif à la création de la commission de pacification ainsi que le Règlement d'Ordre Intérieur y afférant adopté le 17 Juin 1993.

5 CONCLUSION

Dans ce présent travail, il était question de voir les nouveaux habitants être en lutte avec les autochtones pour leur ravir le pouvoir politique, fondant ainsi des antagonismes qui marquent la spécificité du Nord-Kivu dans la révolution du pouvoir traditionnel et qui y rendent la cohabitation difficile entre les ethnies.

¹⁶ Ordonnance-loi n° 80-008 du 18/7/1980 un journal officiel du 15/8/1980, pp 1- 50.

¹⁷ - CRONGD, Journée de réflexion et de sensibilisation à la réconciliation et à la cohabitation pacifique des ethnies tenue au ZTM MWESO du 25 au 28/11/1993 Collectivité des BASHAU, BWITO WANYANGA, pp 1-20.

A la fin de cet article nous constatons que la migration ayant pour effets le complexe du nombre et la déstructuration des organisations parentales ; l'hégémonie ethnique face aux équivalences du Droit Public se manifestant par l'inégalité de protection, la pression des migrants et l'amendement des textes légaux ; les confrontations ethniques suivies des apports fonciers et l'ethnisation des secteurs vitaux sont autant des facteurs par lesquels les migrants usent de leur capacité « démographique et économique pour récuser le pouvoir traditionnel dont ils souhaitent la réformation par la force ou par la démocratie ».

Nous estimons que la conciliation de l'article 207 de la Constitution actuelle de la République et des modalités pratiques de la loi sur les chefs coutumiers facilitera la dynamique de cohabitation de diverses ethnies et la concorde nationale.

REFERENCES

- [1] BALANDIER. G., *Le Détour. Pouvoir et modernité*, Paris, Fayart, 1985, pp 7-11. Se référer également à son œuvre *Sociologie actuelle de l'Afrique Noire* à la page 259, Paris, P.U.F, 1963.
- [2] BATIBUKA, J., *Masisi restera-t-il dans la Province du Nord- Kivu ?*, Bukavu, 1963,
- [3] *Compte rendu de la réunion du Comité Régional Nord-Kivu du 28 au 30 Décembre 1988.*
- [4] CRONGD, *Journée de réflexion et de sensibilisation à la réconciliation et à la cohabitation pacifique des ethnies tenue au ZTM MWESO du 25 au 28/11/1993 Collectivité des BASHAU, BWITO WANYANGA*, pp 1-20.
- [5] District du Nord-Kivu, *Lettres T 4202/cu/T du 30.6.1942 portant transfert d'une partie des BUPFUNA à Walikale.*
- [6] GEUAERT, *Rapport des services provinciaux des affaires indigènes adressé au Gouverneur LIESNARD en date du 24 septembre 1941.*
- [7] Instruction du Gouverneur général Pétillon n° 21/7323/780/VG/3 a du 11 mars 1953.
- [8] Journal Consommateur africain, n° 4 du 5 au 12 décembre 1991, p. 5
- [9] LUKEKA M.G, « L'approche des ONG », in *JUA* N° 444 du 10/6/1993, p.6
- [10] LUTALA MAMPAS, *Migration et développement en Afrique. Quelques aspects méthodologiques* » in *UEPA* (étude de la population Africaine), n° 4, Août 1990, pp97-100.
- [11] MEMORANDUM des chefs coutumiers de BWITO du 28 mars 1967.
- [12] MIRASANO C., « la guerre sainte d'une ethnie tyrannique » In *KANGURA*, N° 4 de décembre 1991
- [13] MUKASA JC, « Le problème de l'unification et de l'intégration des droits du Droit Congolais » in *Problèmes sociaux Congolais*, n° 75, *Lubumbashi*, 1966, pp 55- 61.
- [14] MWANDO NSIMBA, *Rapport au Commissaire d'Etat de l'Administration du Territoire et de Décentralisation du 12 septembre 1985*
- [15] Ordonnance-loi n° 80-008 du 18/7/1980, in *journal officiel du 15/8/1980*, pp 1- 50.
- [16] Procès- verbal de la réunion du conseil d'Etat Provincial du 12 Octobre 1948.
- [17] Procès-verbal de la réunion du conseil d'Etat Provincial du 4 Janvier 1950.
- [18] Rapport annuel du commissaire de District SHABANI PIERRE, 1967
- [19] Rapport de l'Association BUSHENGE BWITO au Gouverneur du Nord- Kivu en 1992.
- [20] Rapports de la MONUSCO de Janvier à Juin 2016.
- [21] Rapports des descentes du BARAZA la Wazee Octobre 2015 à Mai 2016.
- [22] Rapports du comité Provincial de sécurité du Nord- Kivu de la même période
- [23] Réactions de la Mutuelle Agricoles des Virunga, in *AZAP*, n° 3452 du 6 Juin 1991
- [24] Réunion du Comité Régional du 28 au 30/12/1988 présidé par le Gouverneur KONDE DILA-KIKANDA.
- [25] RWIGAMBA B., *Le drame du Peuple Banyarwanda du Kivu*, Lubumbashi 1982
- [26] SPITAEELS R, Dossier n° 441/IB/POL/1 du 5 MAI 1958 du District du Nord-Kivu sur l'organisation politique zones MIB et MIP
- [27] Travaux collectifs des BANYARWANDA du 20 Juin 1992.

D'une ingénierie de la formation professionnelle à un système de développement des compétences: étude du cas d'un établissement bancaire marocain

[From an ongoing training management toward a skills development system: a case study of a Moroccan bank institution]

LAHKIM BENNANI HAMZA

Doctorant chercheur, Centre d'Etudes Doctorales: Homme - Société - Education, axe de recherche: Analyse et Evaluation des Systèmes d'Education et de Formation, Université Mohammed V - Souissi, Maroc

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

ABSTRACT: Nowadays, organizations operate in more and more complex and changing environments. Therefore, they are constantly forced to develop their human capital. Accordingly to this challenge but also to this opportunity, many Moroccan organizations are trying to set up a training device enabling them to develop their human resources skills. In this regard, we accomplished a study that aimed to evaluate a Moroccan bank management training process in order to identify its strengths and the points to improve. In short, this study allowed us to conclude that the institution success in term of human capital valorization was not only relying on its training process performance. But that this success depended on the adoption of an integrated skills development system affecting the different human resources management aspects.

KEYWORDS: professional training, skills development system, human resources management.

RÉSUMÉ: De nos jours, les organisations opèrent dans des environnements de plus en plus complexes et évolutifs. Elles se trouvent donc sans cesse dans l'obligation de valoriser leurs capitaux humains. Conscientes de ce défi, mais aussi de cette opportunité, nombreuses sont les organisations marocaines qui essaient de mettre en place un dispositif d'ingénierie de formation leur permettant de développer les compétences de leur ressources humaines. Dans cette perspective, nous avons réalisé une étude portant sur l'évaluation du dispositif d'ingénierie de formation instauré par un établissement bancaire marocain en vue d'en dégager les points forts et les points à améliorer. In fine, cette étude nous a permis de conclure que la réussite de la valorisation du capital humain de cet établissement ne dépendait pas seulement de la performance de son dispositif d'ingénierie de formation. Mais que cette réussite est tributaire de l'adoption d'un système intégré de développement des compétences touchant les différentes facettes de la gestion de ses ressources humaines.

MOTS-CLEFS: ingénierie de la formation professionnelle, système de développement des compétences, management des ressources humaines.

1 INTRODUCTION

De nos jours les organisations se trouvent face à une grande difficulté incarnée par la complexité de leurs environnements externes et internes. Pour cela et afin d'assurer croissance et pérennité, elles ont intérêt à se doter et conjuguer tous les moyens à leurs dispositions pour arriver à leurs fins. Ainsi, le facteur humain représente l'un des principaux moyens dont dispose l'organisation. Puisque, pour certains auteurs la ressource Homme est la principale source de richesse. Ceci est d'ailleurs parfaitement illustré par la maxime « il n'y a de richesse que l'homme ».

Il résulte de ce constat que le management des RH se positionne comme un élément clé de succès pour toute organisation. Il vise à « *Disposer à temps, en effectifs suffisants, et en permanence de personnes compétentes et motivées pour effectuer le travail nécessaire, en les mettant en situation de valoriser leurs talents, avec un niveau élevé de performance et de qualité, à un coût salarial compatible avec les objectifs économiques et dans un climat social le plus favorable possible.* »¹. Cette définition regroupe, à notre sens, les principaux enjeux et finalités du management des RH. Parmi eux, on retrouve la compétence, notion très complexe, elle se positionne comme le principal avantage concurrentiel de toute organisation. Le développement des compétences impacte considérablement la performance des RH à différents niveaux entre autre la capacité d'adaptation, la réactivité, l'autonomie, la créativité, l'employabilité et la motivation. A ce propos, la formation est l'un des moyens d'action privilégié sur lequel peut s'appuyer une stratégie de développement des RH.

L'investissement en développement des compétences et plus précisément en matière de formation est complexe et couteux. C'est pourquoi, la fonction formation à l'instar des autres fonctions de l'entreprise est tenue de justifier et de mesurer les résultats des coûts engendrés. A ce titre, la notion d'ingénierie de formation est venue comme une réponse à ce besoin de formalisation et de maîtrise. Elle va permettre à l'entreprise de manager, de mettre sous contrôle et d'optimiser la formation. Dans cette optique, le présent article traite de l'évaluation de l'ingénierie de formation en tant que levier du développement des compétences des RH. Mais avant de définir d'avantage notre objet de recherche et le relier avec son contexte de déroulement plusieurs questions nous interpellent :

- Qu'est-ce que l'ingénierie de formation professionnelle (IFP) ?
- En quoi consiste une évaluation de l'IFP ?
- Quel référent adopter pour conduire cette évaluation?

Pour répondre aux questions ci-dessus nous estimons judicieux de procéder à un bref cadrage conceptuel de quelques notions essentielles à notre étude. À cet effet, nous commençons par citer la définition de Guy LE BOTERF de l'ingénierie de formation² comme étant *un ensemble coordonné des activités de conception d'un système de formation (dispositif de formation, centre de formation, plan de formation, centre de ressources éducatives, dispositif de formation à distance, réseaux de formateurs, réseau de ressources...).* En vue de : *d'optimiser l'investissement qu'il constitue et d'assurer les conditions de sa viabilité.* A notre sens, cette définition met l'accent sur le caractère prévisionnel, structuré et formalisé de la formation mais aussi la notion de coût de la formation et du retour sur investissement.

Le processus de l'ingénierie de formation quant à lui, est décrit au sein de la définition de Thierry ARDOUIN³ comme suit : « *l'ingénierie de formation est une démarche socioprofessionnelle ou l'ingénieur de formation a, par des méthodologies appropriées à analyser, concevoir, réaliser et évaluer des actions, les dispositifs et/ou système de formation en tenant compte de l'environnement et des acteurs professionnels...* ». Cette conception du processus d'ingénierie la formation est partagée par un grand nombre d'auteurs qui ont traité cette thématique et l'AFNOR d'ailleurs adopte la même conception dudit processus. Par conséquent, nous avons opté pour réaliser notre évaluation de l'ingénierie de la formation en procédant à l'examen des phases d'analyse, de la conception, de la réalisation et de l'évaluation des actions de formation. Cela sous-entend de décider du degré de pertinence et de réalisation des objectifs assignés à chaque étape et intervenant. Ladite évaluation a aussi pour objectif de vérifier la cohérence et l'efficacité du dispositif de formation par rapport aux attentes tout en adoptant une approche systémique. Ceci a d'ailleurs constitué le référent sur lequel on s'est basé pour réaliser notre diagnostic du dispositif d'ingénierie de formation. Les résultats, les méthodes mais également le contexte de notre étude seront étalés dans la partie suivante.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Avant de présenter l'établissement dans lequel s'est déroulé notre objet de recherche. Nous estimons qu'il serait opportun de décrire le contexte spatio-temporel du déroulement de l'étude. Le Maroc, qui s'est engagé dans la voie de

¹MEIGNANT Alain, *Manager la formation.*

²LE BOTERF Guy, *Ingénierie et Evaluation des compétences* p 18 ;

³ARDOUIN Thierry, *Ingénierie de formation pour l'entreprise* P22.

l'ouverture de son économie sur le monde extérieur, a lancé de vastes chantiers de réformes économiques et politiques en vue de mettre à niveau son tissu économique. Les entreprises marocaines se trouvent ainsi dans l'obligation de se conformer aux modes et normes de production et de commercialisation du marché international. Elles doivent aussi répondre aux exigences d'une clientèle à la recherche de prestations d'une qualité supérieure et au moindre coût. Il en résulte un accroissement du besoin de valorisation des compétences et de la formation chez collaborateurs. Le choix de notre objet de recherche vient intégrer ce souci de développement et de valorisation des compétences. Car nous croyons fervemment en le caractère incontestable de sa contribution pour le développement économique et social du pays.

Le secteur de la formation au Maroc se caractérise par la multitude des opérateurs impliqués et la complexité des relations qu'ils entretiennent. Au niveau du secteur privé, la formation connaît le concours des établissements d'enseignement privés, des prestataires de services nationaux et internationaux ainsi que la Confédération Générale des Entreprises du Maroc pour ne citer que ceux-là. Au niveau du secteur public, elle fait intervenir un ensemble d'opérateurs tels que le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des cadres, le Ministère de l'emploi et des affaires sociales avec des organes tels que la Commission Nationale et les Commissions Provinciales de la Formation Professionnelle, l'ANAPEC, l'OFPPPT et autres. Par conséquent, l'Etat marocain déploie des efforts pour faire de ce secteur un cadre harmonieux et favorable au développement de la formation professionnelle. Mais aussi de faire en sorte que la formation continue des fonctionnaires et agents de l'Etat soit un axe stratégique du programme de modernisation des secteurs publics⁴. D'une part, ceci est matérialisé par la construction d'un cadre légal qui régit son fonctionnement à travers un ensemble de textes juridiques on cite notamment:

- Le dahir n° 1-03-194 du 14 rejev 1424 (11 septembre 2003) portant promulgation de la loi n° 65-99 relative au Code du travail;
- Le dahir n° 1-00-207 du 15 safar 1421 (19 mai 2000) portant promulgation de la loi N° 13-00 portant statut de la formation professionnelle privée ;
- Le dahir n° 1-58-008 (4 chaabane 1377) portant statut général de la fonction publique (B.O. 11 avril 1958) ;
- Le décret n° 2-05-1366 du 2 décembre 2005 relatif à la formation continue des fonctionnaires et agents de l'Etat.

D'autre part, le Maroc tente de développer la formation professionnelle en misant sur une stratégie qui vise principalement à mettre en œuvre des programmes sectoriels de développement des compétences dans les métiers mondiaux et à profiter de l'apport des opérateurs du secteur privée dans ce domaine. Ceci se concrétise par l'institution d'un ensemble de mesures pour encourager les entreprises marocaines à investir dans la formation professionnelle on évoque à cet effet les mesures suivantes :

- L'établissement des Répertoires Emplois-Métiers (REM) et les Référentiels Emplois-Compétences (REC);
- L'exonération de TVA sur l'achat de biens d'équipements et matériel de formation ;
- L'exonération de l'impôt sur les bénéfices investis dans la formation professionnelle continue.⁵ ;
- Le remboursement des coûts du plan et des dépenses de formation par l'OFPPPT jusqu'à 70% selon la planification des actions ou non, les paliers fixés pour chaque secteur et le montant de la TFP payés par l'entreprise.
- La prise en charge des coûts de l'ingénierie de formation par les GIAC.⁶

Néanmoins, et ce malgré les actions entreprises, un effort supplémentaire est attendu de la part de l'état marocain en matière législation à l'instar de la France par exemple qui a institué le CPF depuis janvier 2015. Au niveau du privé, une prise de conscience de l'importance de la formation continue est palpable mais la structuration et l'ampleur de la fonction dans les entreprises marocaines diffèrent d'une organisation à une autre.

2.2 MÉTHODE DE RECHERCHE

Après avoir passé en revue brièvement le cadre général de la formation professionnelle au Maroc nous décrivons le lieu de déroulement de notre d'étude. Le secteur bancaire est l'un des secteurs vitaux pour l'économie de tout pays. Il connaît une compétition féroce et continuelle. Ces dernières années, les banques marocaines affichent une volonté d'accroître leur

⁴ Site du ministère de la modernisation des secteurs publics.

⁵ Red Mangrove Development Advisors, Recueil des meilleures pratiques en termes de formation professionnelle continue p19 ;

⁶ <http://plan-de-formation-maroc.com/contribution-de-lofppt>.

réseau d'agences au niveau national et international. Ceci accentue les besoins de leurs RH en formation professionnelle. D'ailleurs Cela constitue à notre sens la pertinence du choix de réaliser une évaluation du système de l'IFP au sein d'un établissement bancaire.

L'EBE fait partie des banques majeures opérant au Maroc. Elle contribue vivement à l'économie nationale grâce à un large réseau d'agences implantées dans l'ensemble du royaume. Elle bénéficie d'un capital humain riche en compétences à l'image de la diversité de ses activités et des potentialités qu'elle a su conjugué pour atteindre l'excellence attendue par ses clients et son top management.

Dans cette quête, l'EBE est conscient de l'importance du développement des compétences de ses collaborateurs. Ainsi, la fonction formation acquiert un caractère central dans l'équation de recherche de l'efficacité et de la performance. Dans cette perspective, nous avons trouvé un terrain propice pour réaliser l'évaluation du dispositif de l'IFP. Nous avons essayé de mettre en exergue les points de divergences et de similitudes avec le processus que nous avons développé lors du recoupement des différents apports de certains des auteurs de la formation.

La présente étude vise à :

- Etudier le processus de l'IFP au sein de l'EBE;
- Dégager les forces et faiblesses des différentes étapes du processus de l'IFP au sein de l'EBE;
- Essayer de proposer des pistes de renforcement ou d'amélioration.

Ainsi, on formulera la principale question de notre étude de cas de la manière suivante : ***comment peut-on concevoir une évaluation de l'IFP consentant la gestion et le développement des compétences au sein de l'EBE?*** De cette question découle un certain nombre de questions à savoir :

- Quel est le dispositif de l'IFP adopté par l'EBE?
- Quelle évaluation du système de l'IFP au sein de l'EBE ?
- Quelles sont les pistes d'amélioration du dispositif de l'IFP de l'EBE ?

Pour y répondre, nous avons fait appel à des outils de recherche tels que l'analyse documentaire, les entretiens et les questionnaires semi-directifs :

- L'analyse documentaire a porté sur les documents de l'EBE notamment : le référentiel des emplois et des compétences, le bilan des compétences, l'entretien annuel d'évaluation, le catalogue de formation, les tableaux de bord de gestion de RH, les fiches d'évaluation à chaud et froid des actions de formation.
- Les entretiens semi-directifs ont eu pour cible le DRH, le directeur de la banque réseau et de détail, quatre directeurs régionaux, huit directeurs d'agences, trois formateurs, et le responsable formation. Nous avons opté pour cette forme en raison de la nature et le statut de la population ciblée. Cela nous a permis de leur accorder l'opportunité de s'exprimer librement sur des thèmes déterminés au préalable. Dans certains cas et en raison de l'éloignement géographique nous avons procédé par entretien téléphonique.
- Le questionnaire quant à lui a ciblé les collaborateurs qui ont bénéficié de quatre actions de formation pendant les trois années qui ont précédé le déroulement de notre étude notamment la formation commerciale, la formation du commerce extérieur, la formation financière et la formation caisse. Aussi, le questionnaire a visé un échantillon de collaborateurs situé géographiquement au niveau de la région du grand Casablanca. La population s'élevait à 135 collaborateurs. Cependant, la dispersion géographique de certains collaborateurs, à savoir la ville de Berchid, Khouribga, Settat et El Jadida à titre d'exemple, nous a amené à restreindre de nouveau la population initiale. Finalement, nous avons pu interroger 69 collaborateurs distribués dans trois grandes directions régionales de Casablanca: CASA ANFA, CASA CENTRE, CASA MAARIF (Soit le déplacement à 31 agences).

Le déroulement de l'évaluation de l'IFP a suivi le cheminement suivant:

- La phase d'analyse des besoins lors de laquelle nous avons cherché à étudier la politique de formation, le REC, le plan de formation et le catalogue de formation ;
- La phase de conception où nous exposerons les renseignements recueillis auprès du responsable formation;
- La phase de réalisation consistera à analyser le tableau de bord et les outils de suivi utilisés par le responsable formation et les formateurs;
- La phase d'évaluation en faisant la revue des outils et techniques d'évaluations adoptées par l'EBE.

Globalement, nous dirons que nous avons tenté de recenser les points de force du système de l'IFP adopté par l'EBE. Sans prétendre pour autant en présenter la liste exhaustive, nous avons essayé de présenter ceux que nous avons observés. Mais aussi, et ce dans une perspective académique, nous avons essayé de produire des réflexions qui à notre sens peuvent être à la base de nouvelles pistes d'amélioration de l'IFP. Nous laissons aux principaux acteurs de la formation au sein de l'EBE le soin de juger de leur pertinence et adéquation.

A ce stade, il y a lieu de signaler que nous avons trouvé dans l'EBE un terrain propice pour notre recherche grâce à des collaborateurs accueillants, expérimentés et dotés d'un grand professionnalisme. Ainsi qu'une organisation structurée qui accorde une grande valeur à la formation. Pour cela, nous estimons que le stage de deux mois que nous avons effectué est une expérience enrichissante au niveau professionnel et personnel.

Egalement, nous soulignons que le déroulement de notre étude a été limité par certaines difficultés à savoir la confidentialité de certains documents et supports d'informations relatifs à la gestion des RH notamment la politique et stratégie RH. Aussi, l'étude a eu pour population cible la direction des RH, de la formation et de la communication et les agences bancaires de la région du grand Casablanca (70% de la région couverte en raison de la dispersion géographique et en fonction de nos ressources). Par conséquent, nous n'avons pas pu toucher le reste des directions centrales et des autres régions. Pareillement, il nous a été impossible de nous entretenir avec certains collaborateurs en raison de la coïncidence du déroulement de notre recherche avec la période des congés et le caractère imprévu de certains de leurs engagements professionnels. En dernier lieu, le système de gestion des RH de l'EBE est en cours de construction et d'amélioration plusieurs bonnes pratiques existent sans pour autant être formalisées ce qui rend difficile leurs identifications et leurs études.

3 RÉSULTATS

3.1 ACTEURS DE LA FORMATION

La formation au sein de l'EBE, et ce d'après les différents entretiens que nous avons menés et les informations collectées, impliquent les collaborateurs, les supérieurs hiérarchiques, la ligne métier, la direction de l'informatique et de l'organisation et la Direction des RH et de la Communication Interne, qui englobe le département formation responsable du processus de formation.

3.2 ANALYSE DES BESOINS EN FORMATION

Pour l'analyse des besoins en formation, l'EBE se base sur les choix stratégiques du directoire en matière de grands projets, les résultats des dossiers d'évaluation annuelle, les écarts d'adéquation postes-profiles lors de mobilités ou de promotions, les besoins en compétences accompagnant le lancement de nouveaux produits, l'adoption de nouveaux outils de travail, les rapports d'inspections, les indicateurs statistiques d'alerte et les plans d'actions annuels de l'ensemble des directions.

A l'EBE, le besoin est identifié en impliquant les différents acteurs de la formation que nous avons précédemment cités. Son expression peut suivre un sens descendant et traduire une volonté spécifique du directoire résultant de l'une des sources que nous venons d'exposer. Ou encore le sens ascendant suite à une proposition du centre de formation. Mais également, il peut émaner de l'encadrement ou d'une ligne métier. Dans certains cas, l'identification du besoin peut être le recoupement de l'expression de plusieurs acteurs ou des deux sens.

Une fois acheminé au centre de formation, le besoin en formation est formulé sous forme d'objectifs précis. Alors, il revient au responsable de la formation de proposer et mettre en place les moyens pour atteindre les objectifs poursuivis par chacun de ses clients internes.

Les projets de formation sont transmis au directoire pour être validé. Ce dernier va, selon ses orientations stratégiques, va réaliser une priorisation des actions de formations. Présentement, l'EBE favorise les formations qui viennent pour répondre à l'ouverture de nouvelles agences, le démarrage d'un nouveau produit et le développement de la force de vente. Au terme de cette étape le responsable formation dispose des éléments nécessaires à l'élaboration du plan de formation.

3.3 PLANIFICATION DE LA FORMATION

A l'EBE, le plan de formation se définit comme l'ensemble des actions de formation retenues en fonction des orientations stratégiques et des désidérats de formation exprimés par les différentes directions dans le cadre de leur budget annuel. La vocation du plan est de répondre à des objectifs opérationnels et sociaux de l'entreprise. Aussi, son élaboration constitue un

investissement nécessaire. Il doit permettre de maintenir, d'améliorer, de développer et de faire changer. Aussi, il inclut une description des actions envisagées par rapport aux objectifs, la motivation des méthodes et outils pédagogiques, une planification des actions dans le temps, le choix des intervenants ainsi qu'une budgétisation prévisionnelle. L'estimation budgétaire passe par l'évaluation des moyens internes et externes à imputer pour chaque action de formation. Une fois le plan et le budget de formation validés. Le centre de formation procède à la conception des actions de formation.

3.4 RÉALISATION DE LA FORMATION

Pour réaliser l'action de formation, l'EBE dispose de moyens humains matérialisés par une équipe réduite notamment un responsable formation, deux formateurs internes travaillant à plein temps, deux agents administratifs et éventuellement les personnes ressources exerçant en internes pour des interventions ponctuelles. Ceci n'exclut pas pour autant le recours aux prestataires externes pour la réalisation d'actions l'IFP, de Formation de formateurs ou d'animation de séminaire. Pour ce qui est des moyens physiques, l'EBE possède un centre de formation constitué de trois salles, deux amphithéâtres, deux espaces multimédia.

Dans le cadre de l'élaboration des modules de formation en interne, les formateurs conçoivent les modules de formation relevant de leurs domaines de compétences en se basant sur les fiches de postes et du catalogue de formation. Egalement, ils désignent l'animateur principal et le cas échéant les animateurs suppléants pour chaque action de formation.

La formation est rarement dispensée par un intervenant externe. Quand c'est le cas, l'EBE fait appel à l'Institut pour la Formation des Chefs d'entreprises et des Cadres dans les Arts et Métiers. L'EBE dispose par ailleurs d'un catalogue de formation s'articulant autour de quatre axes de formation professionnelle, la formation métier animée par des compétences internes, la formation transverse et la formation en liaison avec le lancement d'un produit ou de prise de poste.

La programmation des actions de formation passe par la réservation des salles, l'envoi de lettres d'invitation aux participants et la préparation de la logistique nécessaire. Le jour de la formation venu les participants sont accueillis au centre et installés dans la salle de formation. La plupart des cas, l'animation de la formation adopte une démarche participative mêlant apports théorique et pratique. Une fois la session arrivée à terme toutes les informations reliées à la formation sont intégrées à la base données HR de l'établissement pour en garder l'historique et aux fins d'évaluation.

La phase de réalisation des actions de formation est conclue par une demande annuelle comprenant un état des formations réalisées avec les émargements des participants et la constitution d'un dossier comportant une attestation de présence demandée auprès de l'organisme de formation en cas de recours à des prestataires externes, les copies de la facturation, les copies de justifications des règlements et ce, pour pouvoir profiter du remboursement par l'OFPPT des dépenses engagées.

3.5 EVALUATION DE LA FORMATION

L'évaluation de satisfaction des bénéficiaires de la formation cherche à évaluer la qualité du service, la qualité de l'animation, la qualité de l'apprentissage, l'impact de la formation, la pertinence de l'action par rapport aux attentes. Elle tente pareillement de dégager les pistes d'amélioration relatives aux actions de formation. Dans le même registre et afin de mesurer l'efficacité des actions entreprises. La direction des RH examine s'il y a eu atteinte des objectifs individuels et collectifs fixés pour chaque catégorie du personnel. Pour cela, ladite direction se base sur des indicateurs de mesures tels que le taux de retour des dossiers crédits, l'évolution des commissions, les produits vendus par les guichetiers. Ce suivi est réalisé en collaboration avec les partenaires impliqués pour chaque indicateur (le contrôle de gestion, l'animation commerciale etc.)

3.6 ENTRETIEN AVEC LE DIRECTEUR DES RH

Pour le DRH la fonction formation constitue un atout majeur pour répondre aux changements de la réglementation, la concurrence acharnée et les jeux d'alliances et de fusions qui caractérise le secteur bancaire marocain. Mais, c'est aussi une réponse au manque des compétences adéquates sur le marché de l'emploi. A cela viennent s'ajouter d'autres paramètres en liaison avec l'environnement interne de l'EBE tels que les directives et exigences de la maison mère en matière de déontologie et éthique ainsi que les orientations stratégiques actuelles de la banque notamment le développement du réseau, le changement de l'organigramme de l'agence, le pari sur la force commerciale et le départ accru des hauts cadres à la retraite. La combinaison de tous ces éléments exige une offre de formation qui permettrait de faire face aux recrutements élevés et les nécessités de redéploiement des collaborateurs. Ainsi, actuellement la formation insertion se positionne en première place. Elle s'articule autour de deux principaux axes la culture et le métier. Pour venir à bout de ces

défis, le DRH table sur la qualité de conception des modules de formation et leurs animations, la forte mobilisation des collaborateurs, leur envie d'apprendre et de s'améliorer. Cependant, il demeure que plusieurs chantiers de perfectionnement persistent en ce qui concerne la planification de la formation, la mesure de son efficacité et le projet GPEC qui est en cours.

3.7 ENTRETIENS AVEC SUPÉRIEURS HIÉRARCHIQUES

Nous avons eu l'occasion de nous entretenir avec le directeur de la banque de réseau et de détail, trois directeurs régionaux et sept directeurs d'agences à grande exploitation. Les directeurs estiment être conscients des besoins en formation de leurs collaborateurs. La source d'expression du besoin de formation émane souvent du contact quotidien avec le personnel à travers l'observation du rendement et des insuffisances. Bien que, Cinq des directeurs interrogés affirment s'entretenir avec leurs collaborateurs à propos de leurs besoins en formation, leurs aspirations en termes de promotion et leurs projections professionnelles, la formation reste déclenchée suite à l'initiative de la direction central, le lancement d'un nouveau système, la situation de changement de poste, la promotion, et dans une proportion minime suite à la demande du concerné ou de son supérieur hiérarchique.

La moitié des directeurs interrogés ont qualifié le centre de formation comme étant un partenaire accessible soucieux des besoins des collaborateurs. Aussi, ils ont affirmé que leur niveau d'implication dans le choix du programme de formation à prodiguer à leurs collaborateurs est très faible. A cela vient s'ajouter le fait que les directeurs ont une faible connaissance du contenu exact de la formation qui sera dispensé à leurs collaborateurs.

Ces mêmes directeurs estiment que les programmes administrés sont efficient et appropriés malgré que les thèmes traités puissent se montrer parfois récurrents. Et la majorité d'entre eux estiment que la formation souvent n'intervenait pas au bon moment et ne prenait pas en considération les engagements professionnels des collaborateurs chose qui est crucial au bon fonctionnement des agences.

Ultérieurement à la formation, les directeurs observent un niveau moyen d'application des nouveaux acquis des bénéficiaires. D'après eux, cela était souvent conditionné par les exigences réels du poste, le manque de pratique ou encore un choix personnel. Tandis qu'ils estiment détecter une hausse de la performance des collaborateurs une fois de retour des sessions de formation. Selon eux, ceci serait due à la hausse de la motivation des collaborateurs mais qui est généralement rattrapée par la non corrélation de la participation aux actions de formation avec la promotion.

3.8 QUESTIONNAIRES ADMINISTRÉS AUX COLLABORATEURS

Le traitement des réponses des questionnaires distribués aux collaborateurs ayant bénéficiés des actions de formations ciblées ont révélés les informations suivantes :

- 55% des collaborateurs interrogés (CI) sont des femmes ;
- 55% des CI sont âgés de moins de trente ans ;
- 59% des CI disposent d'une ancienneté de moins de trois ans ;
- 63% des CI appartiennent à la catégorie des conseillers commerciaux ;
- 66% des CI perçoivent la formation comme une récompense ;
- 56% des CI ont été questionnés sur leurs besoins en formation lors de l'entretien annuelle d'évaluation ;
- 68% des CI ont estimé qu'il y avait une adéquation des formations avec les besoins en compétences inhérents aux postes occupés ;
- 70 % des CI ont perçus une bonne communication autour de la formation au préalable de sa tenue ;
- 94% des CI ont déclarés que les animateurs avaient présenté clairement les objectifs de la formation ;
- 96% des CI ont estimé que la principale utilité des formations qu'ils ont suivi étaient d'acquérir de nouvelles connaissances et habilités en liaison avec le poste occupé ;
- 56% des CI pensent que la formation leur a permis d'améliorer leur performance une fois de retour à leur poste ;
- 64% des CI qualifient le niveau d'application des nouveaux acquis lors de la formation comme étant élevé.

4 ANALYSE ET PISTES D'AMÉLIORATION

4.1 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS L'ÉTUDE

La formation au sein de l'établissement connaît un grand intérêt de la part du top management et les supérieurs hiérarchiques. Ceci se matérialise par la qualité et le nombre des moyens humains et matériels alloués à cette fonction. Egalement, ces différents acteurs ont démontrés une grande motivation à l'encontre de la fonction formation et présentent une prédisposition à s'impliquer individuellement et collectivement en vue de la développer.

L'analyse des besoins et la conception du plan de formation se basent principalement sur la stratégie des RH qui est à son tour en lien direct avec la stratégie commerciale de l'établissement. A cet effet, la procédure d'identification des besoins en compétences réels des collaborateurs pourrait apporter un plus à la qualité du plan de formation. Néanmoins, cela reste tributaire du lancement du projet de réalisation de la GPEC s'appuyant sur des outils tels que le REC et la cartographie des emplois et effectifs.

L'observation de la phase de réalisation de la formation a laissé chez nous un pressenti positif. Le recours aux formateurs internes est une garantie de qualité. Mais nous estimons que le recours à des animateurs externes pourrait apporter une dynamique positive à la formation.

L'EBE aurait à gagner de transmettre systématiquement le plan de formation à l'OFPPT au début de l'année avant son exécution pour prétendre à un remboursement des coûts des actions de formation à hauteur de 70%.

L'évaluation du transfert des connaissances et l'évaluation d'impact de la formation auraient intérêt à être renforcés. Pareillement, elle gagnerait à être prise en charge par la fonction ressource humaine dans le cadre d'un projet de GPEC pour essayer de mettre en lien les investissements en matière de développement de RH et les résultats en performance au niveau individuel et collectif. Egalement, le défi de la dispersion géographique et de l'indisponibilité des collaborateurs en raison de leurs engagements pourraient nous renvoyer au développement de cellules de compétences au niveau de la région, le développement des centres numériques de documentation ainsi que la réflexion à des formations de type « Blended » qui se déroulent en présentiel et à distance.

L'analyse des caractéristiques de la population de l'échantillon étudié a révélé que l'établissement respectait l'approche genre dans sa gestion de la formation. Aussi, il en ressort que la majorité de ses efforts en matière de formation concernait les collaborateurs de la tranche d'âge comprise entre 20 ans et 30 ans et dont l'ancienneté était inférieure à trois années. A cet effet, on pourrait détecter une volonté de l'EBE de développer les compétences de ses jeunes collaborateurs issues des deux sexes. Parallèlement, la majorité des formations visaient la catégorie des conseillers commerciaux. Ce constat concorde avec les orientations générales de l'EBE et sa politique actuelle à savoir renforcer et améliorer ses capacités de ventes.

Il y a lieu de signaler que les collaborateurs portaient un grand intérêt à la formation. Elle est perçue comme une récompense et un facteur de satisfaction. Chose que nous appréhendons avec réserve puisque la formation gagnerait aussi à être perçue comme un événement ordinaire intégrant une suite logique accompagnant le cheminement de carrière et non pas seulement comme une action momentanée visant seulement à se détendre et souffler un peu.

L'identification des besoins en formation est prévue normalement lors de l'entretien annuelle d'évaluation pourtant elle n'est pas systématique en pratique. Malgré cela, il reste que les formations étaient perçues comme étant en adéquation avec les besoins en formation des postes occupés et qu'elles ne concordaient généralement pas avec les besoins individuelles des collaborateurs. Ceci démontre que l'identification des besoins en formation privilégiait les besoins en développement des compétences de l'organisation au détriment des besoins individuels des collaborateurs ce qui est à notre sens une tendance positive dans une certaine mesure.

Les conditions de déroulement de la formation sont qualifiées de bonnes. Elles sont caractérisées par une bonne communication autour de la formation et son contenu. Les participants sont souvent avisés suffisamment à l'avance pour prendre les prédispositions nécessaires. Les conditions matérielles de déroulement des formations sont appréciées et le centre de formation est qualifié comme étant un cadre agréable et propice à l'échange.

Le déroulement des actions de formation connaît le recours à plus d'un animateur, en règle générale deux formateurs. Pareillement, presque la totalité des sessions de formation connaissent une précision claire des objectifs des actions de formation. Ces deux éléments peuvent apporter à notre avis une valeur ajoutée à la qualité des sessions de formation. Néanmoins, on a constaté que l'évaluation se limitait à l'administration des questionnaires d'évaluation de fin de session qui retracent généralement la perception à chaud des participants à l'égard de l'animateur.

En dernier lieu, les réponses aux questionnaires nous informent sur l'impact positif de la formation sur les connaissances et compétences des bénéficiaires à froid puisque les participants s'accordent sur l'idée que les sessions avaient permis d'acquérir de nouvelles connaissances et habilités. Aussi, plus que la moitié d'entre eux ont affirmé que la formation leur a permis d'améliorer leur performance une fois de retour à leur poste et qu'ils avaient l'opportunité d'appliquer leurs nouveaux acquis en situation professionnelle.

Globalement, à notre sens, il ressort de la synthèse des résultats de notre étude que la gestion de la formation au sein de l'EBE comportait un ensemble de pratiques dont certaines pourraient être qualifiées de bonnes et d'autres à améliorer. A la lumière de ces éléments et sur la base des lectures que nous avons effectuées en matière de gestion de formation nous présentons dans la partie suivante de ce travail des propositions qui pourraient renforcer le dispositif d'ingénierie de formation dudit établissement.

4.2 PISTES D'AMÉLIORATION

A notre humble avis, la gestion de la formation ne pourrait que bénéficier de l'évaluation de l'IFP surtout si cette dernière est inscrite dans une optique d'amélioration perpétuelle. Ce qui permettrait à la formation d'évoluer devenant de plus en plus efficace et donc de réussir son défi de contribuer au développement des compétences. La gestion de la FP au sein d'une organisation donnée n'est pas une tâche des plus simples. Et avant de songer à l'évaluer, il est primordial d'abord d'instaurer un dispositif de l'IFP à même d'atteindre les objectifs escomptés et qui pourrait répondre aux spécificités et aux exigences de toute organisation. Les éléments ci-après constituent à selon nous une liste non exhaustive des facteurs dont l'instauration pourraient concourir à la réussite de la gestion de la FP efficace:

- Un référentiel qui décrit un processus prédéfini et formalisé du déroulement de l'IFP et ces différentes étapes depuis l'analyse des besoins en formation jusqu'à l'évaluation du système dans son ensemble. D'ailleurs, l'établissement étudié doit mettre l'accent sur la phase d'analyse des besoins en formation car il peut d'avantage bénéficier des possibilités qu'offre des outils comme le référentiel des métiers, les bilans de compétences, les entretiens annuels d'évaluation, les projets professionnels des collaborateurs et de la démarche GPEC en général en l'incluant dans son analyse;
- Une architecture formalisant les rôles et les rapports entretenus par les différents intervenants du dispositif. A cet effet, Alain Meignant parle du chainage et Dennerly quant à lui du spectre pour qualifier cette notion. Ainsi, la qualité de la performance du processus de l'IFP dépendra fortement de la qualité des interactions des différents acteurs y concourant. Mais également, on ne pourrait entrevoir l'évaluation ni la clarification des contributions attendues de chacun de ces acteurs sans cette formalisation.
- une armada d'objectifs précis prenant un caractère SMART malgré la difficulté que cela représente vue le caractère qualitatif et complexe de certaines actions de formation. Pareillement, un ensemble d'indicateurs de réalisation de ces objectifs pour en réaliser le suivi et le pilotage.
- La communication autour des résultats de l'évaluation de la formation et l'implication des différents acteurs de la formation au sein de l'établissement. Une ingénierie de formation aussi perspicace soit elle ne peut atteindre les objectifs fixés sans l'implication des différents acteurs de la formation et spécialement le top management. Imaginons la valeur de l'évaluation d'une action de formation dont les participants refusent de jouer le jeu et ou adoptent une attitude négative.
- Une démarche d'évaluation du processus de l'IFP mesurant l'atteinte des objectifs pour chaque étape du déroulement et la contribution de chaque acteur ainsi que la performance du dispositif dans son ensemble. A ce propos et parmi les challenges que nous avons rencontrés lors de notre étude, c'est cette capacité d'isoler une action de formation et de mettre en avant son impact sur le développement des compétences des collaborateurs.
- La promotion d'une culture organisationnelle où le développement des compétences est perçu comme un moyen de développement personnel, de l'employabilité et impactant significativement le cheminement de carrière des collaborateurs.

5 CONCLUSION

Si lors de la partie précédente nous avons essayé de dégager certains facteurs qui constituent à notre humble avis des piliers de la construction d'un dispositif de l'IFP performant. La présente conclusion consistera à produire des réflexions sur des éléments qui à l'opposé dont l'occultation ou la non prise en compte pourraient nuire au rendement à la gestion de la formation. A cet effet, nous faisons appel à la description de Thierry ARDOUIN de l'IFP « *L'ingénierie de la formation ne doit donc pécher ni par défaut ni par excès. Faute d'une démarche de l'ingénierie de la formation, les entreprises se condamnent à une forme d'immobilisme intellectuel et social d'une part et au non développement d'autre part. Par excès, car elle ne*

s'élabore pas pour enfermer l'organisation et les hommes dans un carcan, mais pour servir de guide, de trame et donc dépasser l'outil. Le garant de la démarche est, et reste, le responsable de la formation par son professionnalisme, son engagement méthodologique dans l'action et aussi le recul déontologique. Il inscrit sa démarche dans une double logique : entre individu et organisation, et entre formation et production. »⁷. A partir de cette conception et des résultats de notre recherche, il en ressort que de la mise en place d'une IFP gagnerait à ne pas perdre de vue que d'une part que la formation concerne des personnes appartenant un environnement social et organisationnel où règne une culture, des jeux de pouvoirs, des motivations différentes. Ainsi, il conviendrait de choisir les voies et les moyens les plus pertinents pour faire progresser à petits pas cette collectivité vers la réalisation de l'implication de l'ensemble des acteurs. Le processus d'action suppose des compétences particulières. D'abord, savoir analyser une situation, en repérant les enjeux les plus forts, en dégagant des projets, en vérifiant leur faisabilité, en s'assurant de la validation et du soutien de ces projets par les acteurs les plus influents. DENNERY quant à lui s'intéresse au triptyque Compétence-Motivation-Environnement (CME) pour l'étude de la performance de de l'IFP. On en déduit que la réussite de la formation est la résultante de l'action sur ces trois dimensions de l'Homme au travail.

D'autre part, l'intérêt essentiel de l'évaluation de l'IFP n'est pas toujours dans le résultat lui-même, mais dans ce que cela permet d'expliquer. Un bon système d'évaluation est surtout un outil de management. Il permet de progresser dans un esprit de développement de la qualité. Aussi, il faut mettre en garde contre la tentation de considérer que l'augmentation des budgets consacrés à l'évaluation de la formation est un bien en soi. Dans ce sens, il faudra toujours vérifier que le coût de l'évaluation n'est pas supérieur aux résultats espérés.

Pareillement, il est important d'être conscient que la formation n'est pas un remède miracle qui guérit tous les maux. Alain Meignant dit « La formation n'est pas toujours la solution »⁸. C'est pourquoi, il est astucieux de bien analyser la demande de formation avant d'envisager l'option formation. Pour bien déterminer la source du problème, il faut la situer dans le cadre global de la performance de l'entreprise. Le cas contraire, les efforts et les budgets déployés seront vains. Aussi, La FP n'est pas une fin en soi. Elle se justifie par sa contribution à un processus d'ensemble de gestion et développement des RH. « C'est pour cela qu'il faut une meilleure synchronisation du développement des compétences avec les politiques, les plans d'action, et les objectifs de l'entreprise, une meilleure intégration de la formation dans le processus de décision du management »⁹.

En définitif, l'ingénierie de formation et son évaluation ne représentent qu'un élément parmi d'autres qui concourent au système de développement des compétences des collaborateurs d'une organisation donnée. Il en résulte que la performance de ce système nous renvoie à l'étude d'autres facteurs qui peuvent être déterminants pour sa réussite. Nous citons à titre indicatif des notions tels que l'apprentissage en situation de travail au contact de ses pairs et ses responsables, l'auto-formation, le Mentoring, le Coaching, le Tutoring, l'évolution de carrière et la mobilité qu'elle soit vertical ou horizontal, les centres de ressources et de documentation, les systèmes d'information, les plates-formes d'apprentissage et d'échange (e-learning), la politique de Knowledge Management. A notre sens, les organisations consentiraient un manque à gagner énorme en termes de développement des compétences au cas où elles restreindraient leur champ d'action à un seul de ces facteurs. Au contraire, c'est la conjugaison des efforts pour agir sur le système dans son ensemble qui serait à même de produire les résultats escomptés et d'amoindrir les coûts engagés.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AFNOR : Agence Française de Normalisation

ANAPEC : Agence Nationale de Promotion de l'Emploi et des Compétences ;

EBE : Etablissement Bancaire Étudié ;

CPF : Compte Personnel de Formation ;

CI : Collaborateurs Interrogés

RH : Ressources Humaines

OFPPT : Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail ;

⁷ OP. Cit. ARDOUIN Thierry, P223-224.

⁸ OP. Cit. MEIGNANT Alain, P66 ;

⁹ OP. Cit. MEIGNANT Alain, P36.

GIAC : Groupements Interprofessionnels d'Aide au Conseil ;
GPEC : Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences
IFP : Ingénierie de Formation Professionnelle ;
REM : Répertoire des Emplois et Métiers ;
REC : Référentiel des Emplois et Compétences ;
SMART : Spécifiques, Mesurables, Ambitieux, Réalistes et Temporels ;
TFP : Taxe de Formation Professionnelle ;

RÉFÉRENCES

- [1] ARDOUIN Thierry, Ingénierie de formation pour l'entreprise : analyser, concevoir, réaliser, évaluer, dunod, 2003;
- [2] BARBIER Jean-Marie, LESNE Marcel, L'analyse des besoins en formation, 2^{ème} édition, 1986;
- [3] DENNERY Marc, Piloter un projet de formation : diagnostic du besoin à la mise sous assurance qualité, ESF, 2000;
- [4] LE BOTERF Guy, Ingénierie et Evaluation des compétences, Paris édition d'organisation 2006;
- [5] MASSOT Pierre, FEISTHAMMEL Daniel, Pilotage des compétences et de la formation : des méthodes et outils inédits AFNOR, pratique collection, 2001;
- [6] MEIGNANT Alain, Manager la formation, édition liaison, 3^{ème} édition, 1995;
- [7] PARMENTIER Christophe, L'essentiel de la formation : Préparer, animer, évaluer, édition d'organisation, 2002
- [8] Site de l'Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail au Maroc ;
- [9] Site du Ministère de la Fonction Publique et de la Modernisation de l'Administration ;
- [10] Red Mangrove Development Advisors – Rapport sur les bonnes pratiques de formation professionnelle continue - R.M.D.A. – 2014/12/09 PDF ;
- [11] PDF- Système de la formation professionnelle au Maroc : La Délégation Régionale de la Formation Professionnelle – Fès- 27 Septembre 2011 - Ministère de l'Emploi et de la Formation Professionnelle Département de la Formation Professionnelle.

Determining and comparing vocal tract length using vocal tract constrictions and linear predictive coding

Akankhya Sarmah and Kashyapi Kalita

Electronics and Telecommunication Engineering,
Assam Engineering College,
Guwahati, Assam, India

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

ABSTRACT: The length of the vocal tract is correlated with body size which can be determined by using formant frequencies in speech. The interconnections between vocal tract length and formant frequencies are explored here. Recorded and computer-synthesized vowel sounds are used to gauge the vocal tract length of a speaker under consideration. Vocal tract length assessment may play an important role in 'vocal tract normalization', which is crucial for speech perception and language acquisition. Vocal tract length is analyzed by applying two methods namely linear predictive coding (LPC) and vocal tract constriction (VTC). Speech signal is produced by the convolution of excitation source and time varying vocal tract system components. These excitation and vocal tract components are to be separated from the available speech signal to study these components independently. To reduce the complexity of deconvolving the given speech into excitation and vocal tract system components the 'Linear Prediction analysis' is developed. The VTC evidence gives a measure of the very low frequency component present in the signal and hence gives different range of frequency values for different types of sounds. Zero frequency filtering (ZFF) is used to give an approximate measure of vocal tract constriction in terms of the low frequency component present in the speech signal.

KEYWORDS: Vocal tract length, Formant frequencies, Speech signal, VTC, LPC.

1 INTRODUCTION

Different kinds of sound units have been studied in acoustic phonetics literature of which phones, phonemes, intonation, and the separation of words and syllables represent only those qualities of speech that are part of oral language. Sound is produced by the vocal cords or by air being forced through the mouth cavity with the tongue and lips shaped to accent a tone range. Of all the sound units, vowels are considered as voiced speech and consonants as unvoiced speech.

The frequency of vowels is used to determine the vocal tract length using the formula as given below:

- 1) $L=c/4F_1$, where F_1 = the first formant (spectral peaks of the sound spectrum) frequency, c (34029cm/sec) = the speed of sound.
- 2) Length of back cavity (LB) is determined by using 2nd formant frequency and that of front cavity (LF) by 3rd formant frequency i.e. $LB=c/2 \cdot F_2$, $LF=c/2 \cdot F_3$ and total length of vocal tract is the addition of LB and LF i.e., $L=LB+LF$.

This vocal tract length will vary for each vowel as it's really difficult to achieve a completely neutral position of the vocal tract. So, a mid-central neutral vowel called 'schwa' having evenly spaced formants will be used.

To measure the formants accurately we will use two methods: Linear Predictive Coding (LPC) and Vocal Tract Constriction (VTC).

2 LINEAR PREDICTIVE CODING PROCEDURE

The redundancy in the speech signal is exploited in the LP analysis. The prediction of current sample as a linear combination of past p samples form the basis of linear prediction analysis where p is the order of prediction. The predicted sample $\hat{s}(n)$ can be represented as follows,

$$\hat{s}(n) = \sum_{k=1}^p a_k \cdot s(n-k) \quad (1)$$

Where, a_k s are the linear prediction coefficients and $s(n)$ is the windowed speech sequence obtained by multiplying short time speech frame with a hamming or similar type of window which is given by,

$$s(n) = x(n) \cdot \omega(n) \quad (2)$$

where, $\omega(n)$ is the windowing sequence. The prediction error $e(n)$ can be computed by the difference between actual sample $s(n)$ and the predicted sample $\hat{s}(n)$ which is given by,

$$e(n) = s(n) - \hat{s}(n) = s(n) - \sum_{k=1}^p a_k \cdot s(n-k) \quad (3)$$

$$e(n) = s(n) - \hat{s}(n) \quad (4)$$

$$e(n) = s(n) - \sum_{k=1}^p a_k \cdot s(n-k) \quad (5)$$

The primary objective of LP analysis is to compute the LP coefficients which minimized the prediction error $e(n)$. The popular method for computing the LP coefficients by least squares autocorrelation method. This is achieved by minimizing the total prediction error. The total prediction error can be represented as follows,

$$E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^2 \quad (6)$$

This can be expanded using the equation (5) as follows,

$$E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} [s(n) - \sum_{k=1}^p a_k \cdot s(n-k)]^2 \quad (7)$$

The values of a_k s which minimize the total prediction error E can be computed by finding

$$\partial E / \partial a_k$$

and equating to zero for $k=0,1,2,\dots,p$.

$$\partial E / \partial a_k = 0$$

Each a_k gives p linear equations with p unknowns whose solution gives the LP coefficients. This can be represented as follows,

$$\frac{\partial E}{\partial a_k} = \frac{\partial}{\partial a_k} \left(\sum_{n=-\infty}^{\infty} [s(n) - \sum_{k=1}^p a_k \cdot s(n-k)]^2 \right) = 0 \quad (8)$$

The differentiated expression can be written as,

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} s(n-i) \cdot s(n) = \sum_{k=1}^p a_k \sum_{n=-\infty}^{\infty} s(n-i) \cdot s(n-k) \quad (9)$$

where, $i=1, 2, 3, \dots, p$. The equation (9) can be written in terms of autocorrelation sequence $R(i)$ as follows,

$$\sum_{k=1}^p a_k \cdot R(i-k) = R(i) \quad (10)$$

for $i=1, 2, 3, \dots, p$.

where the autocorrelation sequence used in equation (10) can be written as follows,

$$R(i) = \sum_{n=i}^{N-1} s(n) s(n-i) \quad (11)$$

For $i=1, 2, 3, \dots, p$ and N is the length of the sequence. This can be represented in the matrix form as follows,

$$R \cdot A = -r \quad (12)$$

where R is the $p \times p$ symmetric matrix of elements $R(i, k) = R(|i-k|)$, ($1 \leq i, k \leq p$), r is a column vector with elements $(R(1), R(2), \dots, R(p))$ and finally A is the column vector of LPC coefficients $(a(1), a(2), \dots, a(p))$. It can be shown that R is toeplitz matrix which can be represented as,

$$R = \begin{bmatrix} R(1), R(2), R(3), \dots, R(P) \\ R(2), R(1), R(2), \dots, R(P-1) \\ R(3), R(2), R(1), \dots, R(P-2) \\ \vdots \\ R(P), R(P-1), R(P-2), \dots, R(1) \end{bmatrix} \quad (13)$$

The LP coefficients can be computed as shown,

$$A = -R^{-1} \cdot r \quad (14)$$

where R^{-1} is the inverse of the matrix R .

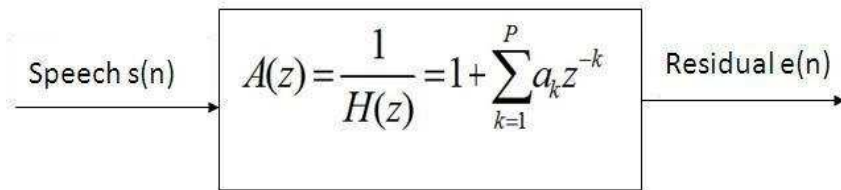


Figure 1: Computing the LP residual by inverse filtering

2.1 ESTIMATING VOCAL TRACT PARAMETERS BY LP ANALYSIS

LP analysis separates the given short term sequence of speech into its slowly varying vocal tract component represented by LP filter ($H(z)$) and fast varying excitation component given by the LP residual ($e(n)$). The LP filter ($H(z)$) induces the desired spectral shape for the shape on the flat spectrum ($E(z)$) of the noise like excitation sequence as given in equation (20). As the LP spectrum provides the vocal tract characteristics, the vocal tract resonances (formants) can be estimated from the LP spectrum. Various formant locations can be obtained by picking the peaks from the magnitude LP spectrum ($|H(z)|$). The figure 4 shows the first (F1), second (F2) and third formant (F3) frequencies estimated from the peaks in the LP magnitude spectrum.

$$S(z) = E(z) \cdot H(z) \quad (20)$$

Where $S(z)$ is the spectrum of the given short time speech sign

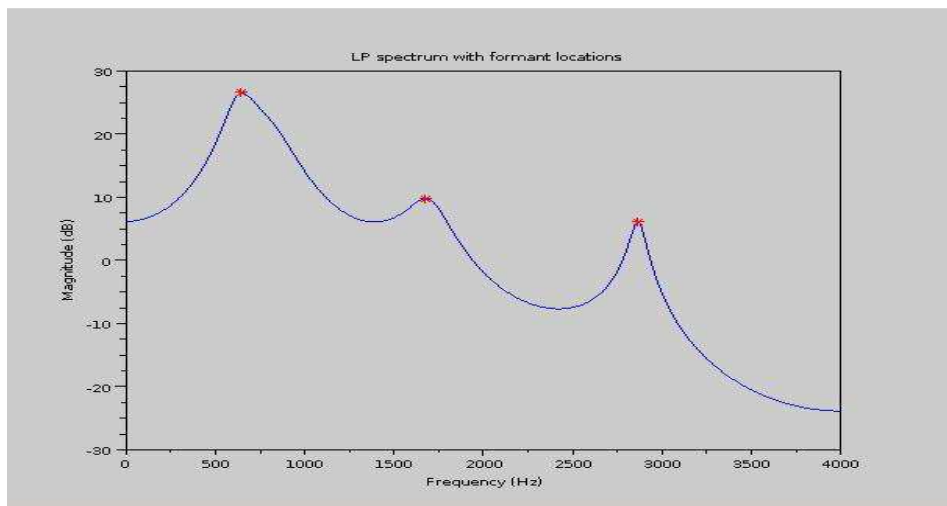


Figure 2: Formant locations corresponding to peaks in LP magnitude spectrum

Table 1

For practical purpose, 11 speakers both male and female were considered and following results were obtained:

SPEAKERS	F1	L	F2	F3	L
S1(male)	454.56	18.8920	2307.83	3170.17	12.7465
S2(female)	693.50	12.2673	3007.33	3263	10.8907
S3(female)	734.33	12.9979	3014.67	3478.66	10.5686
S4(female)	604.83	14.079	2823.83	3629.5	10.7155
S5(female)	616	13.8253	2995.66	3423.5	10.6974
S6(female)	506.2	16.8316	2679.83	3345.83	11.4805
S7(male)	558.2	15.3233	2115.17	2795.83	14.1392
S8(male)	548.83	15.5086	2509.17	3408.33	11.7746
S9(female)	479.33	17.7583	2976	3208	11.0164
S10(male)	593.83	15.0761	2487.33	3453.33	11.7708
S11(male)	522.17	16.0387	2252.83	2926.5	13.3766

3 VOCAL TRACT LENGTH CONSTRICTION METHOD

The evidence for low frequency dominant sounds is obtained by exploiting the sinusoidal nature of ZFF signal. The constriction of vocal tract dampens high frequency components in the resulting speech signal. For instance, in case of complete closure like voice bars, the resulting speech signal predominantly contains a low frequency component and looks like a sinusoidal signal. Accordingly, sounds containing dominant low frequency components exhibit high similarity in temporal domain with the sinusoidal like ZFFS, which is also low frequency dominant. This characteristic of ZFFS is exploited to obtain the proposed evidence about the VTC. The ZFFS can be computed from the speech signal in two steps. First, compute the output of a cascade of two ideal digital resonators at 0 Hz.

$$y(n) = -\sum_{k=1}^4 (a_k) y(n-k) + x(n) \quad (1)$$

where $a_1=4, a_2=-6, a_3=4, a_4=-1$, and $x(n)$ is the differenced speech signal. Then, remove the trend i.e.

$$y'(n) = y(n) - y(n)'' \quad (2)$$

where $y(n)'' = (1/(2N+1)) \sum_{n=-N}^N y(n)$ and $2N+1$ correspond to the average pitch period computed over a longer segment of speech. The trend removed signal is the ZFFS. The positive zero crossings of the ZFFS will give the location of epochs.

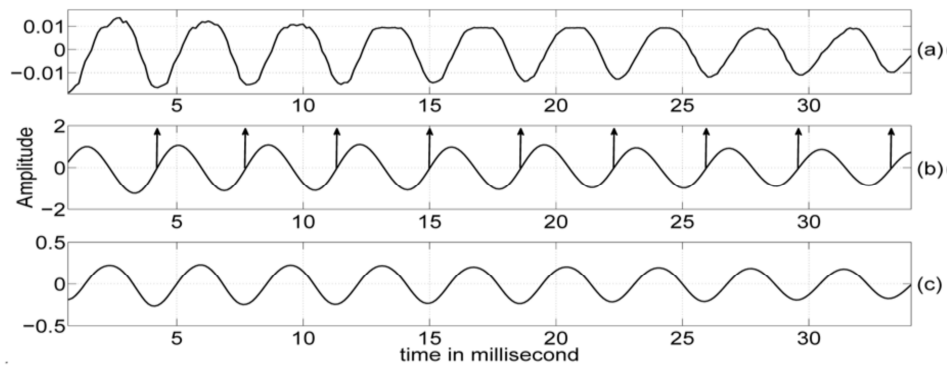


Fig. 3 (a) Voice bar region, (b) Zero-frequency filtered output of signal. Arrows show the epoch locations and (c) Inverted difference of ZFFS

Fig. 6(a) shows the voice bar portion of a speech signal and Fig 6(b) shows its ZFFS. The arrow markings show the epoch locations. The epoch location corresponds to zero crossing in ZFFS and to peak in the voice bar signal. To make both signals in same phase, difference of ZFF signal is computed and inverted. The obtained signal is shown in Fig. 6(c). To find the correlation between the two signals, an epoch based analysis is performed. Epoch interval is defined as the interval between successive epochs. In every epoch interval, ZFFS and speech signals are compared using the cosine kernel given by,

$$\frac{\langle x'(n)y'(n) \rangle}{\|x'(n)\| \|y'(n)\|}$$

where, $x'(n)$ and $y'(n)$ are the speech signal and the ZFFS respectively between successive epochs. The cosine kernel value is proposed to be the measure of the match between the two. Fig. 7 shows a portion of the speech signal for the utterance *she had your dark suit in greasy wash water all year* taken from TIMIT database. Fig. 7 also shows the cosine kernel evidence. To make this evidence equal to the length of speech, the cosine kernel value is computed at every epoch location and the value is duplicated until the next epoch location is reached. The figure shows the behaviour of evidence for different sounds. Evidence shows a high value for the voice bar regions (around 0.6 s and 0.9 s) and a very low value for the vowel regions (around 1 s).

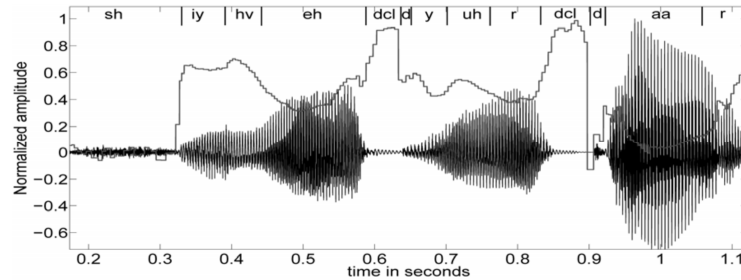


Fig.4 Speech signal with the proposed evidence.

The proposed evidence shows very high value for voice bar regions and very low value for low vowels.

For other sounds with relatively less constriction, the evidence shows an intermediate value.

From the typical values of F1,F2,F3 and VTC for the syllables “aa”, “u” and “schwa” for both male and female, we found the standard ratio of “u” to “aa” as 48.73/51.26(male) and 49.96/50.03(female).

Now, using the formula, $VTC_avg = [(H-L) \cdot 0.5126] + L$ (male)
 $[(H-L) \cdot 0.5003] + L$ (female)

where, H and L are VTC_avg of “aa” and “u” respectively.

In the following table, the VTC_avg for the 10 speakers are given.

Table 2

SPEAKERS	VTC_avg
S1(MALE)	0.449
S2(FEMALE)	0.5339
S3(FEMALE)	0.2495
S4(FEMALE)	0.5476
S5(FEMALE)	0.3991
S6(FEMALE)	0.2108
S7(MALE)	0.3227
S8(MALE)	0.4481
S9(MALE)	0.2982
S10(MALE)	0.5061
S11(MALE)	0.3186

A Look-Up table is constructed using a MATLAB code and top 5 values of the vocal tract length corresponding to the VTC_avg of all the speakers are taken.

Then, the length obtained from vocal tract constriction(VTC) method and linear prediction coding(LPC) method are compared as shown in the table below:

Table 3

SPEAKER	Length Obtained using LPC Analysis	Length Obtained Using VTC Synthesis
S1(FEMALE)	16.8316	16.3287
S2(FEMALE)	12.2673	13.7017
S3(FEMALE)	12.9979	12.48
S4(FEMALE)	14.079	16.0959
S5(FEMALE)	13.8253	18.8631
S6(MALE)	18.8920	19.0746
S7(MALE)	15.3233	17.6866
S8(MALE)	22.5086	22.9306
S9(MALE)	17.7583	16.6482
S10(MALE)	15.0761	20.9538
S11(MALE)	18.0387	18.0621

4 CONCLUSION

Vocal tract length for 11 speakers was obtained by both linear predictive coding and vocal tract constriction method. Out of the 11 speakers, results for 7 speakers obtained by linear predictive coding were approximately equal to the results obtained by vocal tract constriction method. Hence, we can come to a conclusion that vocal tract constriction method is another method for determining vocal tract length of a person.

ACKNOWLEDGEMENT

We are grateful to Prof. S.R.M Prasanna, Department of Electronics and Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Guwahati under whose supervision we were able to complete our project. We would also like to thank Mr. Apurba Kalita, H.O.D, and ETE Department of Assam Engineering College for his guidance and encouragement all throughout.

REFERENCES

- [1] K. N. Stevens, *Acoustics Phonetics*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1999.
- [2] G. Fant, *Acoustic theory of speech production*. The Hague, The Netherlands: Mouton, 1960.
- [3] T. Gay, L.-J. Boe, and P. Perrier, *Acoustic and perceptual effects of changes in vocal tract constrictions for vowels*, *J. Acoust. Soc. Amer.*, vol. 92, pp. 1301–1309, 1992.
- [4] S. K. Hong and S. W. Yoon, *Effect on vowel production of constriction in the vocal tract*, *J. Korean Phys. Soc.*, vol. 46, pp. 840–847, 2005.

Etude de la Complémentarité des Energies Solaires et Eoliennes pour un Système Hybride à Energies Renouvelables

Mustapha Elyaqouti¹, Omar Nait Mensour², Lahoucine Bouhouch¹, and Ahmed Ihlaï²

¹ERTIAER, EST d'Agadir, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc

²LMER, FS d'Agadir, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc

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

ABSTRACT: In this work, we present the study of the complementarity of solar and wind energy in order to evaluate the profitability of a renewable energy system that can be installed at both sites; one located in the city center and the other in the southeast of the city of Agadir. The results show that the studied sites do not present an interesting complementarity between the two forms of energy but rather an important dominance of the solar potential relative to the wind potential.

KEYWORDS: Solar energy; Wind power; Complementarity; Wind power.

RESUME: Dans ce travail, nous présentons l'étude de la complémentarité des énergies solaire et éolienne, afin d'évaluer la rentabilité d'un système hybride à énergies renouvelables pouvant être installé au niveau de deux sites; l'un situé au centre de ville et l'autre au Sud-Est de la ville d'Agadir. Les résultats obtenus montrent que les sites étudiés ne présentent pas une complémentarité intéressante entre les deux formes d'énergie mais plutôt une importante dominance du potentiel solaire par rapport au potentiel éolien.

MOTS-CLEFS: Energie solaire; Energie éolienne; Complémentarité; Puissance éolienne.

1 INTRODUCTION

Le Maroc dispose d'un excellent potentiel en énergies renouvelables, notamment en énergie solaire et éolienne [1]. Par cette raison l'énergie renouvelable est reconnue comme une source essentielle pour l'avenir, non seulement pour le Maroc mais aussi pour le monde. Cela est dû principalement au fait que les sources d'énergie renouvelables ont certains avantages par rapport aux sources classiques à base de combustibles fossiles. Toutefois, les préoccupations environnementales et les sources d'énergie limitées rendent les technologies de l'énergie renouvelable comme un bon candidat par rapport aux sources d'énergies classiques [2]. Les plus sollicitées de ces énergies renouvelables sont le photovoltaïque et l'éolien [3]. La production d'électricité au moyen d'un système hybride combinant plusieurs sources d'énergies renouvelables est d'un grand intérêt pour les pays en développement qui possèdent de nombreuses régions, isolées et éloignées des réseaux de distribution d'électricité [4]. Ces systèmes peuvent être considérés comme une excellente solution pour l'électrification des zones rurales où l'extension du réseau est difficile et non rentable [5] et aussi pour la production et l'injection des puissances électriques excédentaires dans le réseau électrique. Donc les systèmes hybrides peuvent être un moyen approprié pour atteindre des solutions économiques vis-à-vis aux coûts d'investissement [6].

Le système hybride de production de l'énergie dans sa vue la plus générale, est celui qui combine et exploite plusieurs sources disponibles facilement mobilisables [7]. Il consiste en l'association de deux ou plusieurs technologies complémentaires de manière à accroître la fourniture d'énergie par une meilleure disponibilité.

La production de l'énergie électrique en combinant l'énergie éolienne et solaire dans un système hybride est une solution intéressante pour les sites isolés ayant des potentiels éolien et solaire importants. Cette combinaison permet de mieux répondre à la demande continue d'énergie de la part de l'utilisateur et de renforcer l'autonomie du système en énergie, ce qui entraîne un système hybride efficace et rentable [8-9]. En termes de développement écologique et économique, le couplage d'un système Photovoltaïque-Eolien (PV-E) peut être très intéressant lorsque les conditions locales sont favorables, du point de vue de la disponibilité du vent et de l'ensoleillement [10].

Les installations d'énergie solaire photovoltaïque, vue leur caractère d'autonomie, doivent être dimensionnées pour qu'elles fournissent de l'énergie continuellement durant toute l'année. Cela exige la détermination du nombre de modules nécessaires pour le mois le plus défavorable de l'année. Par conséquent, cela conduit à un surplus d'énergie pour le reste des mois et à une augmentation considérable du coût du projet [11].

Les périodes de l'année ayant une faible insolation correspondent à celles ayant un meilleur potentiel éolien. Il est donc évident qu'une complémentarité entre l'énergie éolienne et solaire est souhaitable, d'autant plus que le couplage de ces deux sources d'énergies est la solution la plus sûre et la moins coûteuse pour des systèmes autonomes d'électrification [12].

Dans cette optique, nous présentons dans ce papier une étude de la complémentarité des énergies solaire et éolienne pour un système hybride à énergies renouvelables au niveau de la ville d'Agadir (Maroc). Pour ce faire, nous exploitons les données relatives au gisement solaire et éolien durant l'année 2012. Ces données sont collectées par deux stations météorologiques : "Site 1" et "Site 2". Concernant le "Site 1" il correspond à la station installée dans le laboratoire de l'ERTAIEP de l'EST d'Agadir. Quant au "Site 2", il correspond à la station installée environ à 10 km au Sud-Est de la ville d'Agadir.

Notre présent papier est organisé comme suit: nous commençons par une introduction, puis dans la section 2 nous présentons la description des sites concernés par les mesures météorologiques utilisées. Dans la section 3, nous étudions la complémentarité des deux formes d'énergie solaire et éolienne, au niveau des deux sites choisis. La section 4 expose les résultats obtenus ainsi que leurs discussions. Une conclusion sur ce travail et quelques perspectives sont présentées à la fin de ce document.

2 STATION METEOROLOGIQUE

Les données météorologiques, tels que l'éclairement solaire direct et diffus, la température ambiante, l'humidité et la vitesse du vent et sa direction, sont collectées dans le "Site 1" par l'intermédiaire de différents capteurs reliés à la centrale d'acquisition *Cambell* de type CR10X installée dans le laboratoire de l'ERTAIEP de l'EST d'Agadir (Figure 1). Ces données sont collectées toutes les 10 secondes. Elles peuvent être présentées sous différents formats; moyenne, max, min, etc., selon la configuration choisie au niveau de la centrale d'acquisition.



Fig. 1. Station météorologique équipée de la centrale d'acquisition Cambell de type CR10X

Les coordonnées géographiques du "Site 1" sont : 9.579° W pour la longitude, 30.406° N pour la latitude et 41 m d'altitude. Pour le "Site 2", ses coordonnées sont : 9.475° W pour la longitude, 30.355° N pour la latitude et 27 m d'altitude [17].

3 ETUDE DE LA COMPLEMENTARITE SOLAIRE-EOLIEN

3.1 CARACTÉRISTIQUES ÉNERGÉTIQUES RELATIVES AU VENT

Le traitement statistique des données relatives au vent est une étape très importante. Elle permet la détermination du potentiel éolien d'un emplacement donné et par conséquent d'estimer l'énergie éolienne qu'on peut produire à cet emplacement [13]. Ce traitement apporte des informations intéressantes aux exploitants de l'énergie éolienne telle que les fluctuations de la vitesse du vent. En effet, la vitesse moyenne annuelle du vent donne un ordre de grandeur concernant l'importance du gisement éolien du site considéré. Les vitesses moyennes et maxima mensuelles informent sur les variations saisonnière et interannuelle [8].

Concernant les caractéristiques du vent, nous pouvons citer la vitesse moyenne mensuelle du vent V_{moy} , donnée par l'expression (1). Ce n'est en effet que la moyenne arithmétique de tous les relevés effectués de la vitesse, selon un échantillonnage fréquent et régulier [8].

$$V_{moy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i \quad (1)$$

Avec N le nombre de points relevés et V_i la moyenne horaire de la vitesse du vent.

Cette vitesse moyenne mensuelle du vent V_{moy} engendre une énergie conduisant à la puissance disponible dans ce flot de vent. Cette puissance, exprimée en Watt, peut s'obtenir par la relation (2) :

$$P_{éolienne} = \frac{1}{2} \rho s V_{moy}^3 \quad (2)$$

Où ρ est la densité de l'air ($\rho = 1.23 \text{ Kg/m}^3$), s la surface balayée par les pales de l'éolienne en m^2 et V_{moy} la vitesse moyenne du vent en m/s .

La densité de puissance du vent (en W/m^2) est donnée par l'équation (3), elle exprime la puissance éolienne disponible par unité de surface.

$$P_{éolienne} = \frac{1}{2} \rho V_{moy}^3 \quad (3)$$

La densité de puissance moyenne du vent (en W/m^2) peut éventuellement être déduite de l'équation (1), conduisant à l'expression (4) :

$$P_{éolienne, moy} = \frac{1}{2} \rho \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i^3 \quad (4)$$

La densité d'énergie éolienne moyenne $W_{éolienne, moy}$ est l'énergie disponible par unité de surface, balayée par les pales pour une durée Δt , peut être calculée à partir de l'équation (4), selon la relation (5) :

$$W_{éolienne, moy} = P_{éolienne, moy} \Delta t \quad (5)$$

3.2 ETUDE DE LA COMPLÉMENTARITÉ DES RESSOURCES ÉOLIENNES ET SOLAIRES

L'objectif principal d'un système hybride à sources d'énergie renouvelables est d'assurer l'alimentation en énergie selon la demande de la charge. A cela s'ajoute, si possible la production du maximum d'énergie à partir des sources d'énergies renouvelables, en gardant la qualité, la continuité et la stabilité de l'énergie fournie [14,15] avec un coût minimum de l'énergie consommée par les utilisateurs. Les sources d'énergie comme le soleil et le vent ne délivrent pas une puissance constante, et leur combinaison peut permettre de parvenir à une production électrique de manière continue. Dans plusieurs régions, les journées ensoleillées sont en général caractérisées par une activité éolienne faible alors que les vents forts sont observés plutôt lors de journées nuageuses ou pendant la nuit [16].

Afin de quantifier la complémentarité entre l'énergie éolienne et l'énergie solaire pour la ville d'Agadir, nous avons choisi d'utiliser deux paramètres parmi ceux cités par certains auteurs dans la littérature scientifique [9].

Le premier paramètre est le coefficient de corrélation entre les énergies moyennes journalières éolienne et solaire de chaque mois. Ce coefficient quantifie la simultanéité temporelle des deux sources. Il est donné par la relation (6) :

$$C_c = \frac{\sum_{i=1}^{12} (W_{\text{éolienne},i} - W_{\text{éolienne},\text{moy},i}) (W_{\text{solaire},i} - W_{\text{solaire},\text{moy},i})}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{12} (W_{\text{éolienne},i} - W_{\text{éolienne},\text{moy},i})^2 \right) \left(\sum_{i=1}^{12} (W_{\text{solaire},i} - W_{\text{solaire},\text{moy},i})^2 \right)}} \quad (6)$$

Avec $W_{\text{éolienne},i}$ et $W_{\text{solaire},i}$: Valeurs des densités moyennes journalières des énergies éolienne et solaire pour le mois i , et $W_{\text{éolienne},\text{moy},i}$ et $W_{\text{solaire},\text{moy},i}$: Valeurs des densités moyennes annuelles de ces énergies.

$$R = \frac{W_{\text{éolienne},\text{moy},\text{an}}}{W_{\text{solaire},\text{moy},\text{an}}} \quad (7)$$

Où $W_{\text{éolienne},\text{moy},\text{an}}$ et $W_{\text{solaire},\text{moy},\text{an}}$ sont les valeurs de la densité moyennes annuelles des énergies éoliennes et solaires.

Une bonne complémentarité entre les deux formes d'énergie solaire et éolienne correspond au coefficient de corrélation C_c négatif le plus proche de -1. Tandis qu'une valeur de C_c proche de +1, confirme que les potentiels des deux formes d'énergie varient dans le même sens.

4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

Afin d'estimer les ressources solaire et éolienne des deux sites étudiés, nous exploitons les données météorologiques tels que l'irradiation solaire globale et la vitesse du vent relevées par la station météo installée dans le "Site 1" ainsi que celles fournies par la station installée dans le "Site 2".

Après traitement de ces données, les figures 2 et 3 représentent respectivement, la variation de la vitesse journalière du vent et celle de la vitesse moyenne mensuelle pour les deux sites sous étude.

Ces relevés montrent qu'au niveau du "Site 1" (Fig. 3-a), au courant de l'année 2012, la vitesse mensuelle moyenne varie entre 2.35 m/s et 3.63 m/s. Ces vitesses sont observées, respectivement aux mois d'octobre et d'avril. Par conséquent, au courant de l'année 2012, ce "Site 1" présente une vitesse moyenne annuelle de 2.76 m/s.

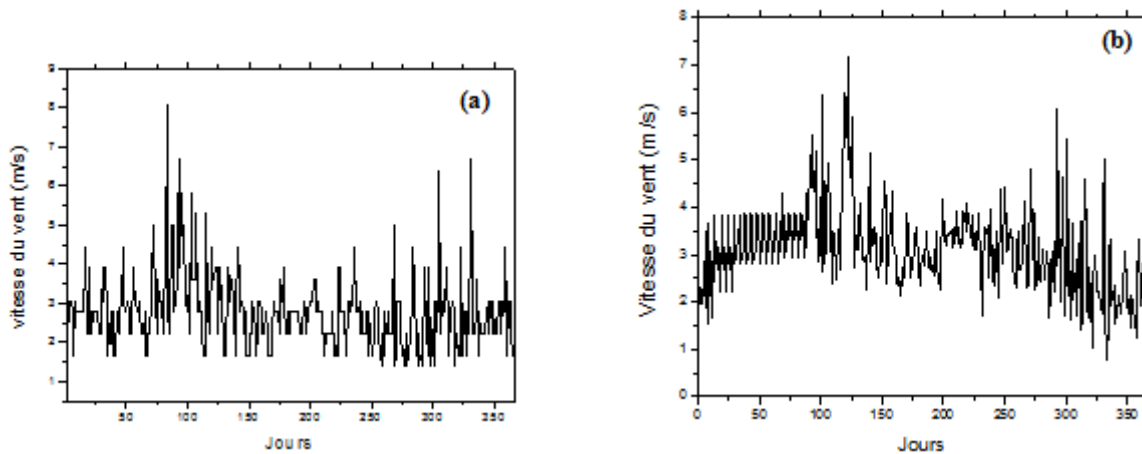


Fig. 2. Variation de la vitesse journalière du vent pour l'année 2012
(a) Site 1, (b) et "Site 2"

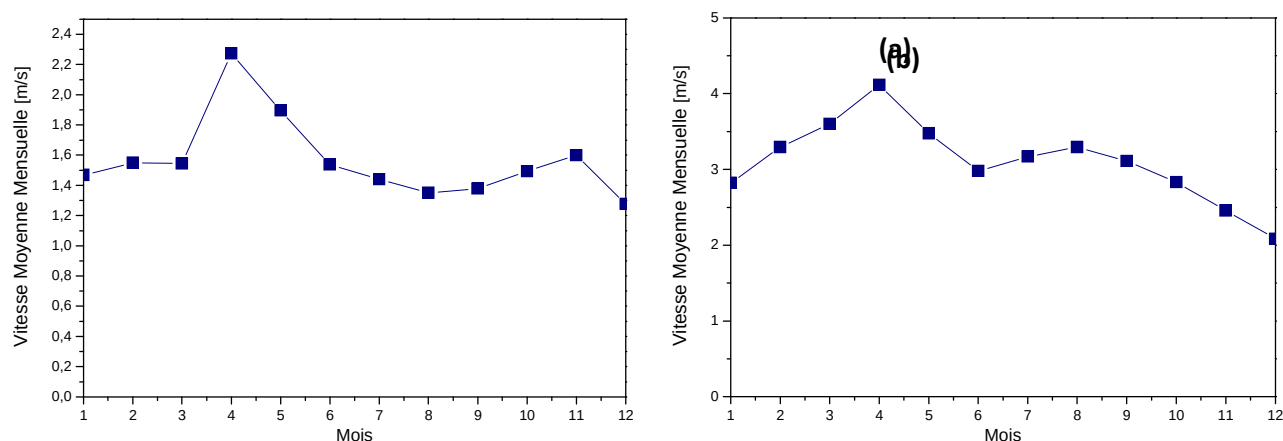


Fig. 3. Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent pour l'année 2012
(a) "Site 1", (b) "Site 2"

De même, pour le "Site 2" au courant de la même année 2012 (Fig. 3-b), la vitesse mensuelle moyenne varie entre 2.09 m/s et 3.97 m/s. Ces vitesses sont observées, respectivement aux mois de décembre et d'avril. Par conséquent, ce "Site 2" présente une vitesse moyenne annuelle égale à 2.98 m/s.

Ces données montrent que les sites étudiés ont un potentiel éolien relativement faible du fait que le vent souffle à une vitesse faible inférieure à 4 m/s.

La quantification analytique de la complémentarité entre les énergies solaire et éolienne, est effectuée en utilisant le coefficient de corrélation C_c et le rapport R . Le résultat des calculs est résumé dans le tableau 1.

Tableau 1. Valeurs du paramètres C_c et R

Site	C_c	R
"Site 1"	0.53	0.03
"Site 2"	0.61	0.12

Après le calcul de ces deux paramètres C_c et R pour les deux sites "Site 1" et "Site 2", nous remarquons que :

- les densités d'énergie solaire sont beaucoup plus importantes que celles de l'énergie éolienne, autrement un faible potentiel éolien caractérise les sites étudiés. Cela se traduit par les faibles valeurs calculées du rapport R (0.03 et 0.12), ce qui est aussi en harmonie avec les mesures présentées dans la figure 4.
- les densités d'énergie solaire et éolienne varient dans le même sens, ce qui est affirmé par les valeurs positives des coefficients de corrélations calculées C_c (0.53 et 0.61). Cela montre qu'il n'y a pas une bonne complémentarité entre ces deux formes d'énergie pour les deux sites étudiés. Cela est aussi conforme aux relevés qui sont présentés dans la figure 4.

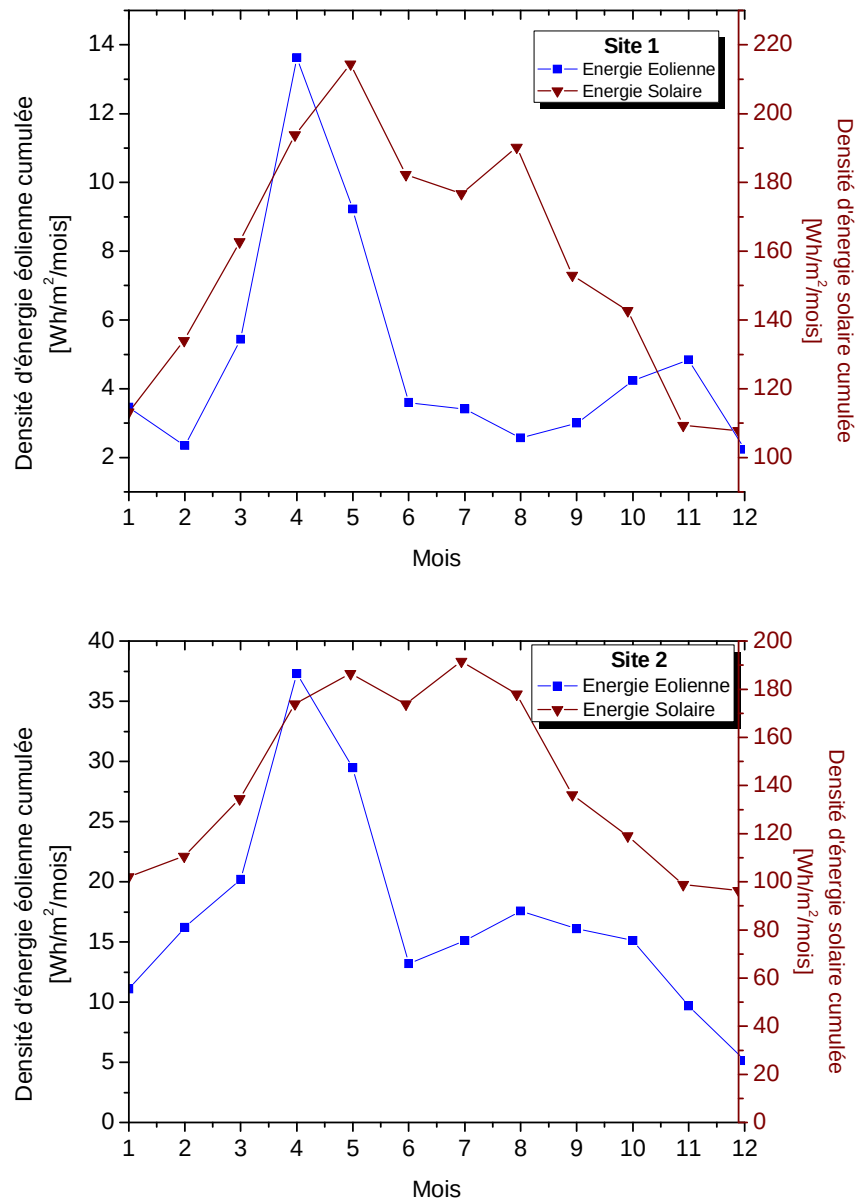


Fig. 4. Variation des densités des énergies solaires et éoliennes moyennes cumulée pour l'année 2012

Pour les sites étudiés l'hybridation solaire/éolien n'est pas d'un grand intérêt du point de vue économique, étant donné que les densités d'énergies des deux sources varient dans le même sens. A cela s'ajoute le potentiel éolien faible caractérisant les sites étudiés puisque la vitesse moyenne mensuelle maximale du vent ne dépasse pas les 4 m/s et qui reste presque égale ou inférieure à la vitesse de démarrage de la majorité des aérogénérateurs industriels.

Enfin, l'étude que nous avons menée nous laisse penser à l'exploitation d'une seule forme d'énergie. Bien sûr, le choix entre l'installation de l'une ou l'autre des deux sources d'énergie solaire et éolienne exige une étude technico-économique afin de sélectionner la solution la plus rentable.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article nous avons présenté l'étude de la complémentarité des énergies solaire et éolienne pour deux sites de la ville d'Agadir ("Site 1" situé presque au centre de la ville et le "Site 2" situé à 10 km au Sud-Est de la ville) afin de juger la rentabilité d'un système hybride éolien/solaire installé dans cette ville. Les résultats obtenus montrent que, d'une part les deux sites étudiés ne disposent pas d'un potentiel éolien important et d'autre part la complémentarité entre les deux sources

d'énergies solaire et éolienne n'est pas assez bonne que nous l'espérons. Ceci nous conduit à prédire, pour les futures installations hybrides, qu'il sera judicieux de n'utiliser qu'une seule des deux sources d'énergie renouvelables traitées dans ce papier.

Les perspectives de notre travail visent à effectuer cette étude sur plusieurs années afin d'avoir des indications plus fiables et de faire une étude techno-économique dont le but est de déterminer la technologie la plus adaptée pour les sites étudiés.

RÉFÉRENCES

- [1] Sara Atouk, "*Les énergies renouvelables et les populations rurales pauvres : Le cas du Maroc*", Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement, Université de Sherbrooke, 2013.
- [2] Taha Ahmed Tawfik Hussein, "*Estimation of Hourly Global Solar Radiation in Egypt Using Mathematical Model*", International Journal of Latest Trends in Agriculture & Food Sciences, Vol. 2, No 2, 2012, pp. 74-82.
- [3] Yamina Hasni, Maher Chaabene, "*Réseau électrique hybride autonome : Supervision et gestion des sources*", International Renewable Energy Congress, November 5-7, 2010, Sousse, Tunisia, pp. 125-132.
- [4] A. Ould Mohamed Yahya, A. Ould Mahmoud, I. Youm, "*Modélisation d'un système de stockage intégré dans un système hybride (PV/Eolien/Diesel)*", Revue des Energies Renouvelables, Vol. 10, N°2, 2007, pp. 205-214.
- [5] S. Ashok, "*Optimized model for community-based hybrid energy system*", Renewable Energy, Vol. 32, issue 7, 2007, pp. 1155-1164.
- [6] F. Fattahi, A.M. Hashimov, N.M. Tabatabaei, S. Guliyeva, "*Simulation and improvement of operation of DG systems connected to power system*", International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), Vol. 4, No 1, Issue 10, 2012, pp. 91-96.
- [7] D. Saheb-Koussa, M. Belhamel, "*Production d'électricité sans interruption moyennant un système hybride (Eolien - Photovoltaïque - Diesel)*", Revue des Energies Renouvelables, ICRES-07. Tlemcen, 2007, pp. 121-128.
- [8] Hassan Nfaoui, "*Caractéristique du gisement éolien Marocain et optimisation d'un système aérogénérateur/Groupe électrogène pour l'électrification des villages isolés*", Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mohammed V, Agdal Rabat, 2004.
- [9] Ludmil Stoyanov, "*Etude de différentes structures de systèmes hybrides à sources d'énergie renouvelables*", Thèse d'Université de Corse Pasquale Paoli, en cotutelle avec l'Université Technique de Sofia, 2011.
- [10] A.D. Bagul, Z.M. Salameh, B. Borowy, "*Sizing of a Stand-Alone Hybrid Wind-Photovoltaic System Using a Three-Event Probability Density Approximation*", Solar Energy, Vol. 56, Issue 4, 1996, pp. 323-335.
- [11] T. Markvart, "*Sizing of Hybrid Photovoltaic-Wind Energy Systems*", Solar Energy, Vol. 57, No 4, 1996, pp. 277-281.
- [12] H. Gabler and J. Luther, "*Wind-Solar Hybrid Electrical Supply Systems, Results from a Simulation Modal and Optimization with Respect to Energy Pay Back Time*", Solar & Wind Technology, Vol. 5, No 3, 1988, pp. 239-247.
- [13] Mohammed Benchrif, "*Modélisation de systèmes énergétiques photovoltaïques et éoliens intégration dans un système hybride basse tension*", Thèse de Doctorat, Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen, 2014, <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/4178>.
- [14] Fatima Zahra Kadda, Smail Zouggar, Mohamed Larbi Elhafyani, "*Optimal energy management of an autonomous hybrid system by using the linear programming method*", IRSEC, 2013.
- [15] Ionel Vechiu, "*Modélisation et Analyse de l'intégration des énergies renouvelables dans un réseau autonome*", Thèse de Doctorat, Université du Havre, 2005.
- [16] D. Rekioua, Z. Roumila, T. Rekioua, "*Etude d'une centrale hybride Photovoltaïque - Eolien - Diesel*", Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, No 4, 2008, pp. 623-633.
- [17] http://www.toutimages.com/google_gps/maps_altitude.htm

Etablissements d'Enseignement Supérieur et Universitaire dans la ville de Goma en République Démocratique du Congo : entre compétition et coopération ?

Phidias AHADI SENGE Milemba

Professeur Associé, Université de Goma et Secrétaire Général Académique, Institut Supérieur de Commerce de Goma, RD Congo

Il est irréfutable que les établissements d'enseignement supérieur conservent l'ascétisme et la coopération pour sauver les Etats aux prises à une crise généralisée de génie de transformation de la société.

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

RESUME: Les établissements d'enseignement supérieur et universitaire dans la ville de Goma connaissent une mévente liée à l'absence de la coopération entre eux. La coopération a vite cédé place à la compétition sous-jacente au sous-développement du système éducatif supérieur. Cette note problématise cette compétition et explique les facteurs à sa base ainsi que son impact sur la qualité des produits des établissements d'enseignement supérieur et universitaire. Il se démontre que ces établissements connaissent, d'un côté, une pénurie criante d'équipements, de matériels didactiques spécifiques et de ressources humaines spécialisées et compétentes selon les domaines de leurs vies, et de l'autre, la culture ethniciste qui s'érige en obstacles à leur coopération. Il faut donc que les établissements travaillent dans la complémentarité en vue de la formation d'une élite à la hauteur des défis des sociétés contemporaines et à mesure de compétitionner sur l'échiquier international avec les produits d'autres systèmes éducatifs supérieurs.

MOTS-CLEFS: compétition, coopération, établissement d'enseignement supérieur et universitaire, système éducatif supérieur.

1 INTRODUCTION

Evoquer la question relative aux établissements d'enseignement supérieur et universitaire (ESU) en République Démocratique du Congo (RDC) revient indubitablement à examiner trois axes focaux de leurs activités, à savoir, l'enseignement, la recherche et le service à la collectivité s'ajoutant aux deux premiers axes comme le troisième volet d'un triptyque. Cette trilogie fait de ces établissements un haut lieu de production et de transmission des connaissances et des services à la collectivité¹, et selon Pier-Giorgio Zanone, de conservation des connaissances². Ces activités ne sont possibles que dans un contexte de collaboration entre établissements lequel contexte demande que chacun d'eux soit solidaire avec les autres afin de mutualiser les expériences des uns et des autres dans le dessein ultime de participer utilement à une œuvre commune de formation d'une élite sur mesure des défis de notre temps. Cette politique d'entente et d'échanges scientifiques particulièrement, ferait que les établissements d'ESU, dans la ville de Goma et dans toute la République par extension, s'en sortent grandis et préparent les sillons à une nouvelle génération des établissements conjointement enracinés dans le système coopératif et/ou de mutualisation.

¹ OTEMIKONGO MANDEFU et LONGOLI MOKOMBOLI, « Partenariat éducatif à l'Université de Kisangani », in *Revue de l'IRSA*, n°10, Kisangani, Presses Universitaires de Kisangani, décembre 2004, pp. 136-143.

² P.-G. ZANONE, *Initiation à la Recherche*, Toulouse III, Université Paul Sabatier, 2012-2013, p.4.

Cependant, il s'observe, dans la ville de Goma, que les établissements d'ESU seraient plutôt plus en compétition qu'en coopération, chacun gardant comme chasse-gardée un domaine donné d'activités (culturel, pédagogique, recherche scientifique) dans lequel il est confortablement réputé respecter le minimum des conditions de viabilité. Et pourtant, il est un cadre par excellence d'échanges (débat), de production, d'apprentissage, des savoirs et de recherche de solutions aux problèmes que rencontre la société³; et de surcroît un corps, un système, un tout dont l'objectif commun est la production d'une fine fleur dont les compétences sont à la hauteur des besoins de la société locale, nationale et internationale. Il faut donc que les établissements travaillent dans une complémentarité en vue de la formation d'une élite dont les expertises sont en arrimage avec les défis des sociétés contemporaines et en mesure de compétitionner sur l'échiquier international avec les produits d'autres systèmes éducatifs supérieurs car, paraphrasant Jean-Jacques Muyembe Tanfum, savoir partager le savoir c'est sauver l'humanité⁴. Cela étant, une question mérite d'être soulevée, celle de savoir si les établissements d'ESU sauront pour autant coopérer une fois débarrassés de l'esprit de compétition sous-jacent au sous-développement de leur secteur ? On peut en douter car ces établissements connaissent, d'une part, une pénurie criante d'équipements, de matériels didactiques spécifiques et ressources spécialisées et compétentes selon les domaines de leur vie, et d'autre part, la culture ethnocentriste dont ils peinent à s'émanciper, s'érigent en obstacles à leur coopération.

A travers l'approche systémique et la perspective multi culturaliste, nous espérons démontrer, à la lumière de nos analyses dans ces lignes, que toute tentative d'érection d'un système coopératif entre établissements d'ESU est illusoire tant que chacun d'eux resterait à ce point affecté par la déficience des moyens et des ressources spécialisées et compétentes doublée de la culture ethnocentriste qui gangrène le système éducatif supérieur congolais. Ce qui ouvre des pistes nouvelles susceptibles d'inscrire les établissements d'ESU dans une logique d'agir ensemble. Pour bien appréhender cette interrogation, nous avons subdivisé cet article en trois points, hormis l'introduction et la conclusion. Nous y abordons, successivement, deux points, à savoir, l'interrogation sur la coopération ou compétition entre établissements d'ESU et quelques écueils de leur coopération.

2 ETABLISSEMENTS D'ESU DOIVENT-ILS COOPÉRER OU COMPÉTITIONNER ?

Les établissements d'ESU sont des agents du développement social, jouant, par conséquent, un rôle positif et prépondérant, mais un rôle considéré comme essentiellement critique de nature à remettre en question les opinions fortement ancrées, à attaquer les préjugés, à aider la société à former ou à modifier l'idée qu'elle se fait d'elle-même et à constituer des sanctuaires où les discussions soient ouvertes et où l'on ne puisse être contraint que par des arguments⁵. Pour y arriver, ils doivent disposer des moyens nécessaires, des ressources spécialisées et compétentes doublés d'un esprit ouvert aux autres parce que nul ne peut prétendre se suffire à lui-même. Plus synthétique, Théophile Obenga considère l'université comme une communauté, une coopération⁶. Et ce justement parce qu'on prétend comprendre un peu plus un phénomène que quand l'on se permet de partager ses connaissances avec les autres chercheurs. Bien plus, l'on se sent lié par une responsabilité et des intérêts communs en vue de sauver la société.

Il n'est pas hors de propos d'affirmer ici que la qualité de l'enseignement supérieur et universitaire est aussi conditionnée par une double mission dévolue à ses établissements, à savoir, la poursuite d'un objectif commun et une action coopérative sous-jacente à la combinaison des forces pour leur accomplissement qui ne pourra être atteint sans la collaboration. Pour former l'élite de demain, les établissements d'ESU doivent, au-delà de leur prescription routinière, développer la solidarité entre eux et/ou avec les tiers pour leur expertise (entreprises, organisations non gouvernementales internationales, nationales ou locales) en vue d'une formation adéquate possible et correspondante aux besoins de la communauté. Car,

³ AHADI SENGE et KASEREKA KABAYA, « L'université et ses fonctions sociales à Goma : essai d'évaluation des actions de l'Université de Goma », in *Revue de l'IRSA*, n°13, Kisangani, Presses Universitaires de Kisangani, mai 2008, p.166.

⁴ J.-J. MUYEMBE TANFUM, « Savoir partager le savoir pour sauver l'humanité de l'épidémie de l'Ebola », in *Congo-Afrique*, n°497, Kinshasa, CEPAS, septembre 2015, pp. 600-606.

⁵ L.D. LEGGE, « L'Université et son rôle d'innovation dans la société », in *Cahiers de l'Association Internationale des Universités*, n°12, 1973, pp. 71-91.

⁶ T. OBENGA, *Université africaine dans le cadre de l'Union Africaine*, Paris, Pyramide Papyrus Presse, 2003, p.17.

dans ces conditions, et contrairement à Léon de Saint Moulin⁷, ceux qui atteindraient le niveau supérieur de formation seront considérés d'office comme la lumière de la société.

Déduisons-en donc que la coopération entre établissements et/ou avec les tiers est la soupape de la qualité de la formation supérieure et universitaire parce que sans le principe de l'interdépendance qui signifie que les éléments d'un système sont reliés entre eux et que lorsque la propriété d'un de ces éléments est modifiée, tous les autres éléments de même que l'ensemble du système sont aussi affectés⁸, les établissements d'ESU perdraient la capacité de façonner les élites imbues des savoirs transformateurs, développeurs de notre environnement, producteurs des solutions adaptées aux contraintes de notre société, et qu'à leur tour, ces solutions puissent impacter sur la société. A tout bien considérer, l'ESU étant un système partageant un sort commun, il est donc hors de propos d'insinuer la notion de compétition qui implique, pour deux ou plusieurs établissements, la recherche, par voie antithétique, d'un même intérêt, d'un même résultat. Et lorsque ces intérêts s'objectent, la compétition doublée des rivalités éclatent et le gêne du système éducatif supérieur s'affiche par la démonétisation de la qualité de l'apprentissage. Partant de ce qui précède, la médiocrité de l'ESU, dans la ville de Goma, a entre autres justification plausible l'absence d'une architecture interinstitutionnelle de coopération, arrimée aux impératifs du système mondial de l'enseignement supérieur et universitaire. Parce que, reprenant Tryphon Bonga, l'émergence de la République Démocratique du Congo rime avec la valeur de solidarité et ne peut pas se réduire uniquement à des critères quantifiables (calculables) ; elle doit apporter plus d'humanité à l'homme⁹.

En effet, dans un contexte de rareté doublé de la dispersion de peu de ressources disponibles, les responsables des établissements d'ESU ne peuvent qu'attendre beaucoup de la coopération entre leurs établissements. Pour mieux répondre aux exigences du développement de la société, ils doivent offrir la possibilité de réussir ensemble, ce qui serait hors d'atteinte pour chacun des établissements pris distinctement. Loin de viser l'imbrication et le rejet des spécificités des établissements, le nouveau cadre de développement de l'ESU proposé et les actions à poser n'ont pour objectifs que de rationaliser les ressources humaines, les infrastructures, les matérielles didactiques et équipements, insuffisants par ailleurs, par la complémentarité.

3 QUELQUES ÉCUEILS DE LA COOPÉRATION ENTRE ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET UNIVERSITAIRE

Un vent impérieux souffle sur les établissements d'ESU dans la ville de Goma. A son passage, il les menace de faire naufrage à cause de deux vices qui hypothèquent la qualité de l'apprentissage, et par-dessus tout, induirait la médiocrité du système éducatif supérieur, à savoir, la crise des ressources spécialisées et la montée de l'ethnisme.

3.1 CRISE DES RESSOURCES SPÉCIALISÉES

Un établissement d'ESU a la vocation de former des femmes et des hommes capables d'apporter leur expertise dans le changement ou l'amélioration des conditions de vie des individus en société. A ce titre, il réalise une grande activité de l'éducation comprise dans son sens le plus noble : assurer la transmission des connaissances, des valeurs culturelles et des normes de conduite de la société à différentes générations¹⁰. Pour y arriver, les établissements doivent disposer d'un capital humain spécialisé et compétent, des ressources matérielles conséquentes en termes d'infrastructures, d'équipements et de matériels didactiques.

1° Les ressources enseignantes

S'agissant du capital humain, depuis l'année académique 2013-2014, la ville de Goma compte 40 professeurs dont 22 du secteur public et 18 du secteur privé pour un total de 56 établissements d'ESU¹¹ reconnus. Notons que cet effectif s'est

⁷ L. SAINT MOULIN (De), « La répartition et les défis de l'enseignement supérieur en RD Congo », in *Congo-Afrique*, n° 467, Kinshasa, CEPAS, septembre 2012, p.496 : ceux qui atteignent un niveau supérieur de formation ne peuvent se considérer d'office comme la lumière de la société.

⁸ D. MONIERE et J.H. GUAY, *Introduction aux théories politiques*, Montréal, Québec/Amérique éditeur, 1987, p. 121.

⁹ T. BONGA, « Le principe de la solidarité comme condition fondamentale de l'émergence de la République Démocratique du Congo », in *Congo-Afrique*, n°502, Kinshasa, CEPAS, février 2016, p.113.

¹⁰ Idée paraphrasée de S. CASTER (De), *Sociologie de l'éducation*, Bruxelles, IS, 1970, p. 9.

¹¹ KASONIA KIRARAHUMU, « La prolifération des Etablissements d'enseignement supérieur et universitaire à Goma : états de lieux et perspectives d'avenir », in *CSSAP*, n°2, Goma, Presses de l'Université de Goma, septembre 2014, p.162.

légèrement amélioré avec 11 nominés du secteur public, intervenus à la suite de l'Arrêté Ministériel n°166/MINESU/CABMIN/TMF/RK3/CPM/2015 du 27 septembre 2015, et porte le chiffre de professeurs à 51. Cependant, la carence reste pendante au regard de l'existence imposante des membres du personnel scientifique dans les comités de gestion comme dans la didactique au sein des établissements d'ESU tant publics que privés dans la ville de Goma. Il en va, au dire de Léon de Saint Moulin, que le facteur le plus immédiat des faiblesses de notre enseignement est la proportion insuffisante des enseignants pleinement qualifiés¹². Cependant, cette problématique ne saurait se limiter au comptage des nombres ni au calcul des proportions. C'est avant tout un problème de la qualité des ressources humaines de très haut niveau qui, lorsqu'elles sont menacées d'extinction, devrait interpeller¹³. Cette baisse de qualité est visible, indifféremment de la manière dont on définit la qualité, qu'elle soit mesurée en terme de performance des étudiants lors des examens, en références du personnel universitaire, en contacts des étudiants avec le savoir et l'information actuelle, en la mesure dont la formation répond aux demandes du marché du travail, ou en dépenses par étudiant¹⁴.

Cette fourchette insuffisante du personnel académique dans la ville de Goma ne satisfait guère à la demande des filières et parcours organisés dans les établissements respectifs, raison de plus de leur non éligibilité par le Ministère de tutelle à l'organisation des études du 3^{ème} cycle et doctorales¹⁵. Pour faire face à cette crise, la nécessité d'une coopération s'impose à trois niveaux. D'abord, les pouvoirs publics collaborant avec les établissements (publics et privés), veillent sur le respect strict et sans atermoiement de leurs propres décisions et règlements en rapport avec l'assainissement du secteur de l'ESU¹⁶. Ensuite, que les professeurs interviennent en dehors de leurs établissements d'attache, non pas à titre personnel, mais à travers un cadre partenarial entre établissements, et au besoin, avec les établissements du dehors de la ville de Goma qui, d'ailleurs, induirait sûrement l'allègement du coût de service et du même coup inférerait la qualité de l'apprentissage. Enfin, les pouvoirs publics devront adopter le système d'octroi de bourses d'études du 3^{ème} cycle et doctorales selon un criterium objectif aux candidats qui se serraient distinguer dans les parcours, en perspective de la relève du personnel académique vieillissant ou tout simplement d'en produire en qualité et en quantité de telle sorte que ces ressources qui poussent drues et si serrées dans nos établissements soient ressenties avec tous les contrecoups sur l'amélioration de notre milieu naturel de vie. Il en est de même de la création d'écoles doctorales pluridisciplinaires qu'il importe de soutenir pour former une masse critique d'enseignants chercheurs à la hauteur des défis de développement de la société. Parce que, de nos jours, la principale cause de la pauvreté est le manque de capital humain adapté à produire de la valeur ajoutée et à utiliser la technologie pour attirer les investissements¹⁷. C'est pourquoi, une meilleure solution serait cependant d'adapter la formation au marché du travail et d'améliorer la qualité de ce dernier de manière à ce que les diplômés d'université puissent assumer des responsabilités sur mesure¹⁸, comme il revient tout naturellement à l'eau de prendre la couleur du récipient qui la porte.

Cependant, il est certain que l'explosion spontanée et anarchique des établissements d'ESU que Lubala Kasi qualifie des «boutiques de l'ignorance¹⁹», dans la ville de Goma, nés à la période de crise rappelée ci-dessus, soient, de l'avis de Alphonse Kasay Katsuva, caractérisés tantôt par l'esprit de concurrence, tantôt par l'aventurisme et la logique du lucre²⁰. Dans cette

¹² L. SAINT MOULIN (De), *art.cit.*, p.497.

¹³ R. NGUB'USIM, « La relève du corps enseignant à l'Unikin et à l'ESU (Enseignement Supérieur et Universitaire) public congolais », in *Congo-Afrique*, n°467, Kinshasa, CEPAS, septembre 2012, p.514.

¹⁴ K. F. SEDDOH, « Le développement de l'enseignement supérieur en Afrique », in *Enseignement supérieur en Europe*, Vol. XXVIII, n°1, 2003, p.35.

¹⁵ Lire MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE, *l'instruction académique n°017/MINESU/CABMIN/TMF/SMM/2015 du 30 septembre 2015 portant directives relatives à l'année-académique 2015-2016*, septembre 2016.

¹⁶ Cf. Ordonnance-loi n°81-025 du 3 octobre 1981 portant organisation générale de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo ; L'instruction académique n°015/MINESURS/CABMIN/BCL/GGP/2013 du 13 septembre 2013 portant directives sur la rentrée académique 2013-2014 ; COMMISSION PERMANENTE DES ETUDES, *Vade-mecum du gestionnaire d'une Institution d'Enseignement Supérieur et Universitaire en République Démocratique du Congo*, 3^{ème} édition, Kinshasa, Editions de la CPE, 2014.

¹⁷ K. F. SEDDOH, *art. cit.*, p.35.

¹⁸ *Idem*

¹⁹ LUBALA KASI, « Médiocrité intellectuelle des tiers instruits dans la région des grands lacs africains » », in *Les Actes du forum universitaire kivitien sur la qualité de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo*, tenu au Centre Olame du 24 au 26 juillet 2002, Bukavu, CERUKI, octobre 2004, p.26.

²⁰ A. KASAY KATSUVA, « Quelques considérations sur les études universitaires organisées au Kivu d'altitude et leur pertinence dans le processus de développement régional », in *Les Actes du forum universitaire kivitien sur la qualité de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo*, tenu au Centre Olame du 24 au 26 juillet 2002, Bukavu, CERUKI, octobre 2004, p.68.

représentation socio-économique, la coopération entre ces établissements, pourtant un salut pour eux et la communauté, ne resterait qu'une belle idée et gardée dans le registre de bonnes intentions.

2° Problèmes d'infrastructures, d'équipements et de matériels didactiques

Comprendre les problèmes des établissements d'ESU dans la ville de Goma est impossible à qui ignore tout de leur contexte de création. Un des casse-tête de ces établissements et question jusque-là insoluble est leur espace de vie adéquat avec capacité d'accueil requise doublé des problèmes d'équipements et de matériels didactiques spécifiques et la nouvelle technologie. La quasi-totalité des établissements n'a pas de bâtiments en propres et adaptés, les bibliothèques spécialisées, les laboratoires et ateliers adéquats n'y sont que de nom, et donc vidé de leur sens.

Les raisons de ce manque prononcé des infrastructures adéquates pour les établissements seraient liées au contexte de leur création dans la ville de Goma d'une part, et au désintéressement de leurs gestionnaires aux initiatives propres et partenariales de construction d'autre part. S'agissant du contexte de leur création, il en résulte des demandes pressantes formulées en 1990 au Gouvernement à la fois par la Banque Mondiale, les élus du peuple et la Conférence Nationale Souveraine. Saisies par le Gouvernement, ces demandes ont été converties en politique d'essaimage aux termes de l'Arrêté Ministériel n°ESU/CABMIN/0044/93 du 7 octobre 1993²¹, sans, cependant, poser des préalables à la création d'une université ou d'un institut supérieur. Trop heureux de voir des établissements d'ESU dans les villes autre que Kinshasa, Lubumbashi et Kisangani, les citoyens ont été ainsi complices de la médiocrité pour n'avoir pas dénoncé la création de ces établissements sans ressources enseignantes qualifiées et compétentes et en proportion requise, sans équipements ni matériels didactiques obligatoires, sans les outils de la nouvelle technologie, sans le minimum des infrastructures adaptées, avec capacité d'accueil nécessaire, sinon, des bâtiments d'écoles primaires et secondaires ainsi qu'un si vieux bâtiment²² inachevé de 1949 dont la construction émergeait du plan décennal du Congo-belge, puis abandonné par les colonisateurs, a servi et sert encore d'espace de vie de ces établissements pour la formation de l'élite de demain. Pourtant, la naissance de ces établissements correspond à l'ère des universités du développement, censées concourir au développement des pays concernés, dont le contenu est défini par les dirigeants nationaux²³.

Ce cliché combien sombre dénote, pour un œil exercé, un certain relâchement de ce secteur d'éducation par les pouvoirs publics, pourtant son étalon, et c'est bien au niveau des actions gouvernementales que les repères de l'identité qualitative de l'ESU présentent les plus grands dividendes des effets sur le développement du pays, et doivent être transformées en des actions publiques concrètes en vue d'en faire un levier d'attractivité de la société. C'est à n'en point douter la définition des préalables à la création d'un établissement d'ESU, y compris dans la conception des programmes d'enseignement supérieur avec incidence observable et mesurable sur le développement de la société que les établissements d'ESU seraient une locomotive on ne plus puissante du développement du pays. Parce qu'ils continueront à être un pôle d'excellence de production des génies de transformation de la société, à savoir, les élites politiques, les administrateurs publics, les directeurs d'entreprises, les cadres enseignants, le personnel de santé, les hommes de droit, les architectes, les diplomates, les ingénieurs dans divers domaines, ils méritent pour autant une attention particulière et constante de la part des décideurs politiques du pays. Par-delà, l'enseignement supérieur et universitaire passe pour une condition de développement d'un pays, de sorte que là où il est et valorisé, augure un bel avenir. En conséquence, l'intérêt du système éducatif supérieur dans les Etats contemporains saute aux yeux, mais malheureusement, n'est pas suffisamment souligné comme capital indispensable au développement du pays. Dans cet esprit, un pays, même ceux dits du nord, qui ne développe guère d'intérêt pour le système éducatif supérieur, serait un agent d'appauvrissement de son peuple et susceptible des tensions sociales. Par contre, un pays qui reconsidère le système éducatif supérieur serait promis à un bel avenir parce qu'il aurait posé le fondamental à la prospérité et la puissance sur une base très sûre.

²¹ OTEMIKONGO MANDEFU et LOSUMBE BONDONDO, « Politique d'essaimage des Etablissements de l'enseignement supérieur et universitaire dans la ville de Kisangani », in *Revue de l'IRSA*, n°7-8, Kisangani, Presses Universitaires de Kisangani, novembre 2001, p.66.

²² Appelé communément « Kinyumba » (expression swahili de dénigrement d'un édifice inachevé ou abandonné), ce bâtiment avait subi une touche de réhabilitation en 2003 (sous la rébellion du RCD). A cet effet, il a, officiellement, porté le nom de « Campus Universitaire du Lac ». Malgré cet effort de réhabilitation du reste salubre pour l'ESU et la jeunesse, ce bâtiment, encore en délabrement, n'est pas adapté à servir de site universitaire digne.

²³ L. N. SAFOULANITOU, L. N. NDEFFO et al., *Enseignement supérieur en Afrique francophone. Crises, réformes et transformations. Etude comparative entre le Congo, le Cameroun, la Côte d'Ivoire et le Burkina Faso*, Dakar, CODESRIA, 2009, p.2.

Il est donc vital que le gouvernement multiplie des actions développeuses du secteur supérieur du système éducatif congolais à l'exemple de celle de la construction de l'Université de Kindu, de la modernisation des Universités de Kinshasa, de Kisangani et de Lubumbashi en vue de sauver l'ESU de la mévente qui le renvoie impitoyablement au tapis ; qu'une bibliothèque, un atelier et un laboratoire interuniversitaires, fruits de la coopération entre établissements et/ou avec tiers soient mis sur pied afin de sauver l'ESU du péril dont il peine à masquer, surtout dans ce domaine où la culture du livre qui peine à s'installer, disparaît à petit feu. Un tel partenariat produirait des retombées positives telles que la réduction du prix d'abonnement, l'achat commun des livres version papier et électronique, la diversité des ouvrages selon qu'il y a des filières et parcours organisés dans nos établissements, la conciliation des théories apprises avec la pratique par l'expérimentation,... Le comble est que chaque établissement veut voler de ses propres ailes, évoluer en vase clos et donc dans un système compétitif, sans les préalables d'infrastructures, d'équipements et de matériels didactiques que le Gouvernement reconnaît à travers l'annuaire statistique de l'enseignement supérieur et universitaire de l'année académique 2009-2010²⁴. Tous ces maux et bien d'autres ralentissent l'arrimage de nos établissements aux standards internationaux dans une société pourtant mondialisée.

3.2 CULTURE ETHNICISTE

Un des dangers on ne peut plus exécrables qui aigrissent notre société est l'ethnicisme. Nombreuses nations qui l'ont ensemené ont été fragilisées au fil des temps. Cet ignominieux phénomène et couveuse de la médiocrité à l'enseignement supérieur est, contre toute expectative, célèbre et placé au premier plan de la gouvernance des établissements d'ESU dans la ville de Goma particulièrement. De manière générale, l'ethnicité peut présenter des aspects positifs et négatifs : elle peut être un élément central de la socialisation et de construction des identités dans les sociétés fortement communautarisées ; mais elle peut aussi être un élément de division du corps social, voire un outil de ségrégation et de discrimination permettant de priver des groupes ethnicisés de droits ou ressources²⁵. Dans cette dernière perspective, il s'agit bien d'un écueil à résister vivement pour le présent et l'avenir de l'enseignement supérieur congolais, parce que ne peut aucunement induire la coopération entre établissements, et renvoie à la politique de l'exclusion²⁶, sous-jacente à la compétition identitaire et au marchandage des diplômes. Il est donc important de disposer d'un système d'enseignement supérieur de qualité, tout comme c'est un impératif de disposer des ressources diversifiées et compétentes, car la conjugaison de ces deux facteurs peut induire l'envol d'une nouvelle génération d'établissement d'enseignement supérieur au pays.

Cette culture obscurantiste est rédhibitoire à la solidarité entre établissements d'ESU dont les produits y sont conduits avec une perfide et admirable adresse de leurs groupes ethniques d'appartenance. On ne saurait, cependant, négliger les facteurs sociopolitiques. Les établissements d'ESU, en effet, ont souvent été à la fois un espace des luttes tribales ethniques et un enjeu de taille des luttes politiques. Le rabâchage des soulèvements des étudiants à la solde des manipulateurs socio politiques au campus universitaires du lac doublé des arrêts brusques et à répétition des cours, sont généralement une expression cachée de problèmes sociopolitiques indubitablement complexes.

Dans le secteur d'enseignement, le choix des professeurs à inviter est généralement fonction de l'appartenance au groupe sociologique de l'initiateur ou de celui qui est à la commande de l'établissement. Fort de cette pratique parochiale, des expertises spécialisées et compétentes sont lâchement éliminées au profit de la médiocrité au nom de l'ethnicité. Pourtant, le besoin d'un enseignement supérieur diversifié et accessible pour des étudiants diversifiés²⁷ est pressant. Cela voudrait signifier deux choses : pas de sélection sur la base du milieu économique d'origine et pas de sélection basée sur des questions de race, d'origine ethnique, de religion ou de sexe²⁸. Il en est de même dans le secteur de la recherche où des conférences, des journées scientifiques, des projets de recherche sont rarement revêtus du caractère hétéroclite par rapport aux intervenants, participants et bénéficiaires. Plus fort encore, le service à la collectivité est devenu le service à l'ethnie. Cet

²⁴ Lire pour approfondissement, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO, *Annuaire statistique de l'Enseignement Supérieur et Universitaire, Année académique, 2009-2010, préface, p.I.*

²⁵ O. NAY et al., *Lexique de science politique. Vie et institutions politiques*, Paris, Dalloz, 2011, p.209.

²⁶ S. TSHIKOJI MBUMBA, *De la bonne gouvernance, Appel à un nouvel ordre éthique du pouvoir en Afrique*, Kinshasa, CERDAF, 2001, p.86 ; pour une argumentation similaire, lire M. MARTINIELLO, *L'ethnicité dans les sciences sociales contemporaines*, Paris, PUF, 1995, p.11.

²⁷ M. VUKASOVIĆ, « Perspectives des étudiants sur l'enseignement supérieur en tant que facteur dans la création de sociétés du savoir », in *Enseignement supérieur en Europe*, Vol. XXVIII, n°1, 2003, p.80.

²⁸ Idem, p.81.

ethnocentrisme est loin d'être transcendé et tend même parfois à définir les gestionnaires et leurs établissements ainsi que les étudiants. Pourtant, depuis toujours, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et Universitaire demeure préoccupé par la bonne gouvernance et l'assurance-qualité des institutions d'enseignement et de recherche. Ceci constitue un grand défi à relever. Ce pari ne peut être gagné que si les animateurs connaissent, maîtrisent et appliquent de façon rigoureuse les textes régissant les institutions à leur charge²⁹.

Cette incessante admission de la composante culturelle dans la gouvernance des établissements d'ESU, mieux, cette attitude privilégiant les caractéristiques de son groupe ethnique par rapport aux autres groupes sociologiques est préjudiciable à la coopération, qui ambitionne bâtir le système éducatif supérieur sur des principes pluralistes ou multi culturalistes qui permettent de concéder la diversité des compétences selon les communautés d'appartenance plutôt qu'un tremplin à la compétition entre établissements qui, au comble de tout, ne sont nullement dans les conditions de viabilité. Pourtant, la légitimité des sociétés démocratiques est fondée sur le principe de citoyenneté. Ces sociétés intègrent leurs membres par la citoyenneté commune en dépassant leurs diversités concrètes, en transcendant leurs particularismes³⁰. Plus percutant, c'est le communautarisme qui pose pour principe que les individus s'épanouissent au contact de leur communauté d'appartenance et qu'il est dangereux, à cet effet, de les réduire à une conception universelle qui les isole de la vie commune³¹. Disons-le tout net, aussi longtemps que la culture ethnociste renverra la construction du pluralisme social au tapis, la qualité de l'enseignement ainsi que de ses produits ne manqueront pas d'en subir les effets de la nocivité. Nous sommes donc tenté d'affirmer, au regard de nos analyses, que la réciprocité sociale n'est pas le territoire favorable aux établissements d'ESU dans la ville de Goma, voués, pour la plupart, à l'entretien d'un îlot identitaire à quelques exceptions près des hommes à la conscience communautaire.

4 CONCLUSION : COOPÉRER POUR RÉUSSIR ENSEMBLE

Il y a lieu d'éviter aux établissements d'ESU le chemin de la contention sur lequel les écueils à la coopération rappelés ci-haut semblent assurément les y orienter, coiffés, improductivement, des appels incantatoires du Ministère de tutelle à la coopération. Il s'agit bien, pour reprendre Philippe Braud, de tuer dans l'œuf tout processus de désordre³² au profit d'un système coopératif transcendant le gouffre de la culture parochiale et moyenâgeuse, sous-jacente au sous-développement du secteur. Intrinsèquement, il s'agit de préserver les établissements d'ESU d'un destin tragique dont le risque est imminent. Si rien n'est fait à temps, la qualité de l'enseignement et des diplômes volerait en éclats. Sinon, toute action contraire porterait la signature du péril du système éducatif supérieur et universitaire congolais. Nos établissements sont donc appelés à être vigilants en termes de réciprocité sociale et conditions de leur viabilité, et plus inventif dans les domaines de coopération afin d'éradiquer la mévente déjà ancrée dans l'opinion tant locale, nationale qu'internationale, et ainsi s'émanciper de la culture ethnociste en vue de réussir ensemble. Par-delà, les responsables, les chercheurs, les apprenants et les diverses parties prenantes travailleront en synergie et agiront ensemble pour former des véritables agents du développement, c'est-à-dire des employés plutôt que des employeurs.

Nous voudrions bien fournir, dans cette note, une triple réalité des établissements d'ESU dans la ville de Goma particulièrement, qui n'est d'ailleurs qu'un cliché au regard de ce que Augustin Bashwira nous apprend déjà au sujet du système éducatif supérieur congolais : la baisse de la qualité de l'enseignement supérieur et universitaire [...] constitue le principal problème auquel se trouvent aujourd'hui confrontés les dirigeants des universités, les corps enseignants, les décideurs publics, les employeurs des diplômés, les étudiants et leurs familles³³. Premièrement, il existe un rapport entre l'enseignement supérieur et universitaire et le développement de la société, même si le niveau de corrélation entre l'un et l'autre est péniblement calculable. Ainsi, renchérit Léon de Saint Moulin, les problèmes de l'enseignement supérieur en RDC sont étroitement liés aux problèmes généraux de la société³⁴, caractérisée par l'absence d'organisation globale,

²⁹ COMMISSION PERMANENTE DES ETUDES, *op. cit.*, préface, p.5.

³⁰ R. BOUDON, P. BESNARD et al., *Dictionnaire de sociologie*, Paris, Larousse, 1999, p.30.

³¹ O. NAY et al. *op. cit.*, p.79.

³² P. BRAUD, *Sociologie politique*, Paris, LGDJ, 2011 p.474.

³³ A. BASHWIRA, « Evolution de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo : modèles conceptuels », in *Les Actes du forum universitaire kivutien sur la qualité de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo, tenu au Centre Olame du 24 au 26 juillet 2002, Bukavu, CERUKI, octobre 2004*, p.8.

³⁴ L. SAINT MOULIN (De), *art. cit.*, p.495.

l'inadéquation entre les fins, les moyens et les objectifs³⁵. Tant que ce secteur restera inapte à produire des femmes et des hommes avec capacité requise de transformation positive de leur environnement immédiat ou adepte de l'hédonisme, la société demeurera dans le sous-développement trop longtemps décrié.

Deuxièmement, la qualité de l'enseignement supérieur ne se mesure pas à la proportion du nombre de professeurs ni à l'essaimage des établissements d'ESU à travers le territoire national. En réalité, il s'agit plutôt pour les Congolais de privilégier le critère qualitatif (enseignants qualifiés et compétents, conditions de travail et salariale décentes, conscience professionnelle éveillée, coopération) doublé du critère quantitatif (proportion des ressources humaines suffisantes et compétentes, infrastructures adéquates, équipements et matériels didactiques d'appoint) au regard des demandes et de la grandeur du pays à la faveur de la réinvention d'un système éducatif supérieur fertilisant et valorisant la qualité des produits des universités et instituts supérieurs. C'est l'enseignement élitiste plutôt que la formation de masse qui mérite tout son pesant d'or dans ce pays aux innombrables universitaires généralement improductifs et sans capacité novatrice pour l'essor de la société.

Troisièmement, enfin, la RDC pourrait avantageusement s'inspirer des exemples importés des pays significativement avancés dans le secteur de l'enseignement supérieur, sans prétendre faire la greffe de leur système éducatif supérieur, mais plutôt pour seulement se forger son propre système éducatif supérieur qui tienne compte des réalités intrinsèques du dedans, en arrimage avec le dehors, c'est-à-dire les standards internationaux à cette ère de la mondialisation. Parce que, affirme Kasonia Kirarahumu, de plus en plus, on a remarqué une inadéquation entre la formation dispensée au niveau supérieur et les besoins de la société. Loin d'être un outil efficace pour accélérer les projets de la société, l'ESU est devenu presque comme un produit de consommation pour les cadres académiques et administratifs³⁶. Cette approche en termes de partenariats et/ou coopération est susceptible de montrer que le développement des établissements d'ESU, dans la ville de Goma, dépendrait aussi de la capacité des acteurs locaux à savoir identifier les forces et les faiblesses de leurs établissements, formuler de nouveaux projets et gérer leurs ressources en commun. Pour y arriver, il convient que ces acteurs partagent en commun un minimum d'objectifs et de références, ce qui souligne explicitement le rôle de la mutualisation interuniversitaire. C'est à ces conditions, au dosage coopératif et multi culturaliste, que l'ESU pourrait se prévaloir induire la qualité de ses produits finis.

³⁵ B.VERHAEGEN, *L'enseignement supérieur au Zaïre : de Lovanium à l'UNAZA, 1958-1978*, L'Harmattan/ CEDAF/CRIDE, Paris/Bruxelles/Kisangani, 1978, p.120.

³⁶ KASONIA KIRARAHUMU, *art. cit.*, pp.156-157.

REFERENCES

- [1] AHADI SENGE et KASEREKA KABAYA, « L'Université et ses fonctions sociales à Goma : essai d'évaluation des actions de l'Université de Goma », in *Revue de l'IRSA*, n°13, Kisangani, Presses Universitaires de Kisangani, mai 2008, pp.165-174.
- [2] BASHWIRA A., « Evolution de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo : modèles conceptuels », in *Les Actes du forum universitaire kivutien sur la qualité de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo, tenu au Centre Olame du 24 au 26 juillet 2002*, Bukavu, CERUKI, octobre 2004, pp.8-18.
- [3] BONGA T., « Le principe de la solidarité comme condition fondamentale de l'émergence de la République Démocratique du Congo », in *Congo-Afrique*, n°502, Kinshasa, CEPAS, février 2016, pp.113-129.
- [4] BOUDON R., BESNARD P. et al., *Dictionnaire de sociologie*, Paris, Larousse, 1999.
- [5] BRAUD P., *Sociologie politique*, Paris, LGDJ, 2011.
- [6] CASTER S. (De), *Sociologie de l'éducation*, Bruxelles, IS, 1970.
- [7] COMMISSION PERMANENTE DES ETUDES, *Vade-mecum du gestionnaire d'une Institution d'Enseignement Supérieur et Universitaire en République Démocratique du Congo*, 3^{ème} édition, Kinshasa, Editions de la CPE, 2014.
- [8] KASAY KATSUVA A., « Quelques considérations sur les études universitaires organisées au Kivu d'altitude et leur pertinence dans le processus de développement régional », in *Les Actes du forum universitaire kivutien sur la qualité de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo, tenu au Centre Olame du 24 au 26 juillet 2002*, Bukavu, CERUKI, octobre 2004, pp.68-79.
- [9] KASONIA KIRARAHUMU, « La prolifération des Etablissements d'enseignement supérieur et universitaire à Goma : états de lieux et perspectives d'avenir », in *CSSAP*, n°2, Goma, Presses de l'Université de Goma, septembre 2014, pp.153-170.
- [10] LEGGE L.D., « L'Université et son rôle d'innovation dans la société », in *Cahiers de l'Association Internationale des Universités*, n°12, 1973, pp. 71-91.
- [11] LUBALA KASI, « Médiocrité intellectuelle des tiers instruits dans la région des grands lacs africains », in *Les Actes du forum universitaire kivutien sur la qualité de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo, tenu au Centre Olame du 24 au 26 juillet 2002*, Bukavu, CERUKI, octobre 2004, pp.26-34.
- [12] MARTINIELLO M., *L'ethnicité dans les sciences sociales contemporaines*, Paris, PUF, 1995.
- [13] MONIERE D. et GUAY J.H., *Introduction aux théories politiques*, Montréal, Québec/Amérique éditeur, 1987.
- [14] MUYEMBE TANFUM J.-J., « Savoir partager le savoir pour sauver l'humanité de l'épidémie de l'Ebola », in *Congo-Afrique*, n°497, Kinshasa, CEPAS, septembre 2015, pp. 600-606.
- [15] NAY O. et al., *Lexique de science politique. Vie et institutions politiques*, Paris, Dalloz, 2011.
- [16] NGUB'USIM R., « La relève du corps enseignant à l'Unikin et à l'ESU (Enseignement Supérieur et Universitaire) public congolais », in *Congo-Afrique*, n°467, Kinshasa, CEPAS, septembre 2012, pp.498-514.
- [17] OBENGA T., *Université africaine dans le cadre de l'Union Africaine*, Paris, Pyramide Papyrus Presse, 2003.
- [18] OTEMIKONGO MANDEFU et LONGOLI MOKOMBOLI, « Partenariat éducatif à l'Université de Kisangani », in *Revue de l'IRSA*, n°10, Kisangani, Presses Universitaires de Kisangani, Décembre 2004, pp. 136-143.
- [19] OTEMIKONGO MANDEFU et LUSUMBE BONDONDO, « Politique d'essaimage des Etablissements d'enseignement supérieur et universitaire dans la ville de Kisangani » in *Revue de l'IRSA*, n°7-8, Kisangani, Presses Universitaires de Kisangani, novembre 2001, pp.65-79.
- [20] République Démocratique du Congo, *Annuaire statistique de l'Enseignement Supérieur et Universitaire*, Année académique, 2009-2010.
- [21] SAFOULANITOU L. N., NDEFFO L. N. et al., *Enseignement supérieur en Afrique francophone. Crises, réformes et transformations. Etude comparative entre le Congo, le Cameroun, la Côte d'Ivoire et le Burkina Faso*, Dakar, CODESRIA, 2009.
- [22] SAINT MOULIN L. (De), « La répartition et les défis de l'enseignement supérieur en RD Congo », in *Congo-Afrique*, n° 467, Kinshasa, CEPAS, septembre 2012, pp.486-497.
- [23] SEDDOH K. F., « Le développement de l'enseignement supérieur en Afrique », in *Enseignement supérieur en Europe*, Vol. XXVIII, n°1, 2003, pp.32-43.
- [24] TSHIKOJI MBUMBA S., *De la bonne gouvernance, Appel à un nouvel ordre éthique du pouvoir en Afrique*, Kinshasa, CERDAF, 2001.
- [25] VERHAEGEN B., *L'enseignement supérieur au Zaïre : de Lovanium à l'UNAZA, 1958-1978*, L'Harmattan/CEDAF/CRIDE, Paris/Bruxelles/Kisangani, 1978.
- [26] VUKASOVIĆ M., « Perspectives des étudiants sur l'enseignement supérieur en tant que facteur dans la création de sociétés du savoir », in *Enseignement supérieur en Europe*, Vol. XXVIII, n°1, 2003, pp.78-82.
- [27] ZANONE P.-G., *Initiation à la Recherche*, Toulouse III, Université Paul Sébastien, 2012-2013.

Les mathématiques entre le fondamental (l'intelligible) et l'appliquée (le sensible)

[The mathematics between the fundamental (intelligible) and the applied (sensitive)]

Omar TAITAI

Laboratoire Interdisciplinaire de la Recherche en Ingénierie Pédagogique,
École normale supérieure, Université Abdelmalek Essaadi, Maroc

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

ABSTRACT: As the human being is curiously fascinated by the domination, more particularly; the scientists use the mathematics so as to provide an intrinsic description of the universe and why not making the related forecasts. The obtained results from the application of the mathematics in the physical world are wonderful; nonetheless, the mathematics theories are separately developed from the real world. It is therefore the agreement and disagreement between a discipline created by the human though regardless of any experience and the real world, that will be reviewed and attempted to be highlighted, in accordance with the vision of the philosopher mathematicians who had marked the history of the mathematics via the brilliant interventions either on philosophical or mathematical fields. To this end, this paper will be devoted to explain the intellectual conflict between the intellectual and the sensitive world from mathematical side.

KEYWORDS: mathematics, history of mathematics, mathematical philosophy, intellectual conflict.

RÉSUMÉ: L'homme, en générale, est fasciné par l'explication et la domination; plus particulièrement les scientifiques qui utilisent les mathématiques pour donner une description intrinsèque du monde et pourquoi ne pas faire des prévisions. A savoir que les résultats qui se sont tirés des mathématiques dans leurs applications au monde physique sont extraordinaires, néanmoins des théories mathématiques se développent indépendamment d'une description du monde; c'est donc l'accord et le désaccord, entre une discipline créée par la pensée humaine indépendamment de toute expérience et le monde réel, qui sont mises en cause et qu'on essaiera d'y répondre selon la vision des philosophe mathématiciens qui ont marqué l'histoire des mathématiques par des brillantes interventions que ça soit dans le domaine mathématique ou philosophique. Pour expliquer ce conflit intellectuel, qui a bien marqué cette histoire, on essaiera de donner le rapport entre l'intellectuel et le monde sensible au point de vue mathématiques.

MOTS-CLEFS: Mathématique, Histoire des mathématiques, Philosophie des mathématiques, Conflit intellectuel, Courants mathématiques.

« La nature est écrite en langage mathématique¹ »

Galilée

¹ Pour la Science. L'Univers est-il mathématique ? édition 15 juin 2010

MATHEMATIQUES ET REALITE UNION ET DIVORCE

DIVORCE ENTRE MATHÉMATIQUES ET RÉALITÉ

Einstein disait : « Pour autant que les propositions de la mathématique se rapportent à la réalité, elles ne sont pas certaines, et pour autant qu'elles sont certaines, elles ne se rapportent pas à la réalité² »

Prenons la deuxième proposition d'Einstein qui tourne sur l'objectivité des mathématiques. Il nous dit qu'elles ne se rapportent pas à la réalité même s'elles sont certaines ; ce n'est pas l'opinion du sens commun, et ce n'est même pas l'opinion – nous rappel Platon – des géomètres. Ainsi les mathématiques se rapportent à la réalité si elles se rapportent vraiment à l'utilité pratique dans la vie quotidienne. Les mathématiques permettent de mesurer et de calculer ce qui est tout à fait utile à la vie. Mais c'est là Platon dans la « République³ » intervient en expliquant que cela n'est pas le caractère essentiel ni la finalité des mathématiques car elles ne sont relatives qu'à des images et des figures que le géomètre est obligé de tracer dans le sable à l'époque d'Euclide ou sur papier. autrement dit, elles se rapportent à une image sensible et elles ne peuvent donc correspondre aux réalités en soi – aux essences – et ce n'est selon lui que la philosophie qui peut atteindre cette essence ou la réalité de l'idée en se basant sur la dialectique. Ainsi lorsqu'elle atteint la réalité, la dialectique redescend à toutes les conséquences. avec Kant qui nie ce rapport entre mathématique et réalité. à cet égard, il revient à la philosophie en déclarant qu'elle reste limitée au champ de l'expérience possible car toutes les vérités philosophiques se rapportent au domaine de l'expérience c'est à dire à la réalité. la philosophie selon lui se rapporte nécessairement à la réalité empirique mais pas les mathématiques qui sont capables d'aller au-delà de ce champ et de construire toujours de nouveau concept purement *apriori* purement *intellectuel* qui ne se rapporte pas à la réalité.

L'UNION ENTRE MATHÉMATIQUE ET RÉALITÉ

En vertu de leurs certitudes démontrées dans ce qui précède, ce serait un rêve que les mathématiques se rapportent bien à la réalité ; c'est le projet Cartésien qui universalise le raisonnement déductif des mathématiques à toutes les réalités. Ainsi on peut appliquer cette déduction indépendamment de toute situation réelle. Dans tous les domaines y compris l'opinion, ce que Descartes appelle le vulgaire, il faudrait pouvoir adapter à l'esprit humain, selon ce philosophe, un raisonnement mathématique ; en partant de l'évidence indubitable de cogito, il faudrait pouvoir déduire méthodiquement, comme en mathématiques, toutes les vérités dont on postule qu'elles sont aussi nécessairement enchaînées que les vérités mathématiques. Ainsi aucune vérité ne puisse rester ignorée. Mais il ne s'agit pas simplement d'imaginer, comme dans un rêve, que la science soit certaine sur le modèle des mathématiques : il faut élever les mathématiques ou les rendre science universel qui, en vertu de son caractère prototypique et exemplaire, deviennent réellement les clés de toutes les autres sciences. Cette mathesis universalis⁴ rêvée par Descartes, est rendue possible par la mise en œuvre de la géométrie algébrique dont il pose les principes dans sa géométrie. Par la méthode des coordonnées dans un repère orthonormé, il devient possible de définir algébriquement n'importe quelle figure géométrique dans une fonction $y=f(x)$. Ainsi les lettres introduites dans le calcul algébrique pouvant représenter n'importe quelle valeur : la position d'un point, une masse, un temps, un taux de croissance, une vitesse de sédimentation etc. Alors on peut passer à la première proposition d'Einstein c'est à dire si ce projet peut s'effectuer dans la réalité : à partir de cette révolution Galileo- Cartésienne, il y a une redéfinition de ce qui peut être nommé *objets mathématiques* donc ils ne sont plus des nombres, des figures ou des idées abstraites au contraire, selon Descartes n'importe quelle réalité peut être nommée par objet mathématique ; c'est à dire un objet que l'on peut appliquer le raisonnement déductif et démonstratif des mathématiques. ainsi Galilée a pu annoncer que : « le livre de la nature est écrit en langage mathématique⁵ » et plus tard Max Planck (1858- 1947) « Est réel ce qu'on peut mesurer ».

² <http://sos.philosophie.free.fr/math.htm>

³ Dialogue de Platon portant principalement sur la justice dans l'individu et dans la Cité. La mathématique ne correspond pas à la réalité en soi mais elle l'a dépassé.

⁴ Le terme a été utilisé par Descartes dans les *Regulae* pour indiquer sa méthode : projet typique du rationalisme classique, fondée sur l'idée qu'il y a un ordre universel totalement accessible à la raison

⁵ Plus précisément : « La philosophie est écrite dans cet immense livre qui se tient toujours ouvert devant nos yeux, je veux dire l'univers, mais on ne peut le comprendre si l'on ne s'applique d'abord à en comprendre la langue et à connaître les caractères avec lesquels il est écrit. Il est écrit dans la langue mathématique et ses caractères sont des triangles, des cercles et autres figures géométriques, sans le moyen

Autrement dit toute la réalité devient mathématiques. Même au 17^{ème} siècle, un philosophe nommé Spinoza (1632- 1677) a écrit un livre de morale en langage mathématique, dans son éthique on trouve des théorèmes et postulats « Éthique démontrée suivant l'ordre géométrique⁶ ». Ajoutons que non seulement la science moderne est mathématique dans tous ces domaines et que toutes réalités est connues par le calcul mis en équation, mais que la science ne donne pas raison de la réalité par le calcul. La science raisonne le réel en le soumettant constamment ,non seulement à une représentation objective dans une équation, mais a une élaboration effective qui provoque le réel à répondre à l'efficacité que l'on peut attendre de lui dans nos prévisions .les mathématiques dans le processus technique dans lequel elles s'appliquent, ne se rapportent pas seulement à la réalités mais elles la domine .la question de la certitude et de la vérité s'imposent; il faut poser le principe de la relativité des mathématiques et des sciences .ce problème n'a pas attendu Einstein pour être vu .c est déjà la critique que Platon adressée aux mathématiques car, selon lui , c'est une science hypothétique puisqu' elles partent de définitions, d'axiomes ou de postulats qui ne sont pas démontrés pour tirer des conclusions sans rendre raison de leurs principes et démontrer des hypothèses ou des évidences premières. C'est ce que d'Alembert (1717- 1783) encore en 18^{ème} siècle a provoqué comme le scandale de la géométrie et que ce sur quoi elle repose n'est pas démontrée .si le savoir fondé par les mathématiques suppose une fondation qui ne peut être fondée, c'est tout ce qui est basé sur elle risque de s'effondrer .au 19^{ème} siècle, des mathématiciens géomètres comme Riemann (1826-1866) Lobatchevski (1792- 1856) ont montré d'ailleurs que le postulat d'Euclide⁷ et toutes les conclusions tirés n'étaient valables que dans l'espace plan de la géométrie euclidienne et que l'on pouvait faire d'autres postulats qui donnaient d'autres systèmes cohérents. La vérité n'est plus donc une certitude absolue ou une évidence inébranlable, mais elle devient relative cohérente de manière interne mais pas absolument. Cela nous conduit à dire que même si les résultats des mathématiques sont certaines, mais cette certitude est-elle le dernier mot de la vérité ? La raison dernière apportée par la démonstration mathématique et le calcul délivre la pensée de l'effort de méditer et d'interroger le sens de la réalité phénoménal du monde et de l'existence humaine. D'où la phrase provocatrice de Heidegger (1917–1976) « la science ne pense pas⁸ » elle ne pense pas puisqu'elle calcule.

CONCLUSION

Les mathématiques est d'une part une vérité à part entière indépendante de toutes expériences, comme l'a montré, Kurt Gödel en 1931 dans une théorie axiomatique suffisamment riche pour contenir l'arithmétique, il existait des propositions que l'on ne pouvait ni prouver ni réfuter, bref des propositions dont la vérité était indécidable. Ce qui voulait dire que, pour statuer sur la vérité de certaines propositions mathématiques, il fallait sortir du cadre formel des axiomes et des règles. Les mathématiques ne pouvaient plus être considérées comme un système clos fermé sur lui-même. d'autre part, une vérité liée au monde sensible avec une étroite relation avec le réel et c'est le platonisme mathématique qui est mis en évidence la dessus .on finira de dire que certes la mathématique est une science rigoureuse et bien soignée vue son enchainement logique et sa construction rationnelle basée sur des axiomes et des postulats ,qui devront être bien établie pour qu' en n' aboutisse pas à une contradiction .toutefois quel que soit les réponses certaines que les mathématiques apportent au questionnement sur le réel, elles laissent ainsi à la philosophie le soin et le souci d'interpréter inépuisablement le sens.

desquels il est humainement impossible d'en comprendre un mot. Sans eux, c'est une errance dans un labyrinthe obscur. » (L'essayeur de Galilée, Christiane Chauviré, p. 141

⁶ les Principes de la philosophie de Descartes : elles fournissent des exemples, des références, un langage d'exposition.

⁷ Dans "Les éléments d'Euclide ", on trouve en particulier les cinq postulats qui fondent les bases de la géométrie.

Les 5 postulats d'Euclide

1. Un segment de droite peut être tracé en joignant deux points quelconques.
2. Un segment de droite peut être prolongé indéfiniment en une ligne droite.
3. Étant donné un segment de droite quelconque, un cercle peut être tracé en prenant ce segment comme rayon et l'une de ses extrémités comme centre.
4. Tous les angles droits sont congruents.
5. Si deux lignes sont sécantes avec une troisième de telle façon que la somme des angles intérieurs d'un côté est inférieure à deux angles droits, alors ces deux lignes sont forcément sécantes de ce côté.

⁸ Martin Heidegger Essais et conférences LA QUESTION DE LA TECHNIQUE [1953] Éd. Gallimard, trad. André Préau, 1958, p. 9

REFERENCES

- [1] Abdelkader Bachta. Université de Tunis. Article : Les mathématiques chez Platon et Kant.
- [2] Albert Blanchard, Paris, 1974. Extraits : Pages 127-139.
- [3] ANNA SIERPINSKA. Concordia University, Mathematics & Statistics – Canada. article : entre l'idéal et la réalité de l'enseignement de mathématique.
- [4] Cardano, Girolamo (1501-1576). Livre GRUNDLAGEN DER GEOMETRIE, Hieronymi Cardani Medici Mediolanensis
- [5] Ferdinand Gonseth 1936 Réédition: Librairie Scientifique et Technique
- [6] Jacques Le Febvre. département des mathématiques et informatique UQUAM. Article : la démonstration mathématique dans l'histoire. première partie : Tout ou rien.
- [7] La proposition 47, du livre I des « Eléments » d'Euclide
- [8] Les Mathématiques et la réalité : Essai sur la méthode axiomatique
- [9] les Principes de la philosophie de Descartes : elles fournissent des exemples, des références, un langage d'exposition.
- [10] L'essayeur de Galilée, Christiane Chauviré, p. 141
- [11] Livre I de "Les éléments d'Euclide",
- [12] Livre VII de la République de Platon, Page 270
- [13] Pourquoi le monde est-il mathématique ? de John D. BARROW. Traduit de l'italien par Béatrice Propetto Marzi. Éditions Odile Jacob (Opus), 1996. Titre original : Perché il mondo è matematico ? (Laterza, 1992).
- [14] Règles pour la direction de l'esprit René Descartes, Texte de l'édition Victor Cousin
- [15] Rudolf Bkouche. IREM de Lille. Article : La démonstration: du réalisme au formalisme.
- [16] <http://www.kodon.fr/la-question-de-la-technique-avec-martin-heidegger/>
- [17] <http://www.maths-et-tiques.fr/index.php/histoire-des-maths/mathematiciens-celebres/pythagore>
- [18] <http://www.maths-et-tiques.fr/index.php/histoire-des-maths/mathematiciens-celebres/archimede>
- [19] <http://www.maths-et-tiques.fr/index.php/histoire-des-maths-53>
- [20] <http://www.sphere.univ-paris-diderot.fr/spip.php?rubrique94>
- [21] <http://zone-telecharger.fr/france/comprendre+les+math+matiques/>
- [22] <https://methodos.revues.org/2365>

IMPACT DES ACTIVITES ANTHROPIQUES SUR LES ZONES HUMIDES DES RIVIERES KAMBO ET LONGMAYAGUI (DOUALA)

[IMPACT OF ANTHROPOGENICS ACTIVITIES ON THE WETLANDS OF KAMBO AND LONGMAYAGUI RIVERS (DOUALA)]

*Gildas Parfait NDJOUONDO¹, Marie Louise BA'ANA ETOUNDI², Roland Didier NWAMO⁴, Henri FANKEM¹, and Siegfried
Didier DIBONG¹⁻³⁻⁴*

¹Département de Biologie des Organismes Végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala, B.P. 24157 Douala, Cameroun

²Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Douala, B.P. 3132 Douala, Cameroun

³Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroun

⁴Département d'Aquaculture, Institut des Sciences Halieutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroun

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

ABSTRACT: Demographic change is responsible for the degradation of wetlands Douala. The overall objective of the study is to analyze the impact of uncontrolled human impact on the lives of people and vegetation located in the neighborhoods of Kambo and Longmayagui rivers (Douala). Interviews with heads of district and surveys of the local population have been made. In total 1 314 boxes were counted (125 boxes in Kambo and 1 189 boxes in Longmayagui). Seventy-five people were surveyed in Kambo (60 %) and 450 people in Longmayagui (37.84 %). The local population is mainly originally from western Cameroon. The main reason she moved into these areas is poverty. She practices mainly agriculture on the banks of Longmayagui and Kambo rivers and dump all their waste into rivers. The plants are invasive and regularly cleared it. These plants are useful to local residents for food and traditional medicine. The management of these areas is not a matter for policy makers but each riparian without any help is doing in managing its space. The interviews and surveys have highlighted the complexity of interactions between actors. Respondents are aware: they identify the environmental, social, political and territorial raised by the management of risk areas.

KEYWORDS: anarchic anthropisation, wetlands, Kambo, Longmayagui, Douala.

RÉSUMÉ: L'évolution démographique est responsable de la dégradation des zones humides de Douala. L'objectif général de l'étude est de déterminer l'impact de l'anthropisation anarchique sur la vie des habitants et la végétation situés aux voisinages des rivières Kambo et Longmayagui (Douala). Des entretiens auprès des chefs de quartier et des enquêtes auprès de la population riveraine ont été effectués. Au total, 1314 cases ont été comptées (125 cases à Kambo et 1189 cases à Longmayagui). Soixante-quinze personnes ont été enquêtées à Kambo (60 %) et 450 personnes à Longmayagui (37,84 %). La population riveraine est majoritairement originaire de l'Ouest-Cameroun. La principale raison pour laquelle elle s'installe dans ces zones est la pauvreté. Elle pratique principalement l'agriculture sur la rive des rivières Kambo et Longmayagui et déversent tous leurs déchets dans les rivières. Les plantes y sont envahissantes et régulièrement défrichées. Ces plantes sont utiles aux riverains pour l'alimentation et la médecine traditionnelle. La gestion de ces zones n'est pas l'affaire des décideurs publics mais chaque riverain sans aucune aide se débrouille dans la gestion de son espace. Les entretiens et les enquêtes ont

fait ressortir la complexité des interactions entre les acteurs. Les enquêtés en sont conscients : ils identifient les enjeux environnementaux, sociaux, politiques et territoriaux soulevés par la gestion des zones à risque.

MOTS-CLEFS: anthropisation anarchique, zones humides, Kambo, Longmayagui, Douala.

1 INTRODUCTION

Depuis 1970 jusqu'à ce jour, les agglomérations urbaines africaines, en particulier celles des villes côtières, ont connu une évolution démographique très rapide, mais peu contrôlée, due essentiellement à la natalité, à l'exode rural, à l'industrialisation, à l'évolution des marchés de l'emploi et aux modifications accélérées de la situation culturelle, sociale et politique dans les pays concernés [6]. Les activités anthropiques liées au développement de ces villes exposent les zones humides [9]. La poussée démographique dans les villes camerounaises notamment Douala, entraîne le surpeuplement des quartiers existants avec pour conséquences essentielles, la conquête de nouveaux espaces qui se fait souvent de manière désordonnée et anarchique et la dégradation de l'environnement [3].

La pauvreté grandissante ainsi que la faible capacité d'anticipation des autorités municipales poussent les populations à s'installer spontanément dans les zones non aménagées que constituent les bas-fonds marécageux [3]. Cette installation spontanée provoque une dégradation des milieux aquatiques [1], [2]. Douala est identifiée comme étant une ville où les zones humides sont fortement anthropisées. Les conséquences marquantes qui en résultent sont de deux ordres : les pollutions et les inondations [11]. Qu'elles soient physiques ou chimiques, les pollutions ont deux principales sources dans la ville de Douala, l'habitat et les industries [18]. L'objectif général de l'étude est de déterminer l'impact de l'anthropisation anarchique sur la vie des habitants et la végétation situés aux voisinages des rivières Kambo et Longmayagui à Douala. Les objectifs spécifiques sont de: recenser les dégâts liés à l'anthropisation des zones humides ; inventorier les solutions apportées par les populations concernées.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITES D'ÉTUDE

La ville de Douala (latitude 03 ° 40'-04 ° 11 'N, longitude 09 ° 16'-09 ° 52' E, altitude 13 m) est subdivisée en 11 sous bassins versants [12]. La région étudiée fait partie de la zone à climat équatorial côtier nord. La température moyenne annuelle est de 26,4 °C. Les précipitations montrent que Douala est pluvieux avec des précipitations s'étendant sur 9 mois. Ces précipitations moyennes annuelles sont de 360,83 mm. L'humidité moyenne annuelle est de 78,3 %. L'évaporation moyenne annuelle est de 50,6 %. L'insolation moyenne annuelle est de 109,6 %. Le vent dominant est porteur de la mousson [12]. L'étude s'est déroulée dans les sous bassins versants Kambo et Longmayagui. Kambo couvre les quartiers Yassa, Arir et Cogefar. La rivière Longmayagui couvre les quartiers Logbaba, Diboum, Cité des Billes et Bobongo.

2.2 MISE EN PLACE DE L'ENTRETIEN

Les thématiques abordées ont été choisies en fonction des résultats attendus, qui sont [9]:

- un référentiel sur les sujets abordés spontanément, en relation avec une recherche des connaissances environnementales ;
- un référentiel de termes utilisés en évoquant les phénomènes naturels ;
- la présence d'un sentiment de menace, de peur chez les victimes ; il est relevé également des traumatismes que ces événements ont constitué en relation avec les actions d'information et de sensibilisation existantes ou devant être mises en place.

La technique d'entretien adoptée est dite semi-directive. Pour une plus grande clarté et rapidité d'analyse lors de la passation de l'entretien, les thèmes ont été regroupés en plusieurs points. Chaque point a contenu des sous-rubriques spécifiques qui permettent de balayer un grand nombre de problématiques différentes (de l'héritage à l'environnement proche des enquêtés). Seule une partie des informations issues des entretiens a été retenue dans la détermination du questionnaire. Elles correspondent aux réponses ayant trait à la perception de l'environnement, à la connaissance des risques et à sa gestion.

Les entretiens ont été menés auprès de quatre personnes (deux particuliers et deux chefs de quartiers). Ils ont été enregistrés et retranscrits dans le but d'en faire une analyse textuelle. Les profils des enquêtés ont pesé dans le choix des personnes rencontrées. Les coordonnées des particuliers sélectionnés ont été fournies par les chefs de quartiers. Les chefs de quartiers ont été choisis en fonction de leur sensibilité aux problématiques d'inondation. Ils connaissent le fonctionnement des habitants : les processus physiques en jeu, les facteurs déclenchant et aggravants les inondations ont été identifiés.

Les chefs entretenus ont été sinistrés : leurs maisons ont été touchées lors d'événements catastrophiques. Les entretiens n'ont constitué qu'une étape préliminaire dans cette étude. Les passations ont permis de valider les protocoles mis en place.

2.3 MÉTHODOLOGIE INHÉRENTE AUX QUESTIONNAIRES

Tout comme l'entretien, le questionnaire produit des données verbales. Elle ne se traduit pas forcément sous la forme d'un discours linéaire, mais plutôt sous les traits de données hiérarchisées et codées. Les informations recueillies par le biais d'un questionnaire sont des réactions à des questions posées : pour obtenir des données appropriés aux hypothèses et pour qu'aucune confusion terminologique ne puisse être faite, les références linguistiques ont été maîtrisées. Un travail préparatoire a été engagé ainsi qu'un choix entre les facteurs discriminants ou explicatifs des phénomènes étudiés. Les objectifs qui peuvent être atteints par une passation de questionnaires sont de mettre à jour les déterminants sociaux des pratiques. La détermination sociale est la construction d'une manière de voir le réel, où les facteurs explicatifs deviennent repérables par le croisement entre les indicateurs sociaux et les conduites étudiées.

3 RÉSULTATS

3.1 COMPTAGE DES CASES ET NOMBRE D'ENQUETES

Lors des descentes de terrain, 1314 cases ont été comptées dans la zone inondable des sites dont 125 cases à la rivière Kambo et 1189 à la rivière Longmayagui. A Kambo, les chefs de famille de 75 cases ont consenti à l'enquête, soit un taux d'échantillonnage de 60 % alors qu'à Longmayagui les chefs de famille de 450 cases (37,84 %) ont été enquêtés.

3.2 RISQUE ET VULNÉRABILITÉ

Selon l'orientation du questionnaire, la notion de catastrophe est perçue par les riverains comme un phénomène normal et inévitable. Pour la population enquêtée, 92,16 % ont déjà été victime d'une catastrophe quelque soit la nature contre 7,84 % qui n'ont jamais été victimes d'une catastrophe (Fig. 1a). D'après la nature de cette catastrophe naturelle, 92,16 % sont victimes d'inondation, 1,98 % victimes d'érosion et 1,96 % victimes d'incendie. Les causes de ces inondations sont les pluies (90,20 %). D'autres causes seraient secondairement le drain bouché (3,92 %) ou le débordement du lit du cours d'eau (1,96%) (Fig. 1b). Dans cette zone humide, 98,04 % des enquêtés vivent à proximité du cours d'eau et 1,96 % à proximité d'un drain (Fig. 1c). Les inondations sont très importantes entre juillet et août (98,04 %) et secondairement entre septembre et octobre (1,96) (Fig. 1d). Ces inondations y sont fréquentes (92,16 %) et interviennent chaque fois que la pluie tombe (98,04 %) (Fig. 1e, 1f). Elles se produisent fréquemment le jour ou la nuit (100 %) (Fig. 1g). Les dégâts causés sont multiples mais 88,24 % de ces dégâts sont des biens immobiliers, 5,88 % des pertes en vies humaines et 3,92 % des maladies contractées (Fig. 1h). Selon cette population, 54,90 % de riverains ne veulent pas quitter le quartier, 39,22 % le veulent alors que 5,88 % pensent plutôt à autre chose (Fig. 1i).

3.3 IDENTIFICATION DES QUESTIONNÉS

L'âge des enquêtés varie de 36 à 45 ans (58,82 %) et secondairement de 26 à 35 ans (27,45 %) (Fig. 2a). Ces riverains proviennent considérablement de l'Ouest du Cameroun (50,98 %) (Fig. 2b). Ils ont pour la plupart limités les études au secondaire (70,59 %) (Fig. 2c) et sont mariés (64,71 %) (Fig. 2d). Leur profession est majoritairement le commerce (43,14 %) (Fig. 2e) et leur niveau de revenu varie entre 30 000 à 50 000 FCFA le mois (41,18 %) (Fig. 2f).

3.4 VULNÉRABILITÉ PROPRE À L'INDIVIDU

La pauvreté est la principale raison pour laquelle les personnes s'installent dans ces zones humides. Le questionnaire montre que 58,86 % s'y sont installées à cause des terrains moins chers et 23,53 % à cause du coût du loyer accessible. Les autres facteurs d'installation à savoir la proximité avec le lieu de travail, présence de la famille et l'héritage représentent

seulement 19,60 % (Fig. 3a). Les inondations et leur régularité font peur en premier aux riverains (43,14 %), secondairement à d'autres (37,25 %) alors qu'elles ne font pas peur à 17,65 % (Fig. 3b). Dans cette zone, les riverains sont plus propriétaires terriens (52,94 %) que locataires (47,06 %) (Fig. 3c). 62,15 % des riverains avaient un peu connaissances du risque d'inondation avant leur installation dans la zone, 33,33 % en avaient connaissances et peu n'en avaient pas connaissances (3,92 %) (Fig. 3d).

Plus de la moitié des riverains (52,94 %) vivaient avant leur installation dans la zone, dans un autre quartier de la ville et 47,06 % étaient hors de la ville (Fig. 3e). Parmi eux, 45,10 % sont peu satisfaits de vivre dans leur quartier, 31,37 % ne sont pas satisfaits d'y vivre, 7,84 % y en sont assez satisfaits et très peu (5,69 %) y en sont satisfaits (Fig. 3f). Ils affirment majoritairement que leurs maisons sont exposées (86,27 %), minoritairement que leurs maisons sont peu exposées (7,84 %), extrêmement exposées (1,96 %) et 3,92 % disent que leurs maisons ne sont pas exposées (Fig. 3g). Il est constaté que la modification du cours d'eau est un facteur fréquent qui contribue à augmenter le risque d'inondation (64,71 %). Les autres éléments interviennent périodiquement (coupe des arbres, construction d'infrastructure de transport, élevage et autre) (35,29 %) (Fig. 3h).

3.5 ECOSYSTÈME AQUATIQUE

Certains riverains perçoivent majoritairement la présence des plantes dans leur environnement comme nuisibles (84,31 %). D'autres par contre les trouvent bénéfiques (13,73) et même encore, il y en a qui restent indifférents face à leur présence dans le milieu (1,96) (Fig. 4a). Ces plantes sont coupées tous les mois (47,06 %) par la plupart des riverains et secondairement, 17,65 % déclarent les couper une fois tous les deux mois. Seulement 7,84 % qui laissent ces plantes proliférer jusqu'à 4 mois avant de les couper (Fig. 4b). La façon dont les plantes ont envahi le milieu reste inconnue par 43,14 % des riverains mais 37,25 % déclarent qu'elles ont envahis le milieu il y a plus de 5 ans. Très peu de personnes se prononcent pour une prolifération de moins de 5 ans (7,84 % pour 1 an, 9,80 % pour 3 ans et 1,96 % pour 5 ans) (Fig. 4c). Ces macrophytes sont majoritairement utilisées en alimentation humaine (60,78 %) mais aussi considérablement en médecine traditionnelle (33,33 %) (Fig. 4d). Elles sont très envahissantes et prolifèrent rapidement car 88,24 % de réponses se prononcent pour une prolifération de courte durée. Très peu déclarent une croissance de moyenne durée (7,84 %) et de longue durée (3,92 %) (Fig. 4e).

L'eau de la rivière est utilisée pour diverses activités (43,14 %) mais comme activité connue, elle est utilisée en agriculture (35,29 %). Elle est utilisée aussi en élevage (13,73 %) et en activité ménagère (7,84 %). Avant leur arrivée dans la zone, 54,90 % disent quelle étaient jaune, 25,49 % n'ont aucune idée de son changement car elle est variable, 13,73 % répondent plutôt qu'elle était incolore et pour 5,88 % elle était verte (Fig. 4f). La couleur de l'eau se dégrade davantage en saison des pluies (56,86 %). D'autres par contre perçoivent ce changement de couleur avec l'arrivée en saison sèche (43,14 %) (Fig. 4g). 66,67 % utilisent les produits pour détruire les végétaux qui jonchent les alentours de leurs maisons (Fig. 4h). Les produits utilisés sont majoritairement non chimiques et même naturels (15,69 %) mais d'origines diverses. Seulement 1,96 % utilisent les produits chimiques (Fig. 4i).

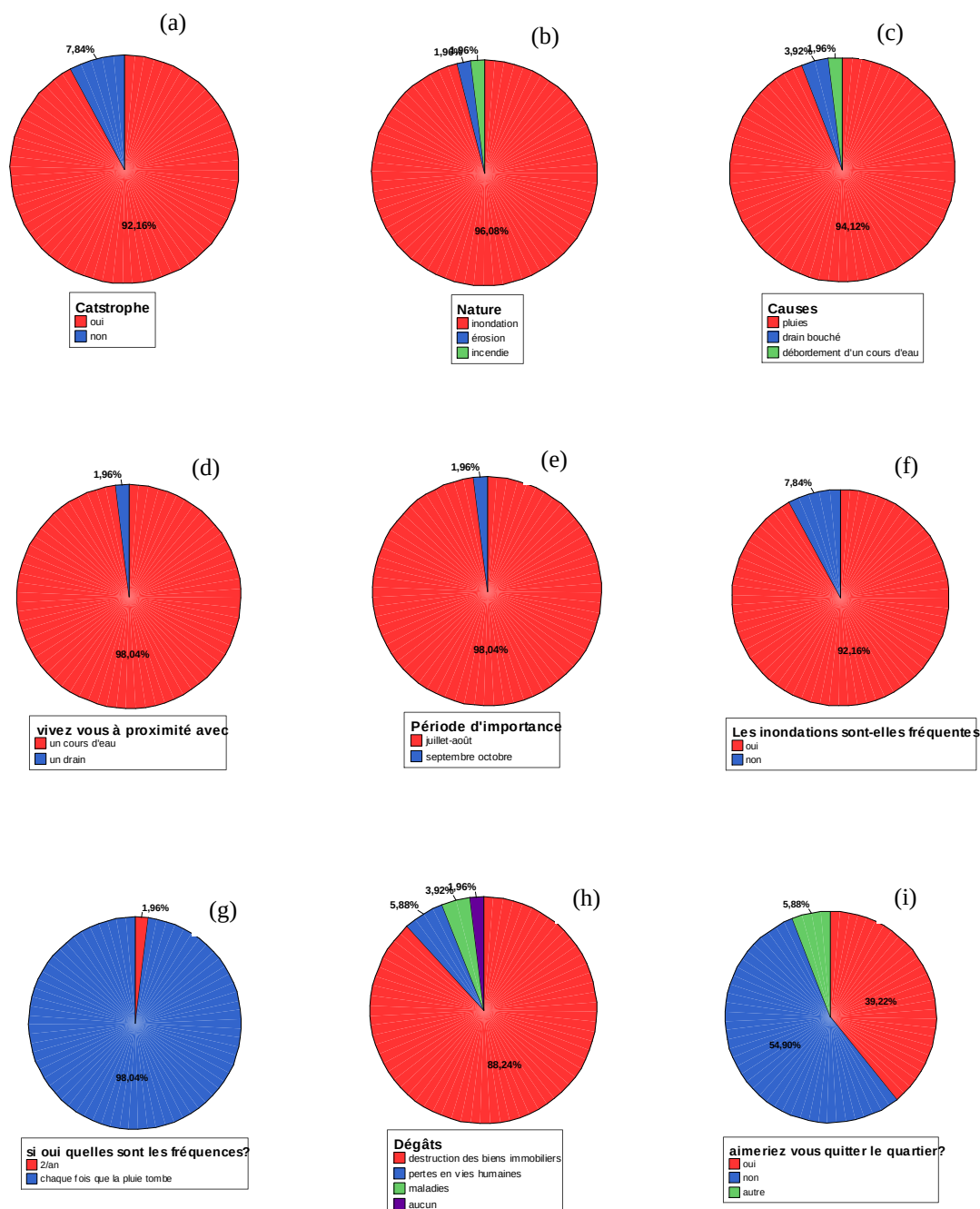


Fig. 1. Diagrammes sectoriels de représentation des réponses sur la connaissance du risque et des facteurs de vulnérabilité physique (a) RQ1, (b) RQ2, (c) RQ3, (d) RQ4, (e) RQ5, (f) RQ6, (g) RQ7, (h) RQ8, (i) RQ9, (j) RQ10 (RQ = réponses à la question).

3.6 ACTIVITES ANTHROPIQUES EXERCEES PAR LES RIVERAINS

Les zones humides sont sévèrement influencées par les activités anthropiques. Les riverains pratiquent pour la plupart (72,55 %) une activité aux alentours de la zone humide (Fig. 5a). Ces activités sont pour la plupart l'agriculture (58,82 %) et secondairement l'élevage (21,51 %) (Fig. 5b). Les riverains effectuent ces activités d'abord pour la commercialisation (45,10 %) et ensuite pour la consommation (35,29 %) (Fig. 5c). Elles sont pratiquées en majorité sur la rive de la rivière (66,67 %) (Fig. 5d). Les riverains n'utilisent pas en majorité les produits pour améliorer le rendement de leurs activités (78,43 %) mais quelques personnes utilisent des produits pour améliorer le rendement (21,57 %) (Fig. 5e). Ces produits sont minoritairement chimiques et naturels mais proviennent d'autres sources (82,35 %) (Fig. 5f). Les riverains affirment que les

déchets ménagers sont directement déversés dans le lit de la rivière (72,55 %). Quelques femmes les utilisent comme fertilisant en agriculture (15,69 %) (Fig. 5g).

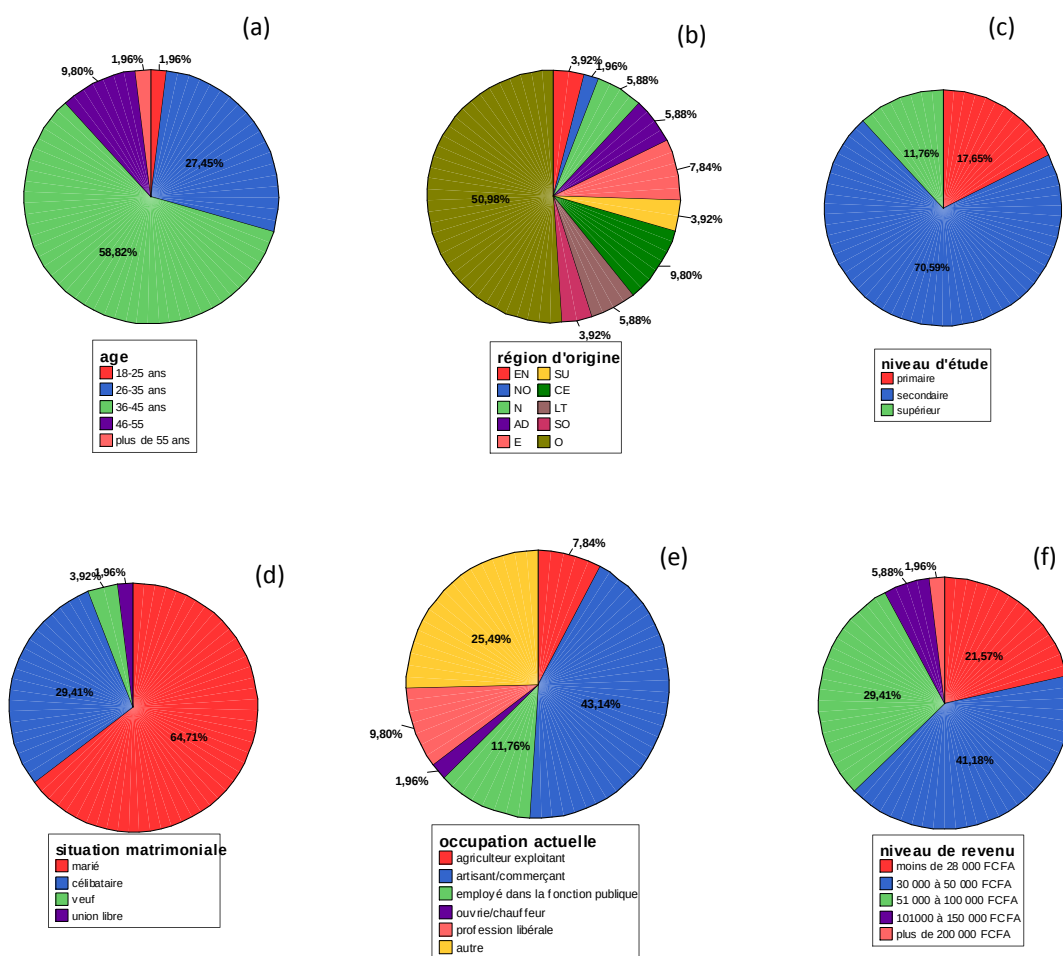


Fig. 2. Diagrammes sectoriels de représentation des réponses sur l'identité des enquêtés (a) RQ36, (b) RQ37, (c) RQ38, (d) RQ39, (e) RQ40, (f) RQ41, (g) RQ42 (RQ = réponses à la question).

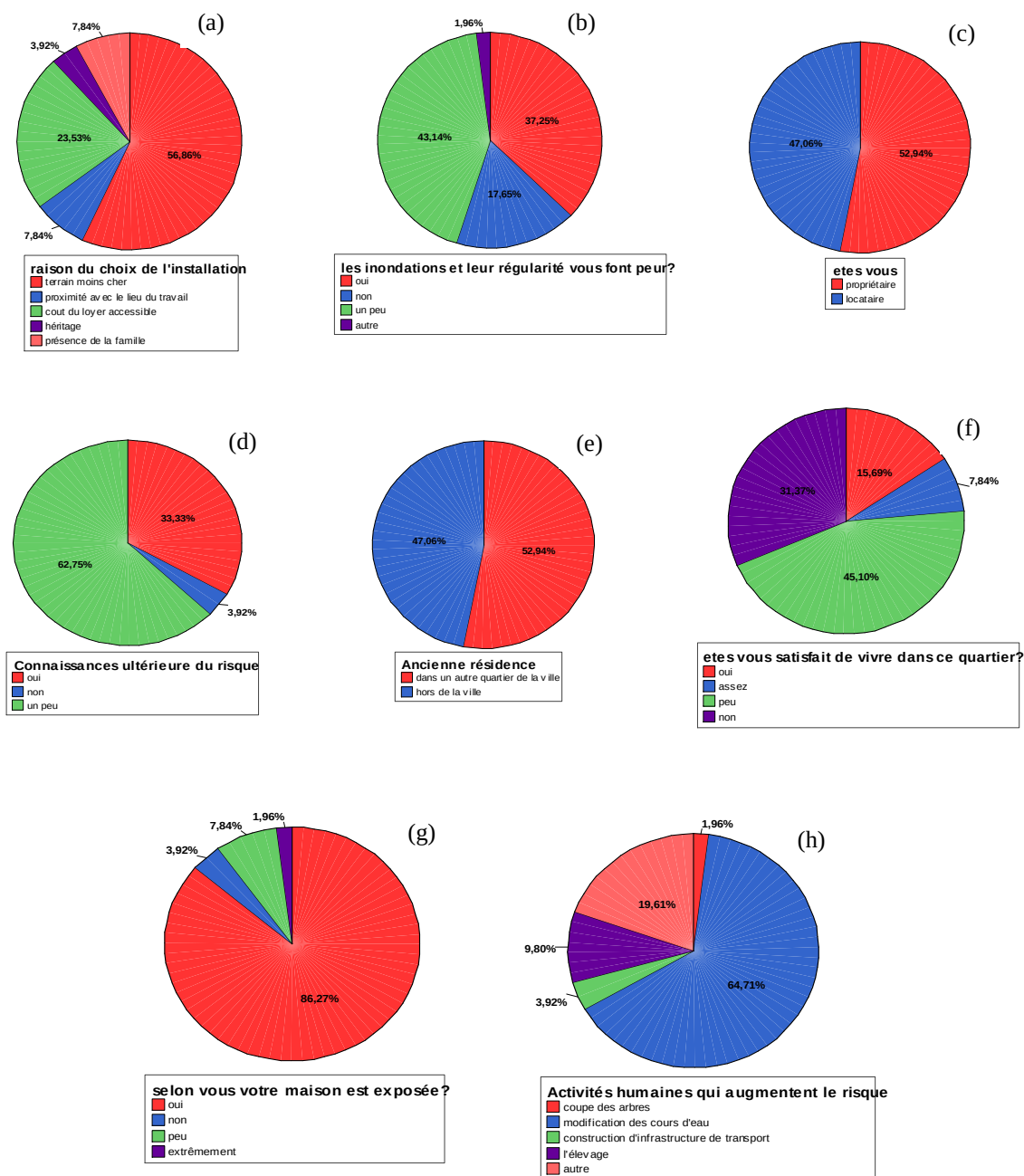


Fig. 3. Diagrammes sectoriels de représentation des réponses sur la connaissance des facteurs de vulnérabilité propre à l'individu (a) RQ11, (b) RQ12, (c) RQ13, (d) RQ14, (e) RQ15, (f) RQ16, (g) RQ17, (h) RQ18 (RQ = réponses à la question).

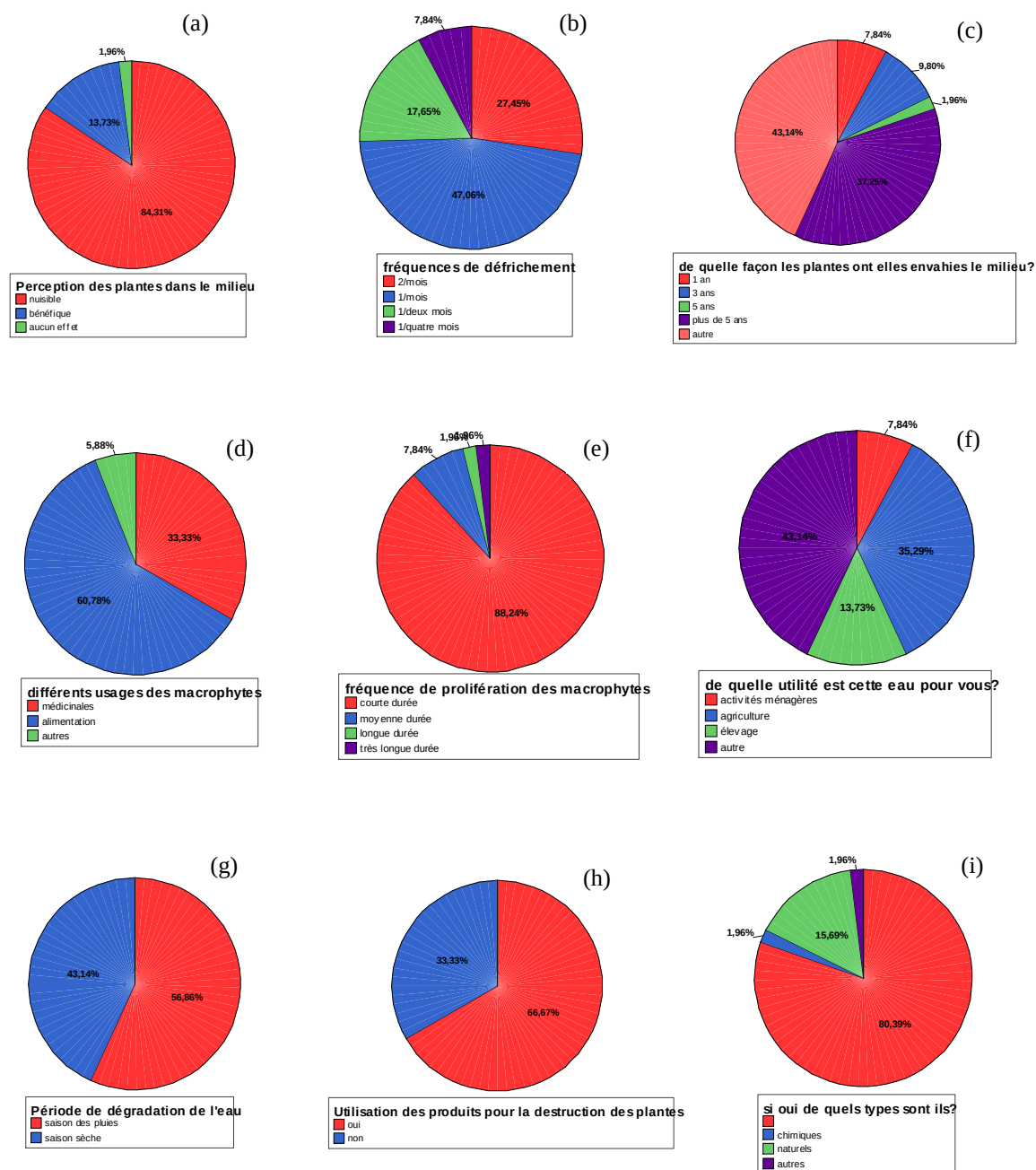


Fig. 4. Diagrammes sectoriels de représentation des réponses sur la connaissance de l'écosystème (a) RQ19, (b) RQ20, (c) RQ21, (d) RQ22, (e) RQ23, (f) RQ24, (g) RQ26, (i) RQ27, (j) RQ28 (RQ = réponses à la question).

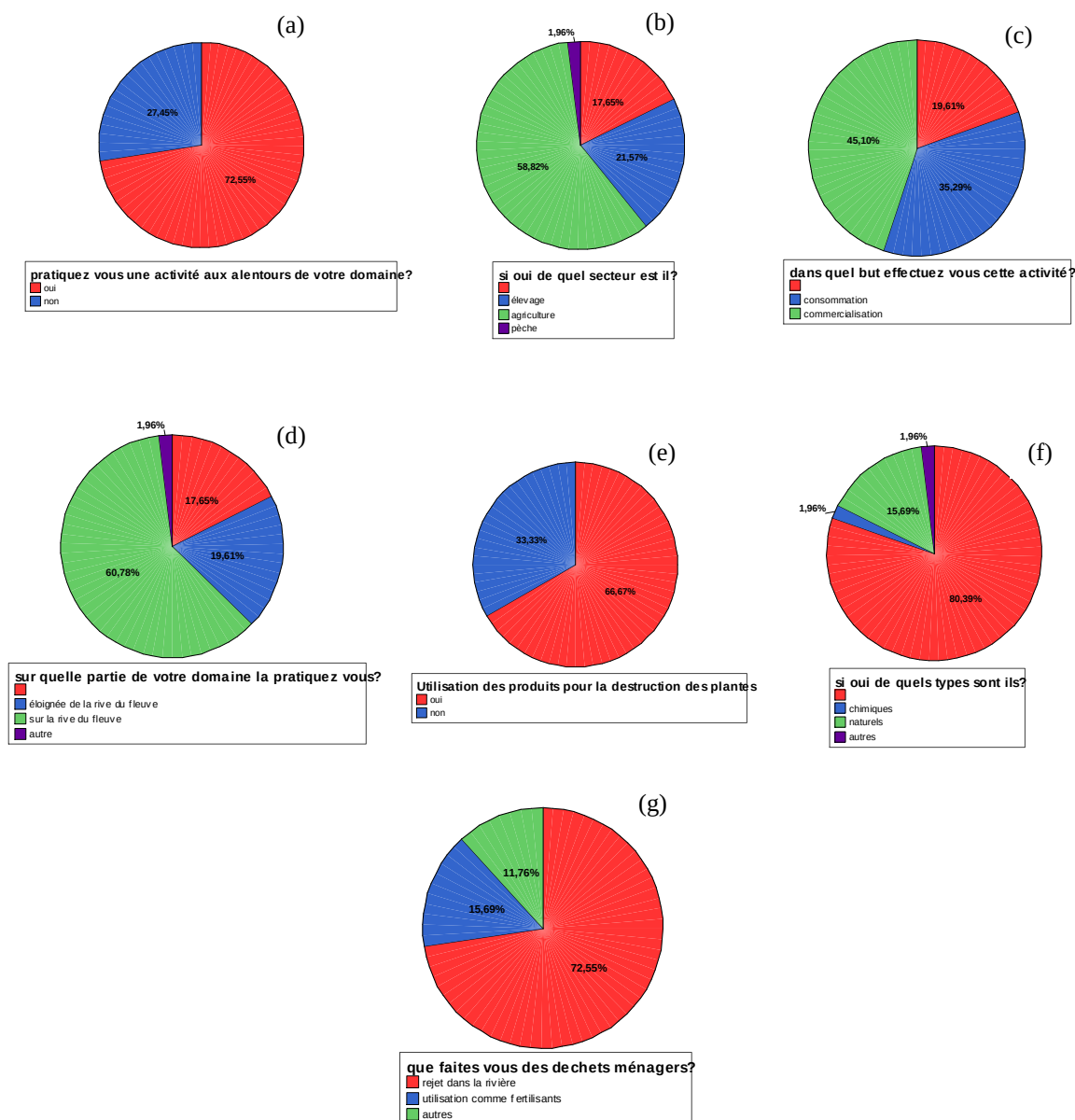


Fig. 5. Diagrammes sectoriels de représentation des réponses sur les activités anthropiques (a) RQ29, (b) RQ30, (c) RQ31, (d) RQ22, (e) RQ33, (f) RQ34, (g) RQ35 (RQ = réponses à la question).

4 DISCUSSION

L'extension mal maîtrisée de grands centres urbains a engendré la prolifération des quartiers à habitat spontané dense. Ces quartiers se sont développés pour la plupart des cas dans les zones de bas-fonds, généralement drainés par un petit cours d'eau. Dans ces zones dites « à risques », des tranches de populations les plus représentées sont les démunis, n'ayant pour principal moyen d'approvisionnement en eau que les puits d'eaux, creusés non loin des latrines [7]. Ces zones sont caractérisées par l'absence ou l'insuffisance de voiries, et le déversement des déchets solides ménagers dans les drains, en raison de l'incivisme des populations et l'inaccessibilité des véhicules de collecte des ordures. Cette situation, est contraire aux dispositions de la loi-cadre, du 05 août 1996 relative à la gestion de l'environnement, aux articles 27 et 29. Le premier article protège les plaines d'inondation et confirme leur importance dans la conservation de la biodiversité. Le second article insiste sur les conséquences des déversements de toute nature susceptible de provoquer la dégradation de la qualité des eaux. Le rétrécissement du lit des cours d'eau entraîne parfois des inondations spectaculaires dans les bas-fonds pendant les périodes de pluies. D'après [7], leur nombre a considérablement augmenté, surtout au cours des 20 dernières années. Les riverains se lotissent en matériaux provisoires aggravant leur exposition aux risques naturels en saison des pluies [8].

L'action de l'homme ainsi que les risques naturels génèrent des problèmes environnementaux ayant des conséquences graves sur la qualité de vie et l'environnement. Or selon le principe de responsabilité « toute personne qui par son action crée des conditions de nature à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement, est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination dans des conditions propres à éviter les dits effets. Pourtant ces populations engagent la responsabilité de l'Etat et réclament son intervention ou sa protection au détriment du principe de précaution évoqué à l'article 9 de la loi cadre du Aout 1996 relative à la gestion de l'environnement. La prévention voire la précaution leur éviterait d'entretenir la psychose et le traumatisme dans lesquels elles vivent au quotidien.

Par ailleurs, les sites étudiés sont le siège d'une pratique agricole favorable aux inondations [8]. Les acteurs obstruent les méandres d'eau pendant les opérations de labourage du sol et de formation des billons ou des butes de terre [16]. Le sens d'écoulement des eaux se trouve ainsi troublé avec une incidence sur une vitesse d'écoulement qui est déjà faible [15]. Les sillons se transforment en un système de canalisation des eaux [8]. La disposition généralement perpendiculaire de ces canaux par rapport à la direction et au sens d'écoulement permet la stagnation des eaux dans l'exploitation agricole. Cette pratique bien avantageuse pour les cultures est parallèlement un facteur d'inondation. Car, les eaux ainsi retenues dans un site à forte saturation du sol, s'accumulent progressivement et provoquent des inondations aux moindres averses [14].

L'intensification des conflits fonciers autour d'une activité agro-économique de plus en plus onéreuse devient donc un enjeu au processus naturel du cycle de l'eau. L'Etat gagnerait à encadrer ces marécages pour en faire des plantations aménagées dans le but de développer des stratégies en rapport avec le développement durable. Conformément à l'article 3 alinéa b de l'Ordonnance N° 74-2, du 06 février 1974 fixant le régime domanial, cela permettrait de soustraire les marécages au domaine public et d'en faire des aires protégées c'est-à-dire règlementées.

Le désengagement de l'Etat dans la gestion des collectivités territoriales décentralisées à cause de la régionalisation, justifie la faible implication des décideurs publics dans la gestion de l'espace d'étude. Ce désengagement se révèle comme une stratégie de limitation des dépenses de l'Etat qui va contre l'intérêt des populations [8]. La faible assistance des collectivités territoriales décentralisées contraint leur opérationnalité et leurs capacités d'intervention. Les mairies d'arrondissement qui ne disposent pas de budgets conséquents, restent dépendantes de la Communauté Urbaine [12]. Cependant, la ligne de séparation des niveaux d'intervention entre ces institutions municipales n'est pas clairement définie. Face à cette réalité, les populations locales développent des stratégies de gestion empiriques et inadaptées aux zones humides. Ces logiques varient d'un ménage à un autre en fonction des moyens disponibles, du niveau d'exposition, de la perception et de la sensibilité au danger encouru [5].

Des tensions et des conflits d'intérêt sont observés au sein de la communauté locale qui gagnerait pourtant à s'unir face à un danger commun. Dans cette anarchie, l'homme agresse le milieu, tout en subissant une réaction plus agressive du milieu par le biais des inondations très dommageables [4].

La présence des plantes dans le milieu apparaît comme un atout pour le développement économique et l'auto-alimentation des riverains. D'autre part ces personnes démunies utilisent les macrophytes qui jonchent leurs cases en médecine traditionnelle. [13], va dans le même sens en montrant que les macrophytes sont plus utilisées dans le traitement des maladies par les riverains. La forte prolifération des macrophytes est aussi perçue comme un danger pour les riverains, car elles obstruent le lit mouillé de l'eau après accumulation des déchets plastiques et conduisent à l'installation de la terre ferme. Cette réduction de la surface de l'eau est directement observée par la déviation de l'écoulement entraînant des inondations [10].

5 CONCLUSION

L'environnement est perçu différemment selon que les acteurs sont concernés ou non par les inondations et la dégradation de l'écosystème. Les enquêtés ont conscience de l'impact des activités anthropiques sur l'environnement qui favorisent la formation des inondations. Les riverains se considèrent comme des victimes actives. Bien que conscients de leur rôle dans la genèse des inondations des sols, ces acteurs ne se sentent pas prêts à modifier leurs comportements. Ils savent qu'il faudrait le faire, mais les raisons économiques sont souvent mentionnées. Les enquêtés estiment que la mise en place des aménagements les protégeant relève de la responsabilité des élus. Les entretiens et les enquêtes font ressortir la complexité des interactions entre les acteurs. Les enquêtés en sont conscients : ils identifient les enjeux environnementaux, sociaux, politiques et territoriaux soulevés par la gestion des zones à risque.

REFERENCES

- [1] A. Aboueme, Influence des macrophytes sur les écoulements d'eau et le transfert des matières en suspension dans le bassin versant amont du Nyong, Mém. DESS, Univ. Yaoundé I, Fac Sci. Dpt Biol. & Physiol. Végétales, p. 73, 2008.
- [2] A. Amougou, Etude botanique et écologique de la vallée inondable du Haut Nyong et de ses affluents, Thèse d'Etat és Sc. Nat. Univ. Yaoundé, p. 320, 1986.
- [3] Anonyme, Troisième enquête camerounaise auprès des ménages (ECAM III). Tendances, profil et déterminants de la pauvreté au Cameroun entre 2001 et 2007, INS (Institut National de la Statistique), Rapport, Yaoundé, Cameroun, 2008.
- [4] C. Bayet, Riverains inondables et défenseurs de l'environnement. Mobilisations et contestations associatives dans le domaine de la prévention des inondations, (Dir.), P. Lascoumes, Paris, CEVIPOF, p. 84, 2005.
- [5] F. De Singly, L'enquête et ses méthodes. Le questionnaire, Nathan Université n°18, p. 127, 1992.
- [6] J. G. Dzana, N. J. R. Ndam, P. Tchawa, "The Sanaga discharges at the catchment outlet (Edea-Cameroon): An example of hydrologic responses of a tropical rain – fed river system to changes in precipitation and groundwater inputs and to flow regulation" *Accepted for publication to River Research and Applications*, 2009.
- [7] Z. N. Fogwe, Urban spatial development and environmental hazards in the Douala metropolis, Ph.D Thesis, Department of Geography, Faculty of Social and Management Sciences, University of Buea, p. 370, 2005.
- [8] N. Z. Fogwé, M. Tchotsoua, Evaluation géographique de deux décennies de lutte contre les inondations dans la ville de Douala (Cameroun)", Rapport, Université de Douala, 2007.
[Online] available: http://www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF-Hanoi07/articles/AJSIR_2-p3_Fogwe.pdf,
- [9] S. Heitz, Mise en œuvre d'aménagements relatifs à la limitation des coulées et inondations boueuses - états des lieux sur l'organisation en place. MST Eaux, sols et pollutions, Mémoire de DEA, ULP-EOST, p. 30, 2005.
- [10] J. Lami, Evaluation de la population due au rejet des déchets liquides et solides à Yaoundé et mise au point d'une carte de pollution, Mém. Ing. ENSP, Univ. Yaoundé I, p. 65, 2002.
- [11] G. Mainet, Douala : Croissance et Servitudes, (eds) l'Harmattan, Coll. Villes et entreprises, Paris, pp. 611- 614, 1986.
- [12] A. D. Meva'a, M. Fouda, C. Z. Bonglam, M. Kamwo, Analyse spatiale du risque d'inondation dans le bassin versant du Mbanya à Douala, capitale économique du Cameroun, NOVATECH, p. 10, 2010.
- [13] B. Ouafé, Z. Lahcen, F. Mohamed, E. Houda, R. Atmane, D. Allal, "Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc)", *Acta Bot. Barc.*, vol. 53, pp. 191-216, 2011.
- [14] M. M. R. Ouafé, Etude comparée des transports particuliers dans deux écosystèmes forestiers du Cameroun : les bassins versants du Ntem à Ngoazik et du Nyong à Mbalmayo, Mém. DEA. Univ. Yaoundé I, Fac. Sci. Dpt. Sciences de la Terre, p. 75, 2006.
- [15] G. Riou, L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux, Masson collection géographie, Paris – Milan – Barcelone – Mexico, 1990.
- [16] E. Servat, M. Dupuis, J.C. Favrot, "Etude pédologique préalable au drainage, origine, manifestation et diagnostic de l'excès d'eau dans le sol", In: B.T.I, 271 – 272. D12, L2. AGRO. 212, pp. 738 – 739, 1972.
- [17] G. R. Tadonki, L'urbanisation des zones instables à Douala : le cas du Tongo Bassa, FALSH, mémoire de maîtrise, Université de Yaoundé, p. 86, 1988.
- [18] G. R. Tadonki, Douala : les exclus des marécages, Environnement et habitat marginal des bas-fonds : quartiers Maképé, Bépanda, TSF, Siccacao, Ndogbati, (eds), S.D.S. Mandara, pp. 113-115, 1999.
- [19] M. M. O. Zogning, Risques d'inondation à Yaoundé : le cas de la zone de confluence du Mfoundi au centre ville et des quartiers péricentraux du bassin versant de l'Ekoza, Mém. Maît. Univ. Yaoundé I, FALSH. Dpt. de Géographie, p. 113, 2005.

Inventaire de l'avifaune dans les champs sous RNA dans le village de Dan Saga au Niger

[Inventory of the avifauna in the fields under RNA in the village of Dan Saga in Niger]

**Fati OUSSEINI NIANDOU¹⁻², Abdoulaye AMADOU OUMANI³⁻², Boubé MOROU⁴⁻², Sitou LAWALI⁵⁻², Youssoufa ISSIAKA⁶⁻²,
Laminou SAIDOU⁷⁻², and Ali MAHAMANE⁸⁻²**

¹Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

²Unité Mixte de Recherche Système d'Elevage et Ecologie de la Faune Sauvage

³Département de Génie Rural et Eaux et Forêts, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

⁴Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

⁵Département Sociologie et Economie Rurale, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

⁶Institut Supérieur en Environnement et Ecologie, Université de Diffa, Niger

⁷Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire au Développement dans la Région de Maradi, Niger

⁸Institut Supérieur en Environnement et Ecologie, Université de Diffa, Niger

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

ABSTRACT: The determination of the impact of the Natural Regeneration Assisted on the avifauna, which is very good indicating of transformation of the landscapes, requires proceeding to its inventory.

The present study carried out in the village of Dan Saga in the months from September 2014 and 2015 which a site par excellence of the RNA were for the first time the object of an inventory in order to see the contribution of the Natural Regeneration Assisted on the return of the avifauna. In this direction it was preceded, with an inventory of the avian biodiversity by the combination of the methods of line and not transects. Thus, eight transects were traversed during the two programs of census.

It comes out from this study that the village of Dan Saga has a good avian diversity, represented by 29 species of which most frequently observed are *pass griseus*, *Bubalornis albirostris* and *Petronia dentata*. These species set out again in 20 Families.

The Kilometric Index of Abundance (KIA) were much more important on Transect of North-West (TNO) and Transect of North (TN) where *Faidherbia albida* are important; on the other hand Transect of East (TE) presents the weakest IKA.

Finally we can say that assisted natural regeneration supports the maintenance and the blooming of avian fauna

KEYWORDS: Natural Regeneration Assisted, Avifauna, Transects, Dan Saga, Maradi.

RESUME: La détermination de l'impact de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) sur l'avifaune, qui est un très bon indicateur de transformation des paysages, nécessite de procéder à son inventaire.

La présente étude réalisée dans le village de Dan Saga aux mois de septembre 2014 et 2015 qui est un site par excellence de la RNA a fait pour la première fois l'objet d'un inventaire afin de voir la contribution de la Régénération Naturelle Assistée sur le retour de l'avifaune. Dans ce sens il a été procédé, à un inventaire de la biodiversité aviaire par la combinaison des méthodes de ligne et point transects. Ainsi, huit transects ont été parcourus durant les deux campagnes de recensement.

Il ressort de cette étude que le village de Dan Saga présente une bonne diversité aviaire, représentée par 29 espèces dont les plus fréquemment observées sont *Passer griseus*, *Bubalornis albirostris* et *Petronia dentata*. Ces espèces sont réparties dans 20 Familles.

Les Indices Kilométriques d'Abondance (IKA) ont été beaucoup plus importantes sur le transect nord-ouest (TNO) et transect nord (TN) où les pieds de *Faidherbia albida* sont assez importants, par contre le Transect est (TE) présente le plus faible IKA.

La richesse avifaunistique obtenue laisse croire que les zones où les RNA sont appliquées favorisent l'installation de l'avifaune.

MOTS-CLEFS: Régénération Naturelle Assistée, Avifaune, Transects, Dan Saga, Maradi.

1 INTRODUCTION

Le Niger, à l'instar des pays sahéliens est confronté depuis des décennies à des problèmes de dégradations de ressources naturelles.

Pour renverser la tendance, le pays a mis en œuvre plusieurs stratégies de lutte contre la désertification qui ont fait leurs preuves au Sahel. Dans les choix politiques opérés, l'accent a été mis au cours de ces dernières années sur des projets de reboisement [1].

Dans la région de Maradi la population a bénéficié des Projets de Développement comme le Projet de Promotion de l'Initiative Locale de Développement d'Aguié (PPILDA), qui est par la suite devenu Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire et au Développement de Maradi (PASAEM). Ces projets financés par le FIDA ont favorisé l'adoption par la population de la technique de défrichement amélioré ou Régénération Naturelle Assistée (RNA). La RNA est une approche agro-forestière dont le but est de provoquer ou de stimuler la régénération naturelle d'espèces ligneuses à buts multiples et/ou leur développement et leur intégration dans l'espace agricole (champs) pour qu'elles puissent augmenter le rendement total des espaces agricoles [2].

Cette pratique de la RNA qui a suscité un engouement au niveau de la population du village de Dan Saga qui est la zone de la présente étude, a permis de reconstituer la végétation qui a été fortement dégradée par les sécheresses des années 1970 et 1980. Cette revégétalisation de la zone pourrait favoriser le retour de la petite faune telle que les oiseaux, les amphibiens, les reptiles et les rongeurs.

La présente étude ne prend en compte que de l'avifaune, qui est un bon indicateur de transformation des paysages agricole. Les oiseaux sont dépendants de la qualité paysagère et de l'abondance de proies pour leur survie et leur reproduction. C'est pourquoi l'indice d'évolution des populations d'oiseaux communs est si intéressant [3].

L'avifaune sahélienne et / ou saharienne est représentée par deux groupes d'oiseaux : un premier constitué d'oiseaux résidents et un second groupe par les migrateurs. Deux groupes de migrateurs doivent être considérés : les migrateurs afrotropicaux qui à partir des savanes ou des forêts plus méridionales étendent leur aire de distribution vers les zones arides au cours de la saison des pluies (Rollier d'Abyssinie, Moineau doré, la cigogne d'abdim) et les migrateurs paléarctiques composés d'oiseaux européens et parfois asiatiques. Ces oiseaux nichent en Europe de l'Ouest, en Afrique du Nord ou en Asie mineure et regagnent l'Afrique pour y passer l'hiver ou la traversent simplement pour rejoindre des régions situées plus au Sud. La migration vers l'Afrique a lieu entre juillet et octobre ; le retour de l'Europe se déroule entre février et mai.

La présente étude, tentera d'apporter une réponse claire sur l'impact de la RNA sur la biodiversité animale.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le village de Dan Saga avec une population de 5000 habitants est un terroir d'environ 56 Km², situé à 22 Km au nord d'Aguié sur la piste latéritique desservant Aguié-Mayahi.

Le climat est de type tropical sec avec une pluviométrie moyenne est de 648,75mm, mais qui fluctue entre 1049 mm (1999) en année d'abondance de pluie et 239 mm en année de faible précipitation (2009).

Deux types de sols caractérisent le village de Dan Saga : les sols argileux(Géza) localisés à l'ouest du village, les sols sablonneux (Jigawa) à l'EST et un peu au sud et le Nord sont caractérisés par des sols argileux et sableux.

La végétation naturelle est constituée de steppe arbustive à arborée sur des dunes fixées. Les espèces ligneuses rencontrées principalement sont : *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*, *Piliostigma reticulatum* et des herbacées comme : *Eragrotis tremula*, *Cenchrus biflorus*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Zornia glochidiata*. Le potentiel en eau se limite à quelques petites mares temporaires, à la vallée de Goulbi N'Kaba et ses affluents.

2.2 CHOIX DE L'ÉCHANTILLON

Les relevés ont été effectués sur huit transects radiaux de 2 km chacun, situés à l'est (TE), à l'Ouest (TO), au nord (TN), au sud (TS), au nord-est (TNE), au nord-ouest (TNO), au sud-est (TSE) et au sud-ouest (TSO) du village de Dan Saga. Les comptages d'avifaune ont été réalisés aux mois de septembre 2014 et 2015.

2.3 MÉTHODES

La méthode utilisée est une combinaison d'inventaire par ligne et point fixe ou point d'écoute pour dénombrer les Oiseaux sur les sites d'étude en raison de leur bonne applicabilité sur le terrain choisi.

Le principe consiste à parcourir une ligne L minutieusement choisie, en scrutant de part et d'autre de l'axe pour détecter d'éventuels animaux [4] ou leurs traces (piles de crottes, terriers, empreintes etc.).

Dans cette étude, des arrêts ont été effectués lorsque des indices de présence ou des spécimens de faune devaient être observés de façon plus rapprochée.

Le recensement se fait lors du pic d'activités des animaux. Il est préférable d'éviter les heures trop matinales ou trop tardives de l'après-midi pour permettre leur observation. Le recensement s'est fait entre 7h00 et 09h00 et entre 16h00 et 18h00 [5].

La méthode de point transect a consisté à noter l'ensemble des oiseaux observés et/ou entendus durant 20 minutes à partir d'un point fixe du territoire [6]. Tous les contacts auditifs ou visuels avec les oiseaux sont notés sans limitation de distance.

Ces points d'écoutes sont tous sur les lignes transects.

2.4 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

Cette dernière phase a consisté au traitement et à l'analyse des données collectées sur le terrain et des informations des enquêtes obtenues auprès de la population. Ces données sont traitées par le logiciel SPSS 16.0. Les fréquences d'observations, les densités des espèces et des individus par transect ont été comparées par le test Khi-deux. Le test ANOVA a été utilisé pour comparer les moyennes des observations des espèces.

Les indices kilométrique d'abondance (nombre d'oiseaux par km parcouru par espèce et aussi en global sur les transects. Ces indices ont fait l'objet de comparaison par le test Khi-deux.

3 RESULTATS

3.1 INVENTAIRE DES OISEAUX

Espèces observées sur les transects

Les deux campagnes de dénombrement ont permis d'avoir 2150 et 2344 contacts respectivement en 2014 et 2015. Ces contacts représentent 29 espèces d'oiseaux formellement identifiées en 2014 et 28 en 2015 (Figure 1 et 2). Les espèces les plus fréquentes sont : *Passer griseus*, *Bubalornis albirostris* et *Petronia dentata* qui ont été les plus observées et celle qui est la moins fréquente sur le site est *Accipiter baduis* qui est absente dans les observations de 2015. Le test ANOVA confirme que cette différence est bien significative pour les deux années avec ($df= 29$; $F= 10,79$; $p= 0,000$) en 2014 et ($df= 29$; $F= 8,97$; $p= 0,000$) en 2015.

Les résultats ont fait apparaître qu'une seule (la cigogne) des espèces inventoriées est migratrice, toutes les autres sont sédentaires.

Les 29 espèces recensées en 2014 et 28 en 2015 appartiennent à 20 familles, dont les plus représentées sont les familles de Columbidae et de Ploceidae qui ont le nombre d'espèces respectif 4 et 3 (Figure 3). Les autres familles ont au plus deux représentants. L'analyse statistique par le test Khi-deux montre que la différence est significative en 2014 (Khi-deux = 32,78 ; df = 19 ; p = 0,025). Cependant en 2015 la différence n'a pas été significative (Khi-deux = 21,66 ; df = 19 ; p = 0,301).

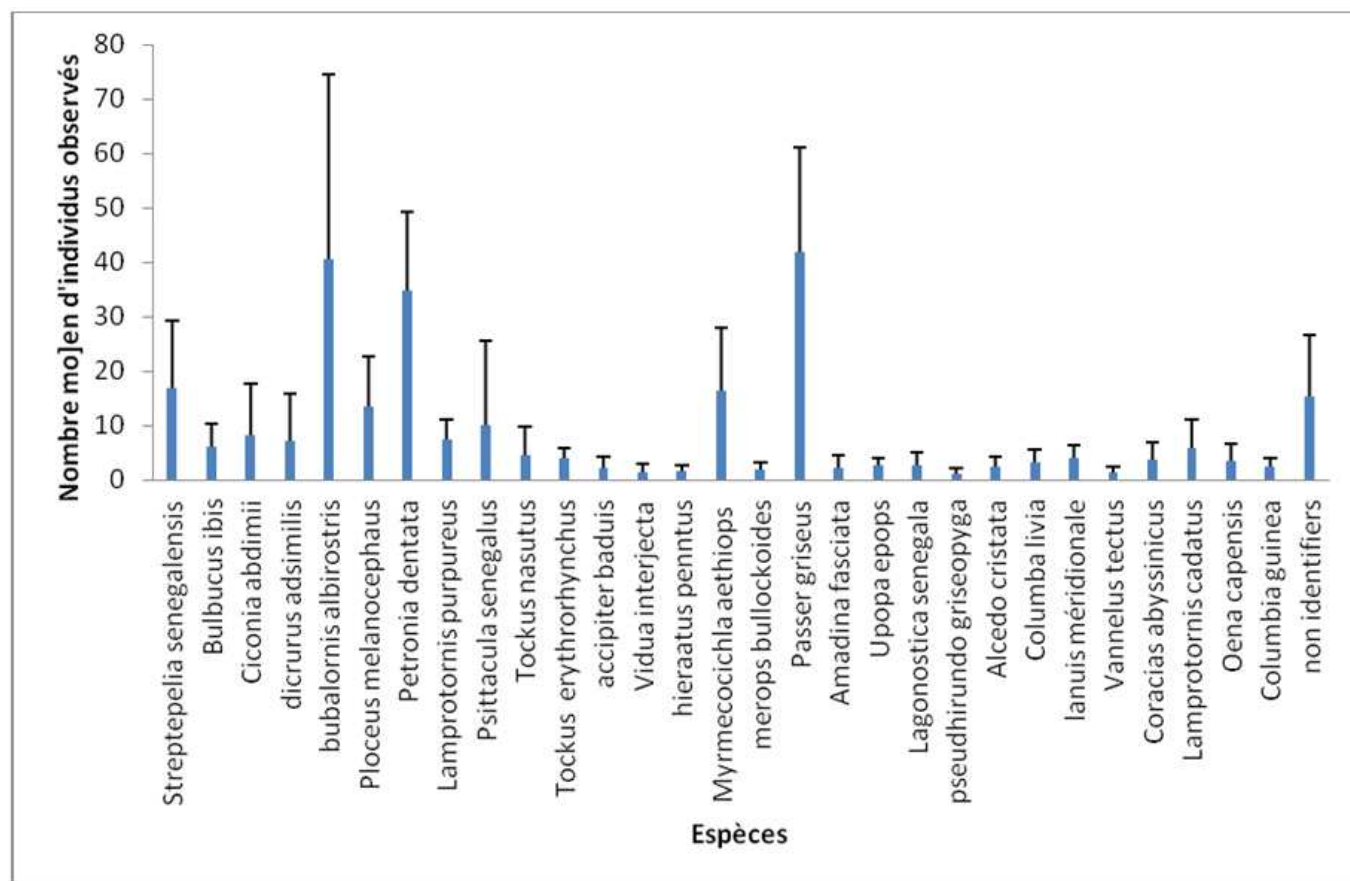


Figure 1 : Espèces d'oiseaux recensées lors de la campagne 2014

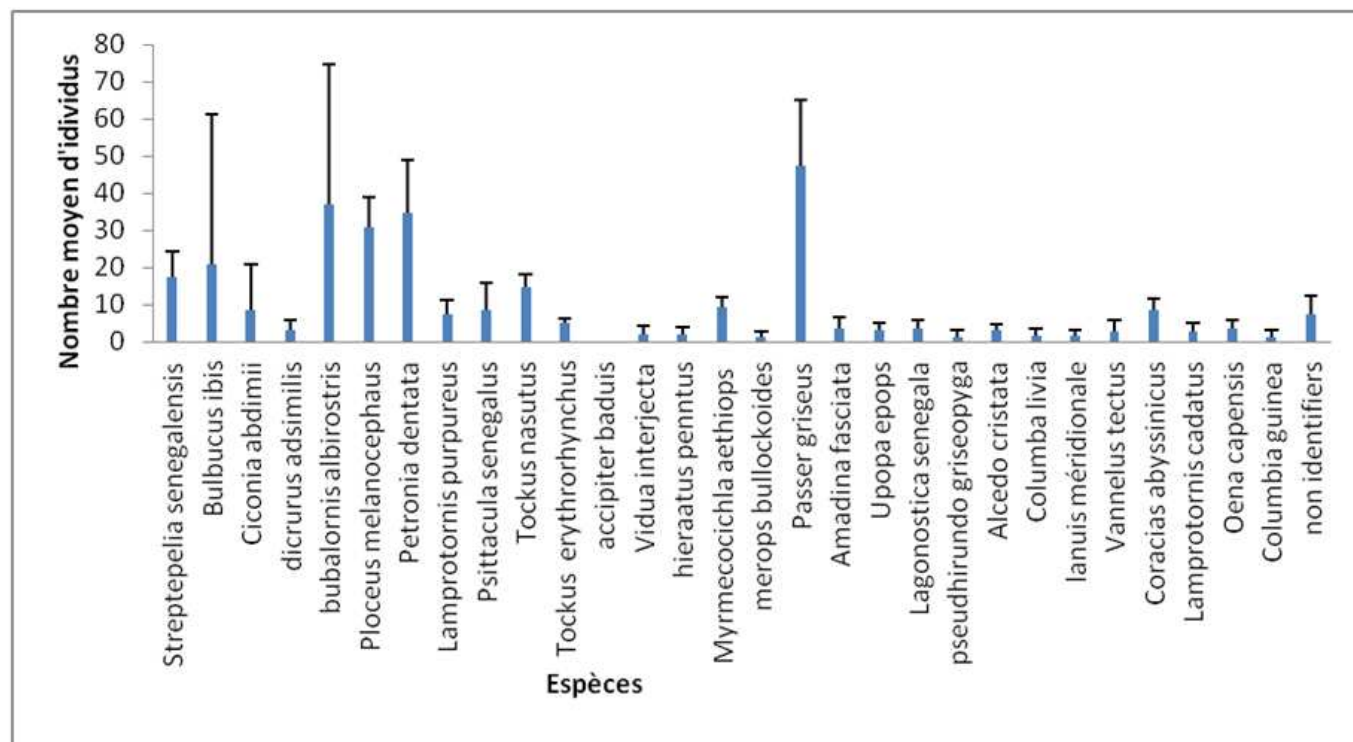


Figure 2 : Espèces d'oiseaux recensées lors de la campagne 2015

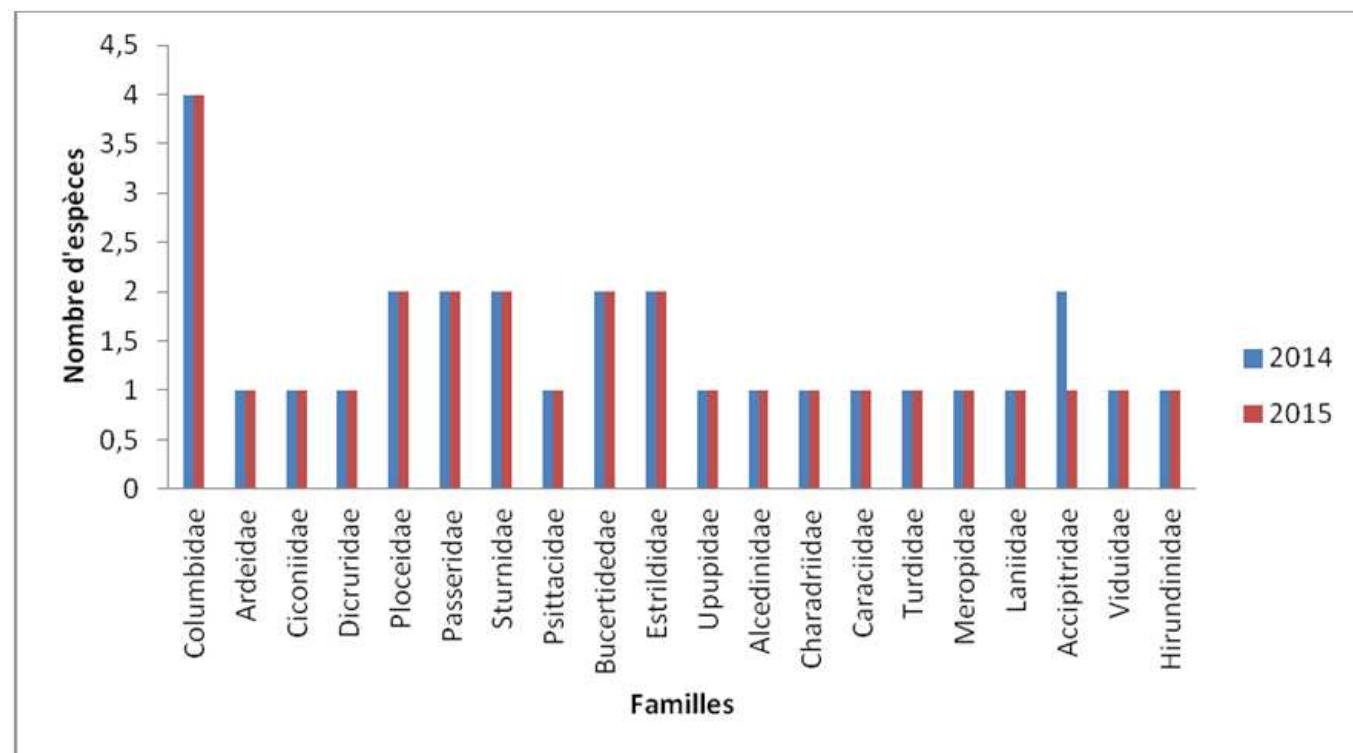


Figure 3 : Nombre d'espèces rencontrées par famille lors des campagnes de dénombrement 2014 et 2015

3.2 BIODIVERSITÉ GLOBALE

Une première analyse globale de la richesse en biodiversité aviaire montre que l'IKA n'est pas homogène (Figure 4). Cet indice a varié de 177 (TNO) pour les plus riches et 99 (TES) pour les plus pauvres en 2014. En 2015, les contacts sont aussi plus importants sur TNO (252) et moins important sur la TSE (102). L'analyse par le test Khi-deux montre que cette différence est significative (Khi-deux = 2,11 ; df = 7 ; p = 0,000).

Les observations faites sur le terrain ont permis de constater que le TNO présente beaucoup plus de pied de *Faidherbia albida* et est caractérisé par l'existence d'un point d'eau. Ce point d'eau est une carrière de sable et d'argile d'environ 90 de longueur et 30m de largeur. Cette dernière retienne l'eau de pluie de manière temporaire.

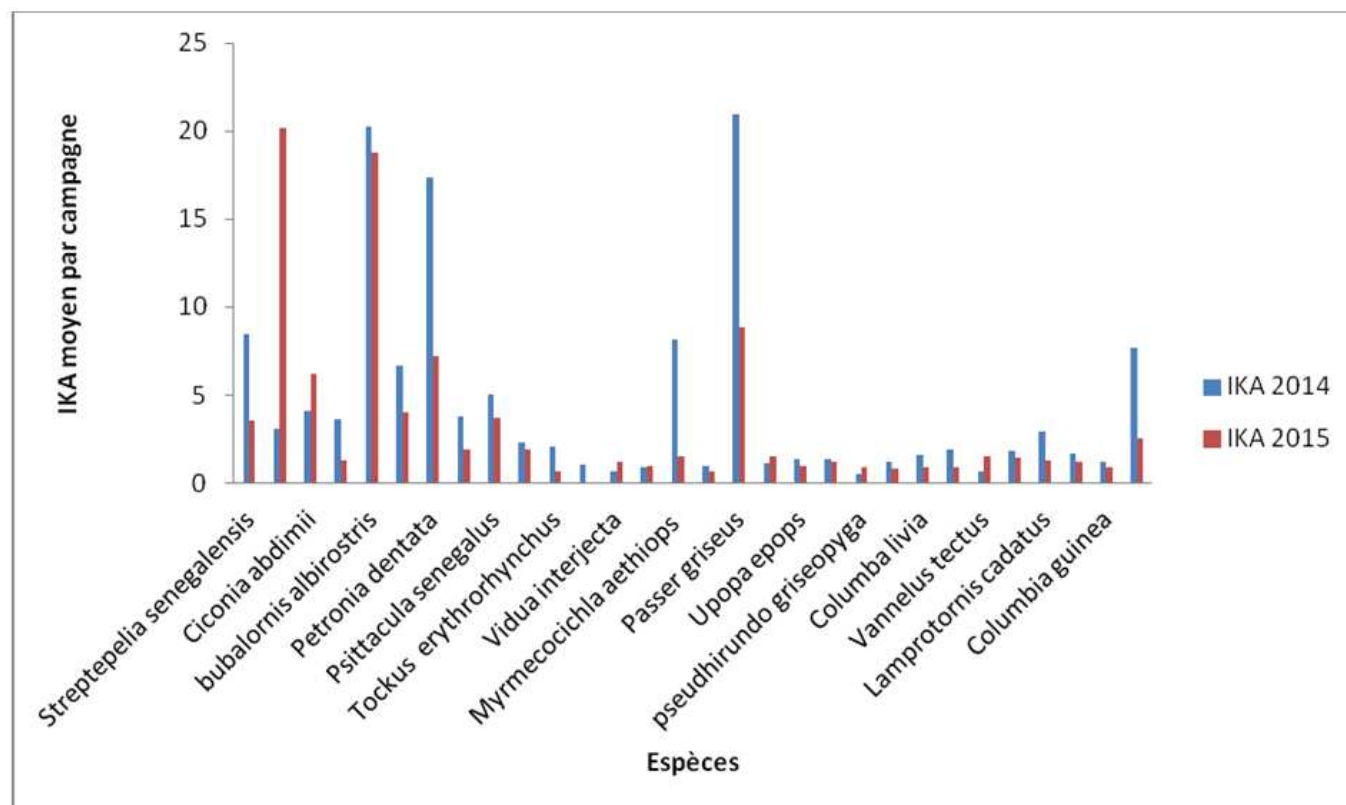


Figure 4 : Effectif d'oiseaux dénombré par transect

4 DISCUSSION

A l'instar des autres zones du département d'Aguié, la commune rurale de Dan saga est riche en biodiversité des oiseaux avec 29 espèces différentes. Une étude du même genre donnée réalisée dans la région de Dosso et Tillabéry a donné le même résultat.

La comparaison des données avec le travail [7], étude réalisée sur le lac de Madarounfa et kourfin koura a donnée respectivement 34, et 29 espèces. Aussi, le résultat obtenu à dans Saga. Cela indique que l'avifaune de la zone de Dan Saga eu égard de sa petite superficie est très diversifiée.

Cependant, cet effectif est assez faible par rapport 118 espèces trouvé par [8] au Benin dans les plantations et jachères.

L'étude a aussi montré que les espèces comme le Moineau gris (*Passer griseus*), Alecto à bec blanc (*Bubalornis albirostris*) et Petit moineau (*Petronia dentata*) ont été les plus observées et celle qui est la moins fréquente sur le site est *Accipiter baduis* qui est absente dans les observations de 2015. Ceci s'explique par le fait que les moineaux fréquentent des milieux variés (zones de cultures, points d'eaux, villages, etc....) [9].

Accipiter baduis, l'espèce la moins fréquente et absente lors des observations de 2015 est classée en Danger critique selon la liste rouge de l'UICN, ceci peut justifier sa faible représentativité.

D'après Les observations faites sur le terrain transect Nord-Ouest(TNO) présente beaucoup plus de pieds de *Faidherbia albida* (Gao) et plusieurs types essences épineuses. En plus, sur ce transect se trouve une carrière qui se remplit d'eau en saison pluvieuse. Sur cette carrière est observées toutes sortes d'espèces, les oiseaux d'eau et celles liées aux milieux agricoles. Ceux-ci qui pourraient expliqués pourquoi la richesse aviaire est plus importante sur ce transect pendant les deux campagnes agricoles.

L'indice IKA de la richesse le plus faible est observé en 2014 sur le transect Est. Ce transect est caractérisé par une formation de type steppe herbeux avec une densité faible comparativement aux autres transects et les cultures sont essentiellement de l'arachide, le vaondzou.

Il ressort de cette étude que les oiseaux sont plus observés au niveau des peuplements de *Faidherbia albida* (Gao) qui est l'espèce végétale qui attire le plus les oiseaux comme l'a souligné [10].

En suite suivent les espèces épineuses ce qui est conforme aux travaux de [11], effectués près de Pointe Noire (Congo).

En ce qui concerne le statut biogéographique, la proportion des espèces migratrices du paléarctique est très faible, or la période de leur arrivée se situe entre octobre et décembre. Ce faible taux pourrait s'expliquer par le fait que notre zone d'étude ne présente pas de grandes étendues de cours d'eau qui pourrait attirer un grand nombre d'espèces et a une superficie limitée [12].

Les espèces résidentes sont les plus fréquentent dans la zone d'étude du fait que la disponibilité des ressources trophiques est suffisante pour leur survie ainsi que les conditions climatiques idoines comme l'ont signalé [13].

5 CONCLUSION

La richesse avifaunique obtenue laisse croire que les zones où les RNA sont appliquées favorisent l'installation de l'avifaune. Pour avoir plus d'information sur l'impact de la RNA sur l'avifaune, il sera important de conduire une étude complémentaire dans des zones présentant les mêmes caractéristiques qui ne sont pas sous RNA. Il est important également de reproduire cet inventaire aviaire dans d'autres milieux sous RNA.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire et au Développement de la Région de Maradi (PASAEM) pour leur soutien financier et le service Départemental de l'Environnement d'Aguié pour avoir facilité l'intégration de l'équipe dans le village. Nous remercions également la population pour leur hospitalité et l'aide dans la reconnaissance des noms vernaculaire des espèces.

REFERENCES

- [1] Edwige Botoni *et al*, 2010 le projet majeur Africain de la grande Muraille verte. IRD (2010) : 442p.
- [2] A. Dia et R. Duponnois, le projet majeur Africain de la grande Muraille verte. IRD (2010) : 442p.
- [3] MAAP/MNHN ; Elaboration d'un jeu d'indicateurs permettant de mieux suivre la biodiversité en lien avec l'évolution de l'agriculture, MAAP/MNHN (2009) : 66
- [4] OUMANI A ., 2006. Ecologie du Cerf de Barbarie (*Cervus elaphus barba rus*) en Kroumirie-Mogods (Tunisie). Thèse de Doctorat, Université du 7 Novembre à Carthage, Faculté des Sciences de Bizerte, Département des Sciences de la Vie, 213p.
- [5] Gaillard J.M., 1988. Contribution à la dynamique des populations de grands mammifères, Exemple du chevreuil (*Capreolus capreolus* L.). Thèse Doct. Univ. Claude-Bernard. Lyon : 308 p.
- [6] Yaokokoré-Béibro K. H., 2001. Avifaune des forêts classées de l'Est de la Cote d'Ivoire : Données sur l'écologie des espèces et effet de la déforestation sur les peuplements. Cas des forêts classées de la Béki et de la Bossématie (Abengourou). Thèse de Doctorat. Université de Cocody-Abidjan (RCI), 245 pages.
- [7] BLONDEL J., FERR Y, C. et FROCHOT , B. La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par station d'écoute. *Alauda* 34 (1970) : 55-71.
- [8] Assane Anabi et al. Typologie de l'avifaune des zones humides de Madarounfa, région de Maradi (Niger), Article de recherche, *Journal des Sciences de l'Environnement* vol. 2 (1) 2013: 17-24
- [9] T. O. LOUGBEGNON, J.C.T. CODJIA et R. M. LIBOIS, 2010. Distribution de l'avifaune des milieux forestiers de substitution (plantation et jachères) au Sud du Bénin en relation avec les facteurs de l'habitat. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(4): 1191-1216.

- [10] Nik Borrow et Ron Demey, Guide des oiseaux de l'Afrique de l'ouest, livre les guides du naturaliste, Edition 2010, 510p.
- [11] R.L. OUEDRAOGO. Etude de la végétation aquatique et semi-aquatique de la mare aux hippopotames et des mares d'Oursi et de Yomboli, Doctorat de troisième cycle, FAST, Université de Ouagadougou Burkina Faso (1994) : 191p.
- [12] ANDRE BROSSET 1997, peuplement en oiseaux des plantations d'eucalyptus dans la région de pointe noire, Congo revue écologique
- [13] H. K. YAOKOKORE-BEIBRO, S. Y. KONE, S. G. K. ODOUKPE, and F. M. GUEYE. Avifaune d'un milieu marécageux urbain dans la commune de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire). International Journal of Innovation and Scientific Research 18 (1) (2015) : 99-108.
- [14] K. P. Kouadio, K. H. Yaokokoré-Béibro, K. S. G. Odouké, E. M. Konan et K. P. Kouassi, "Diversité Avifaunique du Parc National du Banco, Sud-Est Côte d'Ivoire," European Journal of Scientific Research, 125 (2) (2014) : 384–398.

Renal clearance and urinary excretion of cefuroxime in healthy male volunteers

Muhammad Fiaz Khalid, Junaid Ali Khan, Amtul Fiaz, Sidra Altaf, Zainab Kaleem, and Faiza Hassan

Institute of Pharmacy, Physiology & Pharmacology, Faculty of Veterinary Science, University of Agriculture,
Faisalabad 38000, Pakistan

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

ABSTRACT: Cefuroxime was evaluated for the pharmacokinetics and clinical effects in 8 healthy volunteers, Bolus i.v. injections of cefuroxime 750 mg b.i.d. or 750 mg once daily were given to the patients depending on the degree of renal impairment. The concentration of drug in urine was measured during treatment, and pharmacokinetic parameters were investigated; Drug elimination half-life increased from 4.2 h (creatinine clearance 23.0 ml/min) to 22.3 h (creatinine clearance 5.0 ml/min) with decreasing renal function. The apparent volume of distribution ranged from 11.6 to 17.9 . A linear correlation was found between the total and renal clearance of cefuroxime and the creatinine clearance; the extrarenal clearance was 8.24 ml/min. Concomitant treatment with furosemide did not impair renal function and no evidence of nephrotoxicity was found. The clinical efficacy of the drug was good. Symptoms of infection subsided after 3-4 days and the isolated pathogens were eradicated. No relapse or episodes of reinfection were observed in a following-up period of 3 months. The drug was well tolerated and no side effects or changes in haematological or biochemical values were seen.

KEYWORDS: Renal clearance, urinary excretion, cefuroxime.

INTRODUCTION

Cefuroxime sodium is a second-generation cephalosporin, broad-spectrum, semisynthetic and consider as an agent intended for parenteral administration. It has been extensively used for the management of the patients encompassing infections of soft tissue, urinary tract, bone and joint tissues, genital tract, central nervous system and respiratory tract. Generally, cefuroxime sodium is prepared as a crystalline lyophilized powder. It is administered by intramuscular, intravenous or intraperitoneal routes (Zhao *et al.*, 2012). It is a semi-synthetic cephalosporin designed to overcome breakdown and inactivation by β -lactamases from gram-negative organisms, a shortcoming of early cephalosporin antibiotics. Given by parenteral route, it has been shown to be excreted, almost unchanged, in the urine, and its half-life is about 1 h in normal adult patients (Norrby, Foord & Hedlund, 1977). The aim of the present work was to determine the pharmacokinetic parameters in a group of aged patients (> 70 years) whose renal functions were more or less impaired.

Cefuroxime is not extensively metabolized and almost completely excreted as unaffected form in urine through the tubular secretion as well as glomerular filtration with in individuals owing normal renal function. In renal impairment with creatinine clearance less than 40ml /min, cefuroxime is excreted only by the glomerular filtration (El-Gindy *et al.*, 2000). Basically, renal clearance of cefuroxime depends on the urine flow and creatinine clearance both in normal and impaired renal function subjects. Hemodialysis is moderately significant route of elimination of cefuroxime (Van *et al.*, 1979).

The present project was designed to assess the renal clearance and urinary excretion of cefuroxime in local population of Pakistan.

MATERIAL AND METHODS

This study was conducted to analyze the urinary excretion and renal clearance of cefuroxime and endogenous creatinine in blood and urine samples of healthy male volunteers after the I/V administration of 750 mg cefuroxime were collected. The

experiments were conducted on 8 male volunteers. The volunteers who offered to participate was included in this study. Blank blood and urine samples were taken from each male.

SAMPLING PROCEDURE

COLLECTION OF BLOOD SAMPLES

Blood samples were collected at specific time intervals in EDTA tubes. The first blood sample was collected before the administration of Cefuroxime sodium injection as a control sample from each volunteer. The blood samples were collected at 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8 hours after administration of the dose. Blood samples were then centrifuged at 4000 rpm for 30 minutes, the plasma was separated and stored at -20°C until further analysis.

COLLECTION OF URINE SAMPLES

The control urine sample was collected from each volunteer before administration of the drug. For the study of renal clearance and urinary excretion, the urine samples after drug administration were collected in 45, 75, 105, 135, 165, 240, 360 and 480 minutes after administration of drug in plastic bottles containing 1 Mol/L Na₂CO₃ to buffer the urine above pH 7 for preventing acidic degradation of the drug.

HPLC ANALYSIS

Concentration of cefuroxime was determined by HPLC.

CHROMATOGRAPHIC SYSTEM

Chromatography was performed with a high performance liquid chromatography. The HPLC system was consisted of Shimadzu SCL-10A system controller, UV visible SPD-10AV detector and LC-10AT pump with FUC-10AL VP flow controller wall. Separation was achieved at ambient temperature with Hypersil C18 BDS 250x4.6 column pore size of 5 micron. Chromatographic data was collected and analyzed using CSW32 software.

CHROMATOGRAPHIC CONDITIONS

Quantitative analysis of allopurinol was achieved by using an isocratic mode. UV detector was used for the detection of allopurinol. Hypersil C18 BDS 250*4.6 column was used. Flow rate was maintained at 1ml/min.

PREPARATION OF MOBILE PHASE

The mobile phase consists of Acetonitrile and 0.05 M Disodium hydrogen phosphate buffer (pH 6) in the ratio of 25:75 v/v. The mobile phase was filtered and degassed before use. The mobile phase was filtered in vacuum filtration assembly having cellulose filter which have pore size 0.45µm (Sartorius company). Filtered mobile phase was sonicated for the removal of bubbles for 10 minutes (eyela sonicator).

STANDARDS PREPARATION

STOCK OR WORKING SOLUTIONS

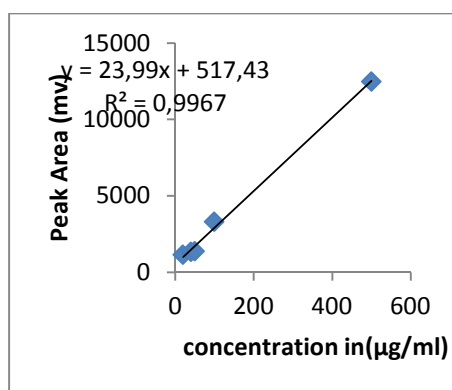
Stock or working solution of Cefuroxime sodium was made up by dissolving equivalent to 10 mg cefuroxime in 100 ml of deionized water.

CALIBRATION STANDARD FOR URINE SAMPLES

Calibration standards for urine samples were prepared by adding the required amount of Cefuroxime sodium working solution added to drug free urine samples to achieve the Cefuroxime sodium concentrations of 20, 40, 50, 100, 500µg /ml were extracted and analyzed as described above, These solutions were filtered through HA 0.45µm membranes filter having a pore size (25 mm filter) and 20 µL was injected into the HPLC for analysis. Calibration graph was prepared by using peak area verses concentrations of calibration standards.

Table 1: Concentration and peak area of standard solution of Cefuroxime sodium

Concentration ($\mu\text{g/ml}$)	Peak Area (mv)
20	1139
40	2232
50	2773
100	5300
500	12476

**CALCULATIONS****DIURESIS**

The rate of urine flow in a time period was calculated as the volume of urine in a collection time period

$$\text{Diuresis (mL/min/kg)} = \frac{\text{Volume of urine in a collection time period (mL)}}{\text{Time (min)} \times \text{body weight (kg)}}$$

RENAL CLEARANCE

It may be defined as the volume of plasma being cleared of drug per unit time per kg of body weight by the kidneys. The renal clearance of endogenous creatinine was used for the estimation of glomerular filtration rate (GFR). Renal clearance of Cefuroxime sodium and endogenous creatinine was calculated by the following formula.

Where cl_R is the renal clearance, U_c and P_c are concentrations of a substance in urine and plasma respectively. U_v is urine rate flow (Diuresis, mL/min/kg).

DETERMINATION OF CONCENTRATION OF CEFUROXIME SODIUM IN URINE AND PLASMA SAMPLES

Concentration of Cefuroxime sodium in plasma and urine by HPLC method mentioned above (El Gindy et al., 2000). The concentration of Cefuroxime sodium in urine and plasma samples was determined by following relationship:

$$y = a + bx$$

Where a = slope, b = intercept, y = absorbance in nm, x = concentration of drug ($\mu\text{g/ml}$)

CREATININE ANALYSIS

Creatinine analysis was performed by creatinine colorimetric detection kit of (merck company). Some important parameters due to which this method was preferred upon conventional method. The Creatinine colorimetric detection kit utilizes a single-step liquid detection reagent that is safer and less time consuming than other assay methods. This kit is calibrated against the NIST standard and offers reproducible results with less than 6% inter- and intra-assay variation.

STATICAL CALCULATIONS

STATISTICAL ANALYSIS

Correlations of renal clearance with pH, diuresis and drug concentrations were obtained through regression analysis at 5% level of significance ($P < 0.05$) (Steel *et al.*, 1997).

RESULTS AND DISCUSSION

RENAL CLEARANCE

Values of diuresis, plasma and urine concentration as Mean $\pm$ SD and renal clearance of cefuroxime and endogenous creatinine in eight volunteers are presented in Table 1.

In present study, the rate of urine flow was recorded to be 0.016 ± 0.002 ml/min/kg.

Values for pH of blood and urine of volunteers of our study were 7.43 ± 0.007 and 6.13 ± 0.21

respectively. Mean $\pm$ SE value for renal clearance of endogenous creatinine was recorded as 7.65 ± 0.37 and 572.2 ± 3.39 ml/min/kg in blood and urine samples present study.

However, the clearance value in present study is 1.315 ± 0.103 . No significant correlation was observed between diuresis, plasma concentration of cefuroxime and urine pH with the renal clearance of drug in male subjects of present study through regression/correlation analysis (Figure1)

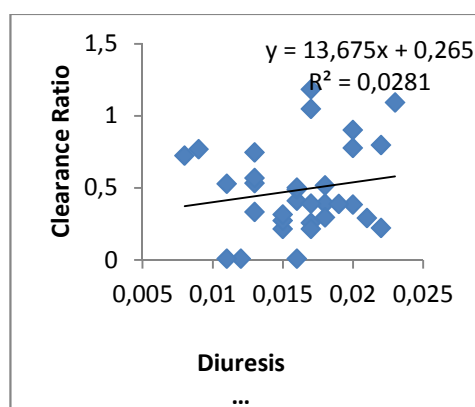


Figure 1: Effect of diuresis of ciprofloxacin on its renal clearance in sheep.

Each data point shows one of the 32 experiments, each comprised of 4 experimental periods.

Sr No	Body weight (Kg)	Diuresis (ml/min/Kg)	pH		Creatinine Conc. (μ g/ml)		Renal Clearance of Creatinine (ml/min/kg) cl_{CR}	Cefuroxime Conc. (μ g/ml)		Renal Clearance of Cefuroxime (ml/min/kg) $cl_{Cefuroxime}$	Clearance Ratio $cl_{cef.}/cl_{CR}$
			Blood	Urine	Plasma	Urine		Plasma	Urine		
1	74	0.016	7.43	6.63	8.2	494.0	1.36	26.527	998.675	0.593	0.436
2	70	0.016	7.42	6.03	6.9	565.7	1.39	27.100	983.000	0.571	0.411
3	68	0.017	7.45	6.90	7.3	461.7	1.01	27.482	992.650	0.605	0.599
4	75	0.018	7.40	6.24	9.1	599.5	1.13	25.613	1011.825	0.691	0.612
5	65	0.018	7.46	5.39	6.9	621.5	1.54	25.815	1012.050	0.715	0.465
6	72	0.017	7.44	6.01	8.0	751.0	1.55	25.835	1003.475	0.660	0.426
7	69	0.015	7.43	5.45	9.0	474.2	0.85	26.740	991.675	0.557	0.655
8	70	0.014	7.42	6.90	6.4	609.7	1.69	26.210	998.075	0.514	0.304
Mean	70.375	0.016	7.43	6.13	7.65	572.2	1.315	26.415	998.928	0.613	0.488
$\pm$ SD	± 3.248	± 0.002	± 0.007	± 0.21	± 0.37	± 3.390	± 0.103	± 0.664	± 10.041	± 0.069	± 0.121

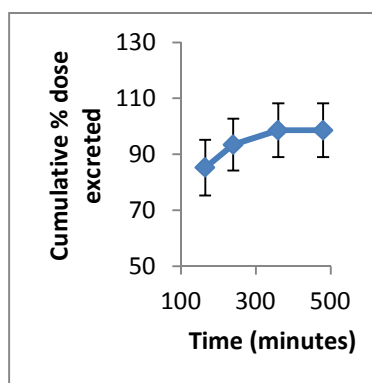


Figure 2: Mean cumulative% amount of dose excreted in urine after intramuscular administration of cefuroxime sodium 750 mg in male subjects at different time intervals

URINARY EXCRETION

Mean $\pm$ SD values for urinary excretion of cefuroxime in sheep have been shown in Figure 2. These values are expressed as cumulative percent of cefuroxime dose excreted in the urine at different time intervals following its intramuscular administration which was observed as 100 % at 480 min post drug administration in the urine of sheep.

DISCUSSION

RENAL CLEARANCE

The renal clearance and urinary excretion of Cefuroxime were investigated in eight healthy male subjects in present study after intramuscular administration of Cefuroxime 750 mg to each volunteer. The pH of the urine of the current study was 6.13 ± 0.21 which is correlated to previously calculated pH of urine 6.13 ± 0.185 (Ghani et al., 2003). Besides these pH of urine is influenced by the seasonal changes, type of food intake, summer and winter season.

The pH of the blood of the current study was 7.43 ± 0.004 which was correlated to previously studied pH of urine 7.43 ± 0.021 (Ran et al., 2010)

The mean $\pm$ SD value of urinary creatinine was 57.2 ± 0.329 mg/dl, which was within range (30-300 mg/dl) as mentioned by (WHO, 1996) also correlated by previously finding 49.32 ± 6.25 mg/dl reported

The mean $\pm$ SD value of renal clearance of endogenous creatinine of the present study was 1.315 ± 0.103 which is correlated with previously reported 1.025 ± 0.3062 in male volunteers by (Foord .1976) and 1.28 ± 0.09 reported by (Bundtzenet al.,1981) in male volunteers. Another study was carried out in Belgium in elderly patients and young adults reported (2.07 ± 1.03) and (1.02 ± 1.08) respectively (Broekhvysen , 1981).

The mean $\pm$ SD value of the renal clearance ratio of Cefuroxime to creatinine of the present study was 0.488 ± 0.121 ml/min/ kg value is correlated with reported earlier 1.37 ± 0.14 ml/min/ kg by (Foord et al., 1976) in male volunteers. A study was conducted by (Gower, 19) reported 1.5 ± 0.15 . However the value of clearance ratio of drug to creatinine is greater than 1 indicating most of drug excreted unchanged in urine (Hardman et al., 1996).

There is a significant ($P < 0.05$) negative correlation ($r = -0.718$) between plasma concentration and clearance ratio of renal clearance of Cefuroxime and renal clearance of endogenous creatinine presented in (Fig 12). It reflects the saturation of excretory mechanism at higher plasma concentration of drug which is indicative of involvement of active tubular secretion.

There is the positive correlation ($r = 0.327$) between the pH of the urine clearance ratio of renal clearance of Cefuroxime and renal clearance of endogenous creatinine as $P > 0.05$ showing a highly non significant relationship between these two parameters presented in (Fig 13). As Cefuroxime is acidic drug by decreasing the pH of the urine the urine became acidic the drug became ionized so does not reabsorbed and excretion increases. As according to data basic drugs are more readily ionized in acidic urine and vice versa. Only ionized form of drug is reabsorbed while ionized or polar drugs are more soluble in water so readily dissolve in body fluids for excretion.

There is a non-significant positive correlation ($r = 0.167$) between diuresis and clearance ratio of renal clearance of Cefuroxime and renal clearance of endogenous creatinine presented in (Fig 14). As the rate of urine flow increases, the rate

of Cefuroxime clearance also increases. This observation indicates that at increase diuresis, the drug has less time to stay in the tubules from where it would be excreted unchanged.

The cumulative percentage of dose excreted in 8 hours in urine of eight healthy male subjects of the present study was $98.599 \pm 9.594\%$. Previously reported the excretion of Cefuroxime during the first 12 hours is 101.9% of a given dose (Foord, 1976). The cumulative percentage of dose excreted after administration of 750 mg Cefuroxime was 96 ± 10 (Bundtzen et al., 1981).

CONCLUSION

It was concluded that Glomerular filtration was involved in the renal handling of cefuroxime while back diffusion was not involved and the renal clearance of endogenous creatinine in indigenous species was lower than their foreign counterparts.

REFERENCES

- [1] Bundtzen, Toothaker, Nielson, Madsen, Welling, Craig. Pharmacokinetics of cefuroxime in normal and impaired renal function: comparison of high-pressure liquid chromatography and microbiological assays. *Antimicrob Agents Chemother.* Mar; 19(3):443-9. (1981).
- [2] Broekhuysen, Deger, Douchamps, Freschi, Mal N, Neve, Parfait, Siska, Winand. Pharmacokinetic study of cefuroxime in the elderly. *British Journal of Clinical Pharmacology.* Dec; 12(6):801-5. (1981).
- [3] El-Gindy, Fattah, Walily and Bedair. First-derivative spectrophotometric and LC determination of cefuroxime and cefadroxil in urine. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis:* 1016. (2000).
- [4] Foord, Cefuroxime: Human Pharmacokinetics. *Journal of Antimicrobial agents and chemotherapeutics.* May;9(5):471-747,1(976).
- [5] Ghani, Glichberg, Sahagian. High incidence of resistant pathogens in community acquired bacteriuria from patients in the Jerusalem area with lower urinary tract infections. *Dec: 14(12)1032-5, 1091-1090, (2002).*
- [6] Gower, Kennedy, Dash. The effect of renal failure and dialysis on the pharmacokinetics of Cefuroxime. *Proc R Society of Medicine.* 70(9): 151-157, (1981).
- [7] Hardman, Fisher, Patel, Neale, Chambers, Lane, Appleberg. Ruptured abdominal aortic aneurysms: who should be offered surgery? *Journal of vascular surgery.* Jan;23(1)123-9, (1996).
- [8] Norrby, Foord, & Hedlund. Clinical and pharmacokinetic studies on cefuroxime. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy's,* 355-62. (1977).
- [9] Ran, Jimbo. Distribution of cefuroxime sodium in mice and tissue pharmacokinetics. *Heilongjiang medical science.* 4:969, (2010).
- [10] Steel, Dickey and Torrie. Linear regression. In: *Principles and Procedures of Statistics: A biometrical approach.* 3rd Ed. McGraw-Hill series in probability and statistics. London : 253-285. (1997).
- [11] Van, Vree, Hafkenscheid & Gimber. Determination of plasma and renal clearance of cefuroxime and its pharmacokinetics in renal insufficiency. *Antimicrobial Chemotherapy.,* 5,281-292. (1979).
- [12] Zhao, Qing, Xingang, Ran, Xiaohui, Lulu, Kaishun. Bioequivalence and Population Pharmacokinetic Modeling of Two Forms of Antibiotic, Cefuroxime Lysine and Cefuroxime Sodium, after Intravenous Infusion in Beagle Dog. *Journal of Biomedicine and Biotechnology,* 2012 :9 (2012).

Integrated Remote Sensing and GIS Applications for Mapping diverse Landscapes and Potential Touristic Destination in Zarzis, Tunisia

Faiza Khebour Allouche¹, Dalel Ouerchefani Bouzaida², Amal Laarif Souguir³, and Abd-Alla Gad⁴

¹Assistant Professor, Departement of Horticultural Sciences and Landscape-ISA-CM - IRESA - University of Sousse, Tunisia

²Researcher on Eremology and Combating Desertification Laboratory IRA - Médenine, Tunisia

³Engineer of Landscape Architecture - ISA - Sousse, Tunisia

⁴National Authority for Remote Sensing and Space Sciences, Cairo, Egypt

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

ABSTRACT: This study aims to present the benefits of a new methodology based on geographic information systems and remote sensing techniques for the identification and classification of Mediterranean landscapes. The approach has been applied to a coastal region of South East Tunisia: the Zarzis region. It is based on the combination of different satellite Landsat-8 image processing, namely supervised and unsupervised classifications and calculation of radiometric indices. Thematic maps and validation of results by Google Earth images have permitted, in a second step, to offer a touristic destination and geolocation of few stations encompassing representative of the area landscapes. This study presents an innovative methodological approach based on remote sensing and GIS to map the types of landscapes in Zarzis region. This approach may be useful in landscaping projects and as an efficient tool to develop a touristic destination by highlighting each type of landscape.

KEYWORDS: GIS, remote sensing, indices, landscape, touristic destination.

1 INTRODUCTION

Tunisia is a southern Mediterranean country that is characterized by remarkable and exceptional landscapes diversity perfect for ecotourism activities. To enhance and preserve these valuable landscapes, there is an urgent need to first identify them. The variability of Tunisian ecosystems spanning mountainous regions, coastal areas and wetland, offer the visitors a range of colors, infinite seasonal varying landscape harmony, shaped by nature and man.

Southern Tunisia is among the Tunisian regions having natural and cultural potentiality. In order to highlight the natural wealth of southern Tunisia, the study focuses on Zarzis region, this remains an unknown destination. Located ten kilometers from the archipelago of Djerba, it is one of the "richest" regions both for the virtues of its "natural" landscapes and for its historic patrimony for centuries. The identification of the different landscapes of Zarzis by remote sensing tools will enhance the visibility of landscape diversity possessed by this region. The relationship between landscape and tourist attractions representations will be addressed through a theoretical study and the development of a methodological approach as remote sensing and GIS.

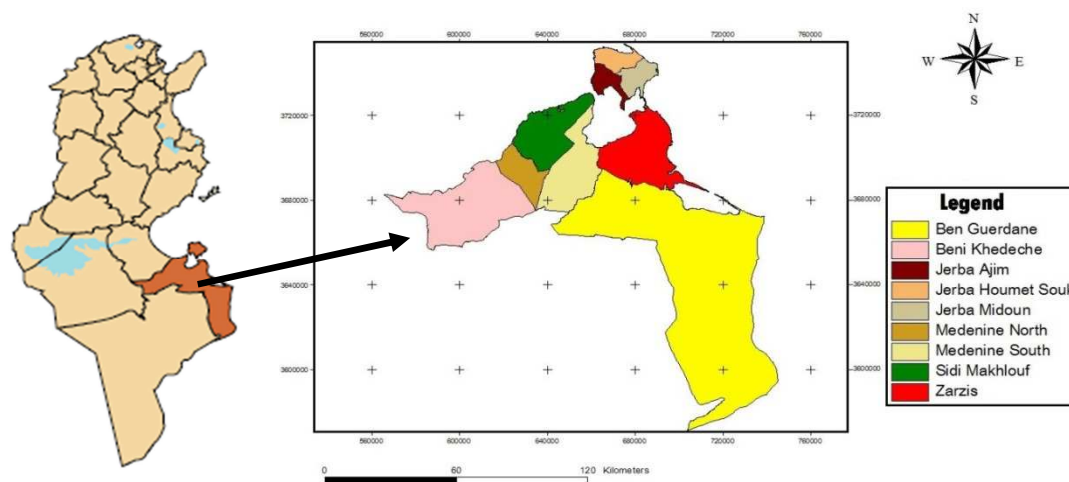


Figure1. Location map of Study area

According to Viviane (2007), the landscape consists of an objective party: the physical media landscape, a subjective, relative to the sensitivity of the observer and linked to his past, its cultural, moral influences and aesthetic, individual and societal criteria. In this context Zhixiao *et al* (2011) defined the concept landscape as "The landscape is not the simple addition of disparate geographic elements". That is, a certain portion of space, the result of the dynamic combination, so unstable, physical, biological and human elements that is dialectically interacting each other to make the landscape a unique and indivisible whole constantly changing". The definition of the European Landscape Convention refers to the landscape as "an area perceived by people, whose character is the result of the action of natural and / or human interrelations" also appears to share this approach that the landscape does not reside or just in the subject, nor only in the subject but in the interface between the two (Passaro and De Joanna, 2014). Moreover, in this definition, the landscape is not compared to the territory, but on a perception of the territory, the distinction is thus made between landscape and resources that compose (soil, forests, buildings, *etc.*).

Being perceived as an area within aesthetic dimensions, socio-economic, cultural or ecological, landscape services can produce several orders. It may thus be represented as a space for recreation, a supplier of history, legend and typical images, a space of agricultural or forestry use, a natural ecosystem, a reservoir of genetic diversity (biodiversity) *etc.* (Chander *et al.* (2009) and Updike & Com (2010)).

According to Michelin (2005), it is essential to address both the functional dimensions, technical, social and cultural landscape in order to integrate it in a development project. According Fabienne *et al*, (2007), representations of the landscape are the aesthetic matrix that governs our appreciation of it and the perception of a landscape is none other than the optical operation of our brain combined with socio-cultural images. The tourist attraction can be defined as a perimeter for recreation that are the subject of a stronger attraction than others, leading to a concentration of attendance at these points.

2 STUDY ZONE

The study area belongs to the governorate of Medenine, located at the South-east of Tunisia. It occupies a privileged geographical position in the middle of the Mediterranean basin and covers an area of 9.167 km² (5.9 % of Tunisia total area and 10 % of the southern region). The island of Djerba and Zarzis are the two regions of the Governorate that allowed the region to be an international touristic destination. Zarzis is located about 80 km from the borders with Libya. It has a very wide coastline, occupying almost 867 square kilometers, or 9.5 % of the governorate area. Its location reflects a strategic importance as one of the most important diversified economic area (touristic, agricultural, industrial, Fish culture, *etc.*). However, the urban environment is inhabited by 70 % of the population and occupies 34 % of Zarzis area of (Figure1). In addition to its touristic potential, the area is also known by the diversification of its industrial, craft, agricultural and fishing

and the diversification of natural resources such as water resources, rangelands, historical and cultural patrimony. Its development is based primarily on tree crops, livestock, fisheries and aquaculture.

The physical environment of Zarzis is composed of the coastal plain of the Jeffara representing a transition zone between the Saharien and the Mediterranean parts. This region is classified in the lower arid bioclimatic stage that undergoes the interaction of Saharan winds, dry, warm and more humid Mediterranean winds. Belonging to the southeast of Tunisia, Zarzis is considered among the areas affected by desertification and drought.

Agricultural activity in the area of Zarzis is the most dominant activity, despite the difficulties that limit the development of this sector such as low rainfall and soil type. It is based mainly on olive trees. Arable land is mainly occupied by the tree and the rest of the area is occupied by cereals, vegetables and legumes that are traditional crops with low yields. Industrial activity in the delegation of Zarzis is based mainly on the food industry in particular as regards olive growing and processing of seafood, and the building materials industry, ceramics and glasses. The business park, the commercial port, the Djerba-Zarzis airport and the road network in the region of Zarzis, facilitate export trade and exchange of food products with neighboring countries, resulting the vitality of the food industry (Laroussi, 2011). The Southern region has experienced very rapid development of the tourism sector, with its long coastline of 480 km, its desert areas, cultural, craft traditions and archaeological wealth. However, the tourism sector is among the most dominant activities in Zarzis region, because it has many natural advantages that make it one of the most important tourist cities of southern Tunisia. It collects various geographical units with a mosaic landscape, where you can admire the specific economic, agricultural, archaeological (e.g. Roman ruins and mosques), cultural (marriage traditions, traditional crafts, culinary traditions). Zarzis Tourism is mainly seaside tourism, with 50 km of beaches and mild hotel infrastructure. A large number of companies in the Zarzis region are oriented towards tourism activities such as car rental agencies, travel agencies, banks, crafts, etc.

3 MATERIALS AND METHODS

Analysis of satellite imagery is intended to provide an initial mapping on a very general typology of landscapes. Thus, basing on a methodological approach using satellite image processing principles, various steps were applied.

3.1 DATA COLLECTION

The satellite image Landsat 8 (Path 190-Row 37) with OLI sensor taken on April the 2nd, 2014, having a relatively good spatial resolution (30 m) is used. Moreover, the images available via Google Earth Pro have also been used for the work of photo-interpretation requiring high spatial resolution, particularly for supervised classification. Other digital data were used as the vector layers of agricultural map of the governorate of Medenine provided by the ministry of agriculture.

The Landsat image is radio metrically corrected, using ENVI 4.6 software. These radiometric corrections are applied to the image to reassign each pixel the nearest possible value to that measured in the field (Emran, 2005). The proposed software that offers a wide range of multi-image and hyperspectral analysis tools automatically corrects the image radiometric reflectance "Top of atmosphere" from the metadata file that accompanies Landsat images (Bendenidina, 2008). However, no spectral filtering has been made since sought to highlight all of the existing landscape in this area of study. For example, marine environments, which have distinct spectral characteristics related to the presence of water, were taken into account, such as saline, the sebkha, etc.

Vector layers were retrieved from the database of the agricultural map of the governorate of Medenine (CRDA Medenine, 2009). They were used in the creation of thematic maps of the Zarzis region.

3.2 IMAGE PROCESSING

According to Girard *et al.* (1999), the interaction between radiation and matter is one of the remote sensing images interpretation bases. Indeed, an object at a given time in a given location, viewed from a certain angle and receiving a given solar radiation has its own spectral behavior. Thus, the spectral signature of the components of a given landscape varies in space and time. The aim was thus to highlight the major types of landscapes in Zarzis area through remote sensing, to obtain a mapping of major landscape units that characterize this region.

Image processing in remote sensing is of major interest to study the components of a landscape such as soil or plant and characterize large landscapes (Chaari, 2013). Unsupervised image processing, prepared in advance, was achieved via Envi 4.6 software in order to have an overview of the landscape organization at Zarzis region of. The pre-zoning typology is based solely on the analysis of reflectance and signal spectral characteristics emitted by the various components of the studied

areas. However, to have a more precise zoning of landscape units and a more precise landscape typology, a second treatment was privileged: the supervised treatment. Validating areas of interest (AOI) was conducted through Google Earth helps to check the ground truth compared with data from the automatic satellite images processing. Once the control plots (plots or training) type of occupancy is checked, a spatial demarcation and allocation type of occupation will be enrolled in Envi4.6.

Two classification tests were carried out in the case of clustering, with the first six classes (minimum of 5 and maximum 6) and the second with 12 classes (minimum 11 and maximum 12). At this stage, it is necessary to define the number and type of classes. We try to identify relatively homogeneous image samples that are representative of different landscape types in the study area. The selection of the data is based on field data validation knowledge performed by Google Earth. Digital information for each band and each pixel of these sets are used so that the system can define classes and then recognize the regions with properties similar to each class.

3.3 CALCULATION OF RADIOMETRIC INDICES

The indices are multivariate analyzes, that is to say, treatment developed from multiple channels. This is often mathematical operations either to reduce the amount of information and / or highlight specific topics (vegetation, soils ...).

3.3.1 NORMALIZED MOISTURE INDEX (INH)

The use of this index is justified by the observation that increasing the water content of a soil induces a stronger decrease in the luminance of wavelengths in the shorter wavelengths. The formula used for calculation of the Index Normalized Moisture Index (INH) is the following

$$INH = (MIR\ Verde) / (MIR + Green)$$

Where MIR: middle infrared band

3.3.2 NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)

The NDVI is a function of the reflectance in the red and near infrared (Gilabert *et al.*, 2002). Indeed, the spectral response of vegetation cover shows a high reflectance in the near infrared and low reflectance in the red. These wavelength areas are therefore widely used as the reflectance difference in these two spectral bands depending on the characteristics of the vegetation chlorophyll (Laporterie, 2002). A relationship between these two bands is used to calculate a vegetation index, NDVI (Normalized Difference of Vegetation Index). The calculation of the NDVI is made from a normalized difference between near infrared and red channels since this index is a function of chlorophyll activity of plants. At first, a colored composition with TM2, TM3, TM4 channels is achieved by assigning the color blue to the TM2 band; green to the TM3 band; red color to the TM4 band. Within this combination of channels, vegetation appears red because it is more reflective in green or in the red, compared with other landscape components namely water, soils and rocks.

NIR = near infrared band

R = red tape

The formula used to calculate the vegetation index is the next available under the tool "Band Math" from the "Basic Tools" menu:

$$NDVI = (b1-b2) / (b1 + b2)$$

3.3.3 BRIGHTNESS INDEX

The brightness value is one of the most common indicators of soil conditions. It reflects changes of clarity in bare soil. The transition from dark colors to light colors is accompanied by a simultaneous increase in radiometric values in both red and near infrared channels (Baret & Hanocq 1993). Among the advantages of this index is that it allows the passage of three variables (the bands) to one (an index) and according to Dubucq (1989), it is the most significant parameter determining the behavior of soil regarding sand or salt presence.

The formula used to calculate the brightness index is as follows:

$$IB = \sqrt{(b1^2) + (b2^2) + (b3^2) + (b4^2)}$$

Where $b1$ = band 3, $b2$ = band 4, $b3 = b4$ = band 5 and band 6

The following formula is then used:

$$\text{Sqrt}((\text{float}(b1) ^ 2) + (\text{float}(b2) ^ 2) + (\text{float}(b3) ^ 2) + (\text{float}(b4) ^ 2))$$

3.4 VALIDATION

Mapping the landscape was derived from satellite images treatments coupled with validations on Google Earth. Field work is essential to geotag stop stations proposed in the tourist circuit. It is to locate, characterize and make the diagnosis of different backgrounds. Taking photos for each station is programmed. A Magellan GPS and a digital camera were used for these purposes, where data collection is based on meetings with resource personnel's ability to provide data on the stations. These meetings are done in administration and in the field and the retrieved information will be useful in the proposal of ecotourism circuit.

The occupation vector layers of soil and soil science recovered will be analyzed based on the input attribute tables. Thematic maps, derived from satellite images classification and computed indices, (e.g. NDVI and IB) will serve us to map the landscape of Zarzis.

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 MAPPING ZARZIS REGION ENVIRONMENTS

Figure 2 shows that the area of this region is mostly occupied by olive groves and paths. These groves are associated with vegetable crops intercropped in northeast, southwest and southeast of the region. The courses are located around sebkha and the most natural environments are occupied by olive trees on isohumic soils or by steppes on sandy soils. Sebkha marks a halomorphic environment that occupies center and south of the area and the rest of the superficies is urbanized or cultivated. Poorly developed soils are scattered east, south-east, west and southwest of the region. Isohumic soils are soils rich in organic materials that form in temperate dry climate region. They give very fertile agricultural land, which is the occupation of the land by olive trees and other crops. The saline soils are soils containing high amounts of salts and occupy a large portion of Zarzis area (Figure 3).

4.2 SUPERVISED AND UNSUPERVISED CLASSIFICATION OF SATELLITE IMAGES

Unsupervised classification highlights five environment classes in Zarzis region (Figure 4). Class 1 includes the communities located beside sea and sabkha "El Melah". The concentration of Class 2 in the northeastern Zarzis region and its southeastern dispersion are linked to the presence of cultivated areas. Class 3 is related to the presence of urbanized and less cultivated area. Class 4 corresponds to areas cultivated or occupied by natural vegetation. Class 5 is a wetlands area (sebkha, lake and water). However Figure 5 shows 4 environmental classes resulting from a supervised classification. Class 1 contains urban environments concentrated in the east. Class 2 includes the cultivated environment and olives. Class 3 includes sandy and salts accumulation environments. Class 4 corresponds to wetlands.

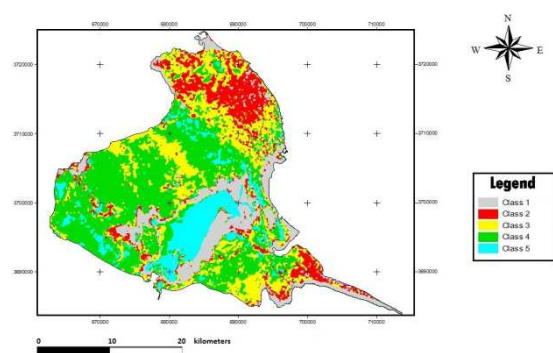


Figure 4. Unsupervised classification map of Zarzis

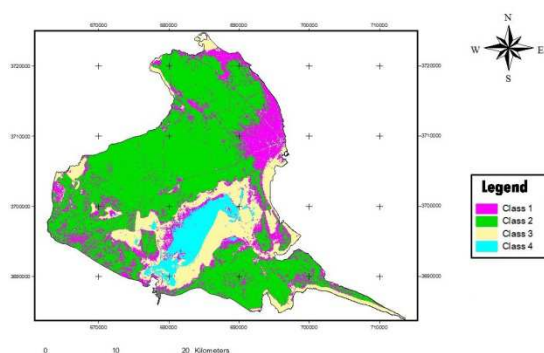


Figure 5. Supervised classification map of Zarzis

4.3 THE RADIOMETRIC INDEXES

4.3.1 MAP OF NORMALIZED MOISTURE INDEX (INH)

The humidity index is indicated in three INH classes: strong $[-0.9783, -0.4688]$, medium $[-0.4688, 0.0408]$ and low $[0.0408, 0.3805]$. Figure 6 shows that the low INH corresponds to the areas marked by the absence of water. Medium INH class is localized around the sebkha and saline areas at north, east and south. The strong INH is represented by El Melah sebkha and salt. According to the spatial distribution of INH classes, 75 % of Zarzis area is characterized low humidity index environments. While 14 % are wetlands and only 11 % are slightly damp.

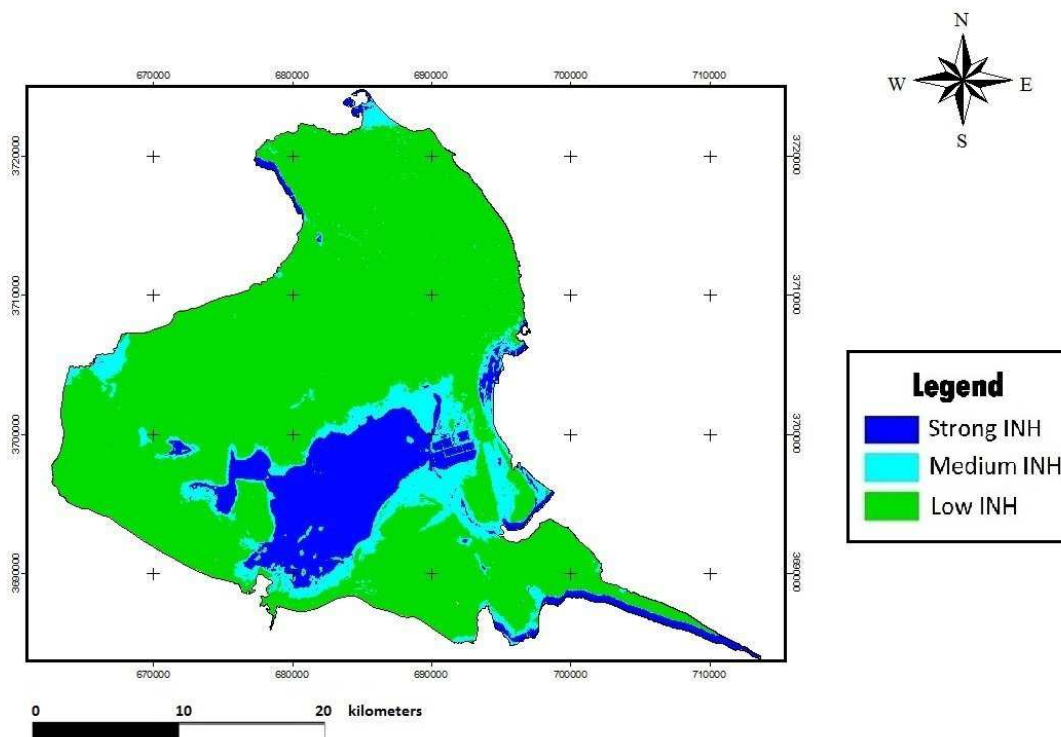


Figure 6. Moisture index map of Zarzis

4.3.2 MAP OF THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)

The vegetation index is classified into five classes: high NDVI $[0.5550, 0.2186]$; NDVI strong enough $[0.2186, 0.0505]$; average NDVI $[0.0505, -0.1177]$; low NDVI $[-0.1177, -0.4540]$ and very low NDVI $[-0.4540, -0.7904]$. The very low NDVI is concentrated in the center of the region, at the El Maleh sebkha and saline areas. It is also scattered on the northwest, east and southeast coast. This low value is due to the lack of vegetation. Low NDVI is concentrated at the sebkha, some tasks are noted especially on the south side of the salt and along the south-east beach. It can be explained by the presence of salt harvesting vegetation in this part. Average NDVI is mainly located south, southwest of the sebkha which explains a greater presence of vegetation. Strong enough NDVI plays a very important part of the region (85 %), almost all over land surface except the sebkha and some coastal parts. This index shows the presence of vegetation such as olive, steppe and other crops. High NDVI is found in small patches scattered mainly in the east and north. The spatial distribution of this class is related to the presence of large vegetation (Figure 7).

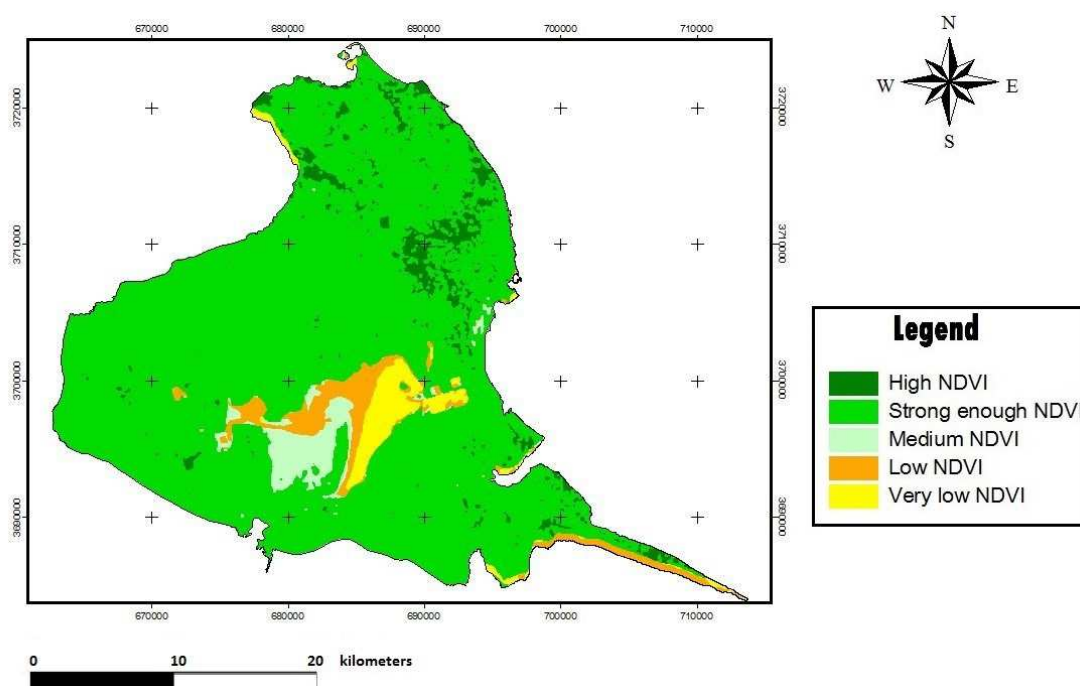


Figure 7. Vegetation index map of Zarzis

The very low classes, low and middle are related to the presence of Sebkhia and salt while strong enough NDVI is explained by the presence of olive trees and other crops. However, high NDVI in the east can be explained by Souihel Oasis which is the most urbanized. The presence of average NDVI is due to a transition between absence and presence of vegetation on one hand and by the nature of the plant species which in this case is related to the halophilic vegetation.

4.3.3 MAPPING BRIGHTNESS INDEX (IB)

Figure 8 shows that the study area is occupied by five IB classes. Areas of low IB [0.3038, 0.1013] almost predominantly in the Sebkhia and scattered along the South-east and north-west coast. The mean IB [0.5064, 0.3038] areas are located arounds the sebkha and scattered to the north, west and south. This average is probably attributed to the presence of salts in soils. The distribution of IB strong enough [0.6077, 0.5064] opposes the foregoing, it is more condensed in north-east and south-east. This class is related to the spatial distribution of habitats. The strong IB [0.7089, 0.6077] is almost half (48%) of the total area region and can be explained by the increased silting covering the study area. The strong IB [0.8102, 0.7089] is located on the west side beach in the area, successively oriented to northwest and southeast. Thus, a concentration southwest side probably related to gypsum. The majority of Zarzis environments have high IB. While the average and the strong enough IB areas are almost equal in size (21 % and 22 %).

The least present media are those low-IB and IB strong. Comparing the map of the vegetation index and that of the gloss value, a first component which is determined by the vegetation index opposing brightness indices. It can be concluded that the floors covered oppose the bare and shiny floors. A second component which is determined by the brightness index associated with the vegetation index is a minor component determined by soils with low gloss value, with low vegetation index and very weak. This is the case of the Sebkhia and the coast of the south east area.

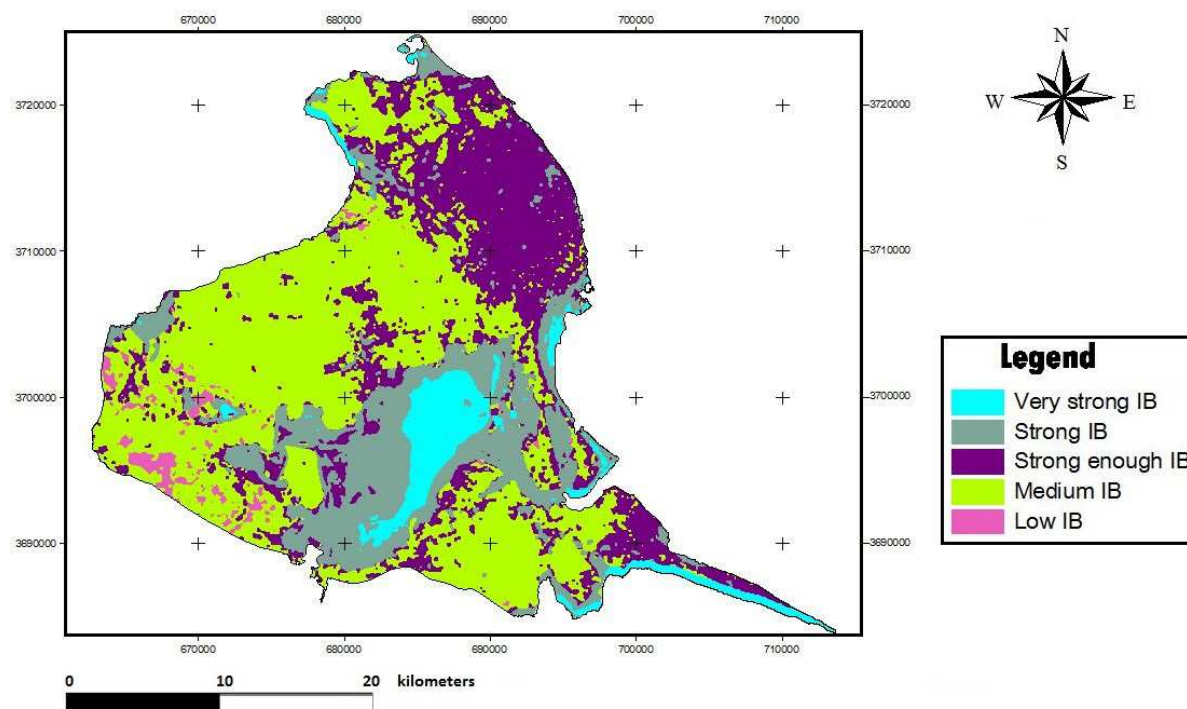


Figure 8. Gloss index map of Zarzis

4.4 MAPPING ZARZIS LANDSCAPES

Figure 9 shows that the Zarzis region is characterized by five landscape types. The coastal landscape stretches almost 80 km. The urban landscape, concentrated on the east and the north sides, occupies 34 % of the total area. Wet landscape (14 %) mark perfectly Sebkha locating (Sebkha El Melah and Sebkha Ain Maider). Natural landscape (11 %) includes steppes and rangelands. Olive landscape (39 %) and sanded olive landscape (8 %) occupy the largest superficies of Zarzis region.

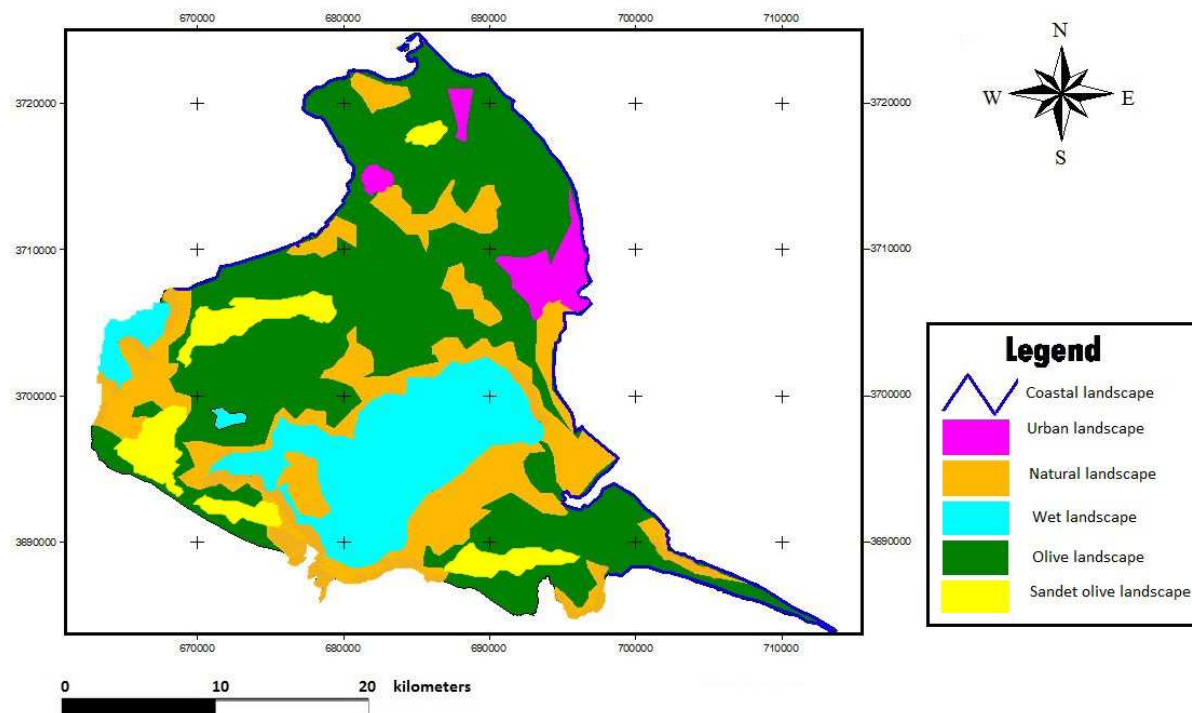


Figure 9. Zarzis landscapes map

5 TOURISTIC DESTINATION PROPOSITION INCLUDING LANDSCAPES

Given the importance deduced in mapping great landscapes types of Zarzis region, a proposal for a few stations to integrate into a tourist destination is presented including a station by landscape type.

- **Rsfett** (680436, 3714265) is a small village very old, located in Zarzis in the south edge of the "golf Boughrara" pool and on the main road Medenine Djerba linking El Kantara to Khalfallah. The components that mark this resort are the pool closed by the Roman road and the small fishing port. Among the best-known cultural activities is the annual Festival Rsfett which is a small entertainment festival, local folklore and the best product dish sea that attracts national and international visitors. Rsfett is a very nice place, hospitality and friendship with nature and well-being, still a virgin, with little urbanization, olive trees, wild bushes, travelers birds, flamingos, sunset on beautiful seabed ... the scenic attraction, ecological and bream dishes, wolves, grouper, squid, shrimp, are all factors that interest many visitors.
- **Ghrabet** (32671464 ; 3697406) : Sandy olive landscape of Grabet is marked by olive groves located in the sand dunes. A mixed landscape between natural and cultivated important phenomenon resulting from silting. It is characterized by the duality of multicolored sand dunes and olive groves: the golden yellow sand and green olives. However, access is not easy since there is no main road to access.
- **The Saline** (692270 ; 3699220) is built next to "Sebkha El Melah"; it extends over twenty kilometers and the salt layer can reach 20 meters in places. To exploit this resource, it is necessary to bring in seawater on the Sebkha. The salt stock dissolves and brine thus obtained is brought on saunantes tables where salt crystallizes with sun and wind. The color pink salts due to salt-tolerant algae, evapotranspiration ponds and harvesting salt and salt mountain that looks like a Ski track forming an attractive wet landscape.
- **Sakit Sola** (694086; 3714553) is located on the east of Zarzis region in Souihel and corresponds to a blank space, with a plunging panoramic sea views. Sakit Sola is rich in fauna and flora and characterized by olives tree, agave, and acacia and is a cultural and natural heritage of Zarzis region. Besides its natural beauty, this area is rich in historical elements, which Roman delimitations stones and small caves were found. In this place visitors can visit to the Eco museum, an ecoartistic

space called "Memory of the sea and the man". It is an exhibition space that recounts memory and history of the region for millennia.

6 CONCLUSION

The successive use of remote sensing and GIS has allowed the study and characterization of different environments of Zarzis area and to develop a map of the greatest landscapes of this region. This allowed assessing the contribution of remote sensing and mapping for the landscapes classification. The unsupervised classification provided a general classification of environments while supervised classification was less lighter but less accurate. Radiometric indices are calculated for the study of moisture, density of vegetation and bare soil in the area. Then by crossing all maps that landscapes of Zarzis are defined. This approach "remote sensing and mapping" aimed to develop new methodologies using surface imaging as an aid to the decision to give results that can be used to support the development of a touristic destination that highlights the potential landscape of Zarzis region.

REFERENCES

- [1] Baret F. and Hanocq. J.F. 1993. The soil line concept in remote sensing. Remote sensing in Environment, Remote Sensing Reviews, Volume 7, Issue 1.
- [2] Chander, G., Brian L. Markham, Dennis L. and Helder (2009), Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, Remote Sensing of Environment 113. 893–903.
- [3] Chaari. H. 2013. Apport de la géomatique à la caractérisation des paysages des régions oasiennes du Sud Tunisien. Projet fin d'études. ISA-CM. 63 p.
- [4] Dubucq. M. 1998. Reconnaissance des sols par télédétection et de leur comportement par rapport à l'érosion dans le Lauragais. Thèse doctorat
- [5] Emran. A. 2005. Données Landsat mises disposition pour le développement durable en Afrique. Institut scientifique UMVA.
- [6] Fabienne Joliet et Thibault Martin. 2007. Les représentations du paysage et l'attractivité touristique : le cas « tremblant » dans les Laurentides. Revue Téoros.
- [7] Gilabert, M.A.; González-Piqueras, J.; García-Haro, F.J. and Melia J. (2002), A generalized soil-adjusted vegetation index., Remote Sensing of Environment 82. 303 – 310
- [8] Girard et al, Girard. M.C & Girard C.M. 1999. Traitement de données de télédétection. Paris. Dunod. 527p.
- [9] Laporterie. F. 2002. Représentations hiérarchiques d'images avec des pyramides morphologiques. Application à l'analyse et à la fusion spatio-temporelle de données en observation de la terre. Thèse doctorat. Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'espace. 177 p.
- [10] Laroussi. B. 2011. Secteur agroalimentaire et sa contribution au développement économique et social du sud Tunisien: cas de la région de Zarzis. École supérieure d'Agriculture de Megrane. Projet de fin d'études, 40 p
- [11] Michelin. Y. 2005. Le paysage dans un projet de territoire : quelques pistes pour une démarche de médiation paysagère. La polyphonie du paysage. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- [12] Nahrath S. and Gerber J. 2014. Pour une approche ressourcielle du développement durable, Développement durable et territoires vol. 5, n°2 (Juin 2014) Varia.
- [13] Passaro A. and De Joanna, P. (2014). Syntactic analysis for the control and development of rural landscape of CILENTO, European Scientific Journal, September 2014 edition vol.10, No.26 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 39.
- [14] Updike T. and Com, C. 2010. Radiometric Use of WorldView-2 Imagery, Digital Globe, Technical Note, Release Date: 01 November 2010.
[http://global.digitalglobe.com/sites/default/files/Radiometric_Use_of_WorldView-2_Imagery%20\(1\).pdf](http://global.digitalglobe.com/sites/default/files/Radiometric_Use_of_WorldView-2_Imagery%20(1).pdf)
- [15] Viviane, B. 2007. Evolution du paysage viticole et arboricole de la région de Riddes- Saxon- Charron, 116 p.
- [16] Zhixiao Xie, Zhongwei Liu, John W. Jones C, Aaron L. Higer, Pamela A. Telis. 2011. Landscape unit based digital elevation model development for the freshwater wetlands within the Arthur C. Marshall Loxahatchee National Wildlife Refuge, Southeastern Florida., Applied Geography 31. 401-412.

Rheological properties of Seven Different Yams (*Dioscorea species*) within the Yam Germplasm

Delali Polycarp¹, Emmanuel Ohene AFOAKWA², and Agnes K. Anane-Asamoah¹

¹Department of Hotel, Catering and Institutional Management,
Bolgatanga Polytechnic, P. O. Box 767, Bolgatanga, UER, Ghana

²Department of Nutrition and Food Science, University of Ghana, P.O. Box LG 134 Legon-Accra, Ghana

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

ABSTRACT: This study was designed to characterize the most cultivated and consumed yam (*Dioscorea*) cultivars within the Ghanaian yam germplasm based on their rheological properties in order to assess their potential alternative food and industrial processing applications. Matured yam varieties grown and harvested under the same climatic and edaphic factors were obtained from the Roots and Tuber Conservatory Division of the Council for Scientific and Industrial Research-Plant Genetic Resources Research Institute, Bunso Ghana. Samples were processed into flour and the pasting characteristics along the length of each variety were determined using Brabender Visco-amylograph (Brabender Instrument Inc. Duisburg, West Germany) equipped with a 700 cmg sensitivity cartridge. Significant differences ($p < 0.05$) existed among the yam varieties for their pasting characteristics. However, no significant differences were observed in the pasting profile along the tail (T), middle (M) and head (H) regions of each tuber. Pastes from flours of *D. rotundata* had high maximum and final viscosities (333.5-384.5 BU and 343.5-404.0 BU respectively). Breakdown viscosity was low (< 10 BU) in all the studied varieties, except *D. dumetorum* (54-71 BU). The findings from this research will be relevant to yam producers and processors in programmes aimed at developing new food/industrial processing applications using Ghanaian yams.

KEYWORDS: *Dioscorea*, Gelatinization, Viscosity, Brabender Visco-amylograph, Pasting characteristics.

1 INTRODUCTION

Yam is an annual or perennial plant that produces mature tubers in 6-10 months and remains dormant for 3-6 months when stored, depending on species and cultivars. The major edible yam species of African origin are white Guinea yam (*D. rotundata* Poir.), yellow Guinea yam (*D. cayenensis* Lam.) and trifoliate or bitter yam (*D. dumetorum* Pax.). Water yam (*D. alata* L.), and lesser yam (*D. esculenta* Burkill) are from Asia, while Cush-cush yam (*D. trifida* L.) originated from the South America [1]. Presently, the different species are distributed all over the world depending on the climatic, cultural and edaphic factors of the environment under which they are cultivated. In Ghana and most West African countries, seven main species are cultivated or harvested from the wild. The wild types of yam may be used as food after processing during the hunger seasons [2].

The time of harvest is critical in terms of tuber maturity, yield and postharvest quality. Depending on the cultivar, the period from planting or emergence to maturity varies from about 6-7 months. In some cases, 6-10 months from planting or emergence to maturity have been recommended [3]; for double-harvesting, harvest first at 5-6 months after planting and then 3-4 months later has also been reported [4].

Starch gelatinization refers to the disruption of the molecular order within starch granules when they are heated in the presence of water. Evidence for gelatinization is characterized by crystalline melting, loss of birefringence and starch solubilization, in which more soluble amylose leaches out into solution with subsequent increased viscosity. The loss of an organized structure includes irreversible granule swelling and crystallinity. Gelatinization of starch takes place over a definite

range of temperature known as the gelatinization temperature. Gelatinization is an energy absorbing process that can be followed by differential scanning calorimetry (DSC). Freitas *et al.* [5] studied the amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches. They observed a more defined process of gelatinization that occurred with yam starch which generates a stronger gel, as well as higher activation energy of gelatinization when compared with that of cassava. This behaviour is in accordance with and dependent on the amylose content in the starch samples obtained (36% and 23% amylose for the yam and cassava respectively) [5].

Several authors reported similar compositions of amylose in yams (27-30%) and cassava (17-21%) ([6], [7], [8], [9] & [10]). An empirical rheological test of the gelatinization properties of starches is the measurement of the viscosity of starch dispersions in a temperature/time profile using the Brabender Viscomylograph or Rapid Visco Analyser (RVA) which has been designed as a simple-to-use viscometer. In a typical RVA profile, six significant points identified: pasting temperature, peak viscosity, viscosity at 95 °C (trough or holding strength), viscosity at constant 95 °C (breakdown), viscosity at 50 °C (final viscosity) and viscosity at constant 50 °C (setback). Pasting is the result of a combination of processes that follows gelatinisation from granule rupture to subsequent polymer alignment, due to mechanical shear during the heating and cooling of starches. Pasting characteristics of starches have been associated with cooking quality and texture of various food products ([11] & [12]). The temperature at the onset of the rise in viscosity is the pasting temperature. It provides an indication of the minimum temperature required to cook a given sample, and has implications for the stability of other components in a food formula.

Pasting temperature is characterized by an initial change in viscosity, due to the swelling properties of the starch [13]. Peak viscosity is a measure of the ability of starch to form a paste; it indicates the highest value of viscosity during the heating cycle. Otegbayo [14] found that pastes from *D. rotundata* had higher values for peak viscosity, breakdown, holding strength, final viscosity, and setback viscosity of 375, 173, 202, 398, and 195 RVU respectively with lower value for pasting temperature (79°C) and comparatively lower values for peak viscosity (231), breakdown (77), holding strength (160), final viscosity (202), and setback viscosity (43) with a higher pasting temperature (83°C) for *D. alata*. Similar results have been reported for various yam varieties by other researchers ([11], [13], [15] & [16]). Starches with low paste stability or breakdown are reported to have weak cross-linking among their granules [17]. This study investigated the rheological properties of yam varieties in the Ghanaian yam germplasm, in order to establish their potential food and industrial applications.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS AND SAMPLE PREPARATION

Seven matured yam varieties grown and harvested under the same climatic and edaphic factors were obtained from the Roots and Tuber Conservatory Division of the Council for Scientific and Industrial Research-Plant Genetic Resources Research Institute, Bunso Ghana. The samples were *D. rotundata* (Pona), *D. alata* (Matches), *D. dumetorum* (Yellow flesh), *D. esculenta* (Large tuber), *D. cayenensis* (Pure yellow flesh), *D. bulbifera* (Deep brown skin) and *D. praehensalis* (Bush yam). Each sample was cleaned by brushing off soil particles and transported at tropical ambient temperature (28-31°C) to the laboratory for analysis. In the laboratory, the samples were washed thoroughly with water, cut into slices of 1.0 by 1.0 cm using a hand slicer. The slices were then dried at 70 °C using an air oven (Wagtech, UK). The dried samples were ground in a Hammer mill (Christy and Norris Ltd, Model 2A, Chelmsford, Surrey, England) into flour to pass through a 250µm mesh size.

2.2 DETERMINATION OF RHEOLOGICAL (PASTING) CHARACTERISTICS

The rheological properties of the yam flours were determined by the use of Brabender Visco-amylograph (Brabender Instrument Inc. Duisburg, West Germany) equipped with a 700 cmg sensitivity cartridge.

2.3 STATISTICAL ANALYSIS

Statgraphics (Centurion version) and Minitab (version 14) were used respectively for statistical analyses and graphical presentation. Analysis of variance (ANOVA) was used to test for significant differences between means. A multiple range test (Tukeys Least Significant Difference) was conducted at a level of significance of $p < 0.05$. Cluster analysis (cluster observation) was carried out to determine yam varieties with similar characteristics. Principal component analysis was used to determine any patterns and explore the relationships between the various parameters and the yam varieties.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 PASTING CHARACTERISTICS OF YAM VARIETIES

The pasting characteristics along the length of each tuber of the yam varieties studied are summarized in Table 1. There were significant differences ($p < 0.05$) in the pasting properties among the different yam varieties, however, no significant differences were observed along the tail (T), middle (M) and head (H) regions of each tuber. Gelatinization temperatures (77.65 to 86.00 °C) were obtained for the studied varieties. The range is comparable to the 73.5 to 82.4 °C reported in literature by other researchers ([13], [18], [19] & [20]).

Maximum time, the duration for sample to reach highest viscosity, varied from 4.11 minutes for the head region of *D. esculenta* to 5.33 minutes for the tail region of *D. Praehensalis*. This is similar to values in literature ([14] & [19]). Maximum viscosity of the samples ranged from as low as 34 BU in *D. esculenta* to 384.5 BU in *D. rotundata*.

Table 1: Pasting characteristics of yam varieties

Yam variety	Yam part	Gelatinization Temperature °C	Maximum Time (Min)	Maximum Viscosity (BU)	Final Viscosity (BU)	Break down (BU)	Setback (BU)	Trough (BU)
<i>D. rotundata</i> (Pona)	Tail	78.75 ^{a,b,c}	4.36	337.0 ^g	343.5	1.0 ^a	31.5 ^{a,b,c}	332.5
	Middle	78.60 ^{a,b,c}	4.31	384.5 ^g	404.0	3.0 ^a	43.5 ^{c,d}	381.5
	Head	79.00 ^{a,b,c}	4.37	333.5 ^g	347.0	0.5 ^a	39.0 ^{b,c,d}	333.0
<i>D. alata</i> (Matches)	Tail	78.75 ^{a,b,c}	4.30	316.0 ^g	367.5	1.0 ^a	91.0 ^g	315.0
	Middle	78.20 ^{a,b}	4.23	297.5 ^g	322.5	8.0 ^a	47.5 ^{c,d,e}	289.5
	Head	78.95 ^{a,b,c}	4.36	215.5 ^{e,f}	249.5	0.5 ^a	44.0 ^{c,d}	215.0
<i>D. dumetorum</i> (Yellow)	Tail	80.60 ^{a,b,c,d}	4.66	185.5 ^{d,e,f}	181.5	54.0 ^b	53.5 ^{c,d,e}	131.5
	Middle	79.70 ^{a,b,c,d}	4.53	196.0 ^{d,e,f}	190.0	55.0 ^{b,c}	56.0 ^{d,e,f}	141.0
	Head	79.50 ^{a,b,c,d}	4.49	200.5 ^{d,e,f}	177.0	71.0 ^c	48.0 ^{c,d,e}	129.5
<i>D. esculenta</i> (Large)	Tail	79.55 ^{a,b,c,d}	4.40	102.0 ^{b,c}	137.5	1.0 ^a	42.5 ^{c,d}	101.0
	Middle	78.75 ^{a,b,c}	4.30	81.0 ^{a,b}	112.0	0.0 ^a	35.5 ^{b,c,d}	81.0
	Head	77.65 ^a	4.11	34.5 ^a	57.0	0.0 ^a	25.0 ^{a,b}	34.5
<i>D. cayenensis</i> (Pure Yellow)	Tail	80.65 ^{a,b,c,d}	4.57	295.5 ^g	273.5	7.0 ^a	8.5 ^a	288.5
	Middle	83.15 ^{d,e}	4.95	203.5 ^{d,e,f}	214.0	0.0 ^a	29.0 ^{a,b,c}	203.5
	Head	80.40 ^{a,b,c,d}	4.55	236.0 ^f	236.5	0.5 ^a	25.0 ^{a,b}	235.5
<i>D. bulbifera</i> (Deep brown skin)	Tail	82.15 ^{c,d}	4.79	155.5 ^d	204.0	1.0 ^a	61.0 ^{f,g}	154.5
	Middle	81.90 ^{b,c,d}	4.76	152.0 ^{c,d}	206.5	0.5 ^a	59.5 ^{e,f,g}	151.5
	Head	81.90 ^{b,c,d}	4.75	153.0 ^{c,d}	206.0	1.0 ^a	60.5 ^{e,f,g}	152.0
<i>D. praehensalis</i>	Tail	86.00 ^e	5.33	77.0 ^{a,b}	97.5	0.0 ^a	30.5 ^{a,b,c}	77.0
	Middle	79.65 ^{a,b,c,d}	4.41	172.0 ^{d,e}	188.0	0.0 ^a	34.5 ^{b,c,d}	172.0
	Head	85.90 ^e	5.31	95.5 ^b	123.5	0.0 ^a	41.5 ^{c,d}	95.5

Values are means from duplicate analyses. Those with the same superscripts in the same column are not significantly different at $P < 0.05$.

There were significant differences ($p < 0.05$) in maximum viscosity among the samples due to varietal differences. The result is indicative of high swelling capacity for the starches from varieties with high maximum viscosity and hence their ability to resist breakdown on cooking [21].

Varieties differ significantly ($p < 0.05$) in their final viscosities which were observed to be in the range of 57.0 BU in *D. esculenta* to 404.0 BU in *D. rotundata*. Final viscosity is the ability of the starch to form viscous paste on cooling as a result of aggregation of amylose molecules. The pasting profile curves of the yam flour from the varieties as generated from Brabender Visco-amylograph are presented in Figure 1.

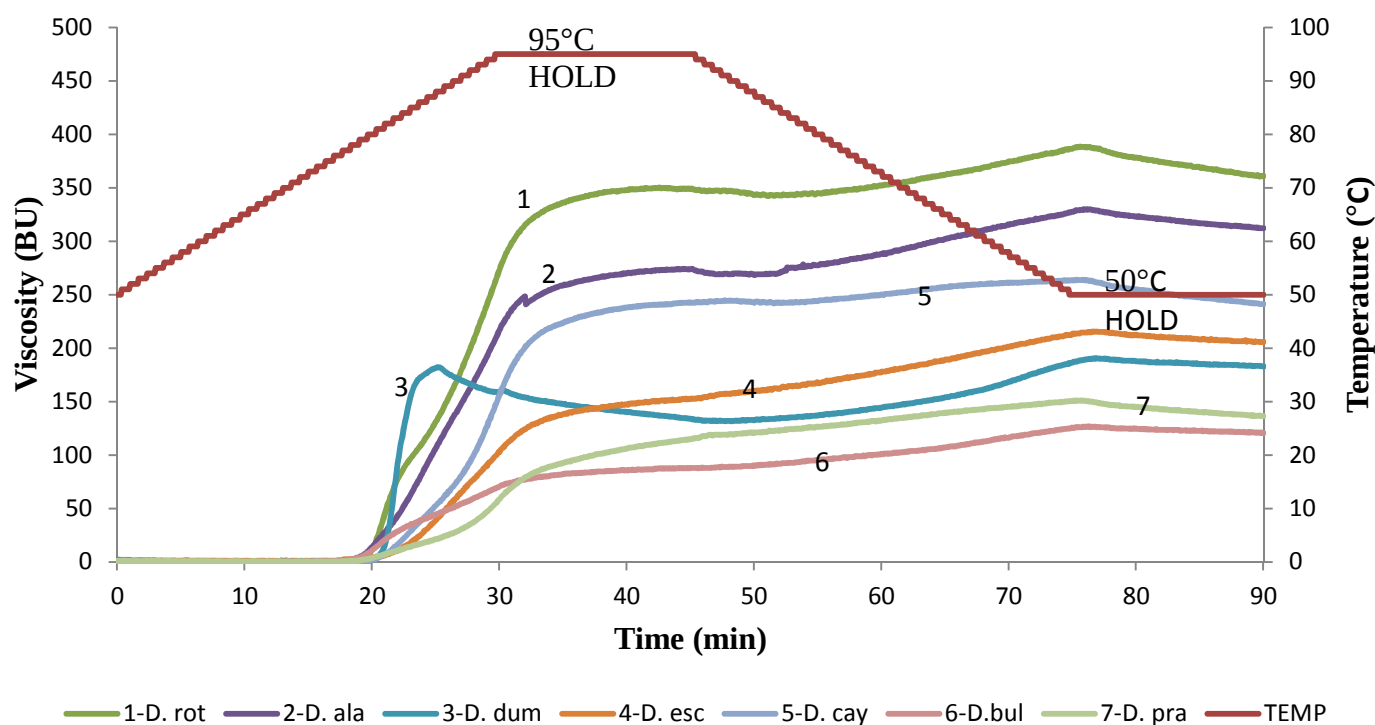


Figure 1: Pasting profile curves of yam varieties from Brabender Visco-amylograph

KEY: *D. rot* = *D. rotundata*, *D. ala* = *D. alata*, *D. cay* = *D. cayenensis*, *D. bul* = *D. bulbifera*, *D. pra* = *D. praehensalis*, *D. esc* = *D. esculenta*, *D. dum* = *D. dumetorum*

Breakdown viscosity observed for all the studied varieties was very low (below 10.0 BU) except *D. dumetorum* that recorded 54.0 BU for the tail region, 55.0 BU for the middle portion and 71.0 for the head section. Breakdown viscosity measures the tendency of the starch granules to rupture when held at high temperatures with continuous shearing. It is indicative of the stability of the starch on heating. This implies that the starch granules of *D. dumetorum* have a high tendency to rupture during cooking at high temperature [21]. Setback values, which measure paste hardening on cooling, differed significantly from 8.5 BU in *D. cayenensis* to 61.0 BU in *D. bulbifera*. The range obtained in this study fell below that reported in literature ([14] & [18]).

The trough (hot paste) viscosity is an indication of the paste stability during heating. This varied from 34.5 BU for *D. esculenta* to 381.5 BU for *D. rotundata*. The head region of *D. esculenta* which recorded the lowest hot paste viscosity was observed to consistently, have the lowest value in all rheological parameters studied, except setback viscosity. This means that it is more susceptible to fragmentation of its starch granules during cooking than the rest.

3.2 TREND IN RHEOLOGICAL PROPERTIES ALONG THE LENGTH OF YAM VARIETIES

No identifiable trend was observed along the head, middle and tail regions of each variety investigated and this was consistent in all the measured attributes (Figure 2).

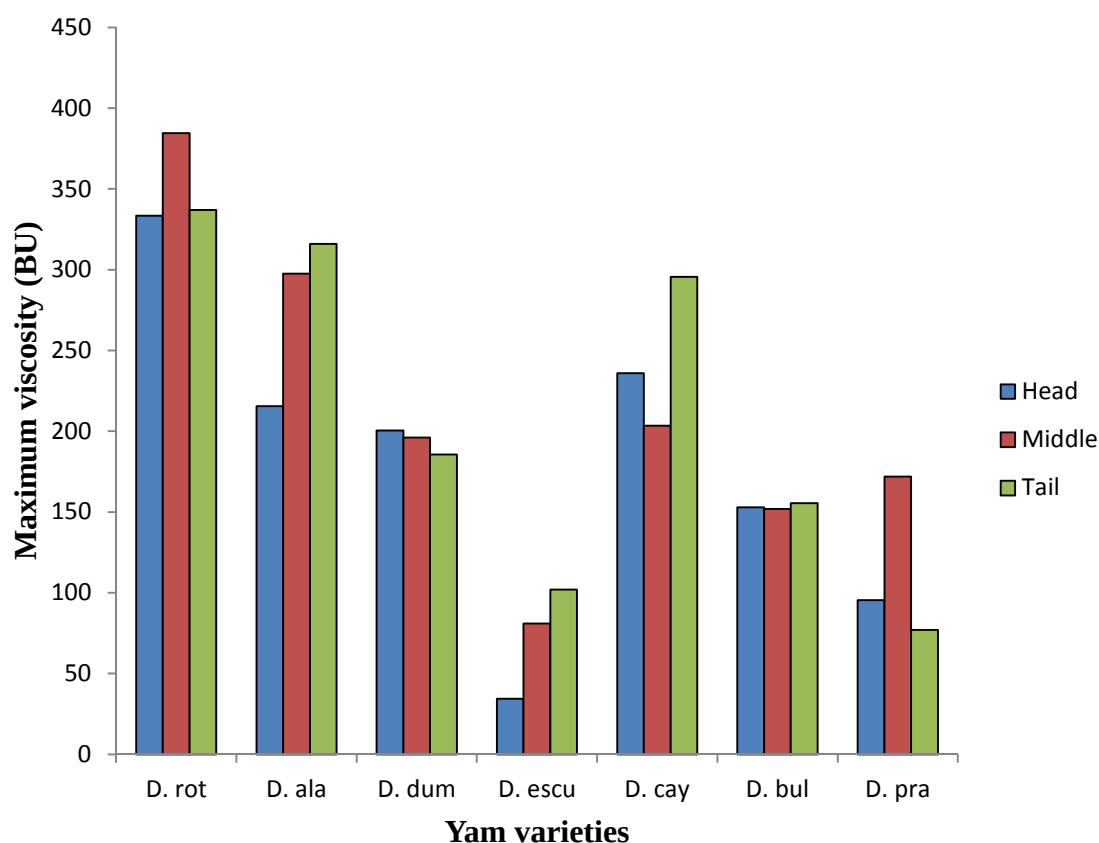


Figure 2: Trend in viscosity of yam flour along each tuber

KEY: *D. rot* = *D. rotundata*, *D. ala* = *D. alata*, *D. cay* = *D. cayenensis*, *D. bul* = *D. bulbifera*, *D. pra* = *D. praezensalis*, *D. esc* = *D. esculenta*, *D. dum* = *D. dumetorum*

3.3 CLUSTER AND PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS FOR RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE YAM VARIETIES

The yam varieties for this study were statistically analyzed for similarities in pasting characteristics using observations and principal component (PC) analyses to establish the patterns and interrelationships that exist between the varieties. The cluster observation dendrogram (Figure 3) grouped the yam varieties into four clusters based on their similarities.

D. rotundata, *D. alata* and *D. cayenensis* formed the first cluster while *D. bulbifera* and *D. praezensalis* were in the second cluster. *D. esculenta* and *D. dumetorum* stood alone in the third and fourth clusters respectively.

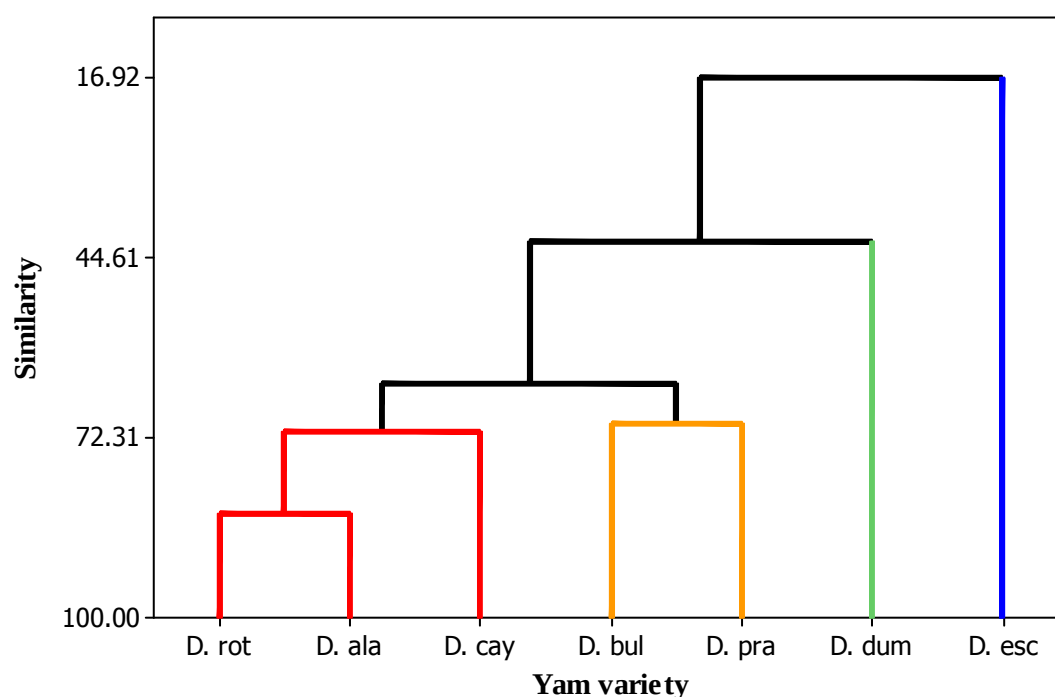


Figure 3: Cluster observation dendrogram for rheological characteristics of yam varieties

KEY: *D. rot* = *D. rotundata*, *D. ala* = *D. alata*, *D. cay* = *D. cayenensis*, *D. bul* = *D. bulbifera*, *D. pra* = *D. praezensalis*, *D. esc* = *D. esculenta*, *D. dum* = *D. dumetorum*

A total of 65.9% of the variations for pasting properties in the varieties were explained by two principal components. PC1 accounted for 37% of the variation while PC2 accounted for 28.9%.

PC1 is dominated by maximum viscosity, final viscosity and trough viscosity; PC2 is dominated by gelatinization temperature of the paste. Comparing the Variable weights and the samples on the score plot (Figure 4) revealed that the shared characteristics which related *D. rotundata*, *D. alata* and *D. cayenensis* were their maximum, final, setback and trough viscosities.

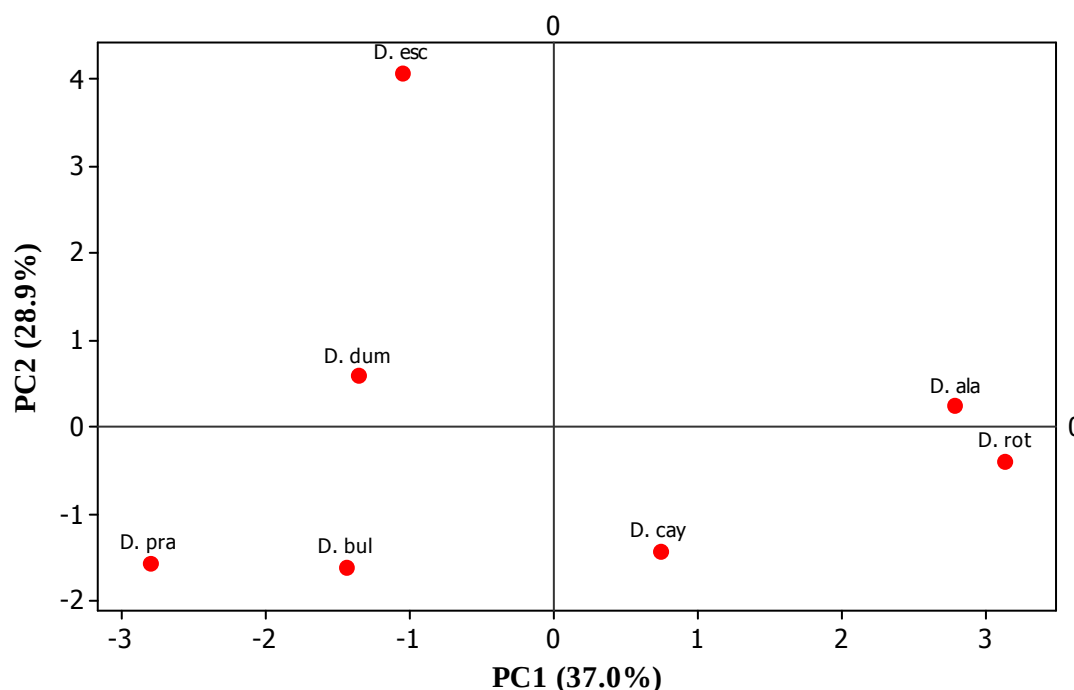


Figure 4: Sample score plot for the principal component analysis of the rheological characteristics of the yam varieties

KEY: *D. rot* = *D. rotundata*, *D. ala* = *D. alata*, *D. cay* = *D. cayenensis*, *D. bul* = *D. bulbifera*, *D. pra* = *D. praezensalis*, *D. esc* = *D. esculenta*, *D. dum* = *D. dumetorum*

Pastes made from *D. rotundata* also recorded relatively high maximum, final and trough viscosities suitable for use in products that require paste stability during heating and hardening on cooling, than *D. alata*. *D. dumetorum* had distinctly high breakdown viscosity while *D. esculenta* had very low breakdown.

4 CONCLUSION

In all, significant differences ($p < 0.05$) existed among the yam varieties for their pasting properties. Pastes from flours of *D. rotundata* had high maximum and final viscosities (333.5-384.5 BU and 343.5-404.0 BU respectively). Breakdown viscosity was low (< 10 BU) in all the studied varieties, except *D. dumetorum* (54-71 BU).

ACKNOWLEDGEMENT

The authors express their gratitude to Dr. Lawrence Abbey, Dr. Charles Diako, Mr. Appolonius Nyarko and Mr. Christopher Kwabena Nchor, for technical support. Special thanks also go to the management and workers of the Root and Tuber Conservatory Department of the Council for Scientific and Industrial Research-Plant Genetic Resource Research Institute, Bunso for supplying the yam samples.

REFERENCES

- [1] Hammer, R. L. (1998). Diagnosis: *Dioscorea*. Wildland Weeds: 8-10.
- [2] Tetteh, J. P. and Saakwa, C. (1994). Prospects and constraints to yam production in Ghana. In: Tropical Root Crops in a Developing Economy. Ofori, F. and Hahn S. K. (eds.). Proceedings of the 9th Symp. of the International Society for Tropical Root Crops, Accra, Ghana.
- [3] Opara, L. U. (1999). Yam storage. In: CGIAR Handbook of Agricultural Engineering.
- [4] Bencini, M.C. (1991). Post-harvest and processing technologies of African staple foods: a technical compendium. Agriculture Services bulletin No. 89. FAO, Rome.

- [5] Freitas, R. A. Paula, R. C. Feitosa, J. P. A. Rocha, S., Sierakowski, M. R. (2004). Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches. *Carbohydrate Polymers* 55: 3–8.
- [6] Whistler, R. L., and BeMiller, J. N. (1997). *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. St. Paul: Eagan Press, pp. 117–151.
- [7] McPherson, A. E. and Jane, J. (1999). Comparison of waxy potato with other root and tuber starches. *Carbohydrate Polymers* 40: 57–70.
- [8] Alves, R. M. L., Silva, R. S. S. F., and Grossmann, M. V. E. (1999). Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. *Food Chemistry*. 67 (2): 123–127.
- [9] Gunaratne, A. and Hoover, R. (2002). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymer*. 49: 425–437.
- [10] Mali, S., Grossmann, V. E., Garcia, M. A., Martino, M. N. and Zaritzky, N. E. (2002). Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, 50: 379–386.
- [11] Moorthy, S. N. (1994). Tuber crop starches. *CTCRI Technical Bulletin Series*, 18: 5–39.
- [12] Kim, Y. S., Wiesenborn, D. P., Orr, P. H., and Grant, L. A. (1995). Screening potato starch for novel properties using differential scanning calorimetry. *Journal of Food Science*, 60: 1060–1065.
- [13] Afoakwa, E. O. and Sefa-Dedeh, S. (2002). Viscoelastic properties and changes in pasting characteristics of trifoliolate yam (*Dioscorea dumetorum*) starch after harvesting. *Food Chemistry*. 77: 203–208.
- [14] Otegbayo, B., Aina, J., Asiedu, R. and Bokanga, M (2006). Pasting characteristics of fresh yams (*Dioscorea* spp.) as indicators of textural quality in a major food product pounded yam. *Food Chemistry* 99: 663–669.
- [15] Brunschweiler, J., Luethi, D., Handschin, S. H., Farah, Z., Escher, F. and Conde-Petit, B. (2005). Isolation, physico-chemical characterization and application of yam (*Dioscorea* spp.) starch as thickening and gelling agent. *Starch/Starke*, 57: 107–117.
- [16] Riley, C. K., Wheatley, A. O. and Asemota, H. N. (2006). Isolation and characterisation of starches from eight *Dioscorea alata* cultivars grown in Jamaica. *African Journal of Biotechnology* 5 (17): 1528–1536.
- [17] Oduro, I., Ellis, W. O., Aryeetey, S. K., Ahenkora, K., and Otoo, J. A. (2000). Pasting characteristics of starch from new varieties of sweet potato. *Tropical Science*, 40: 25–28.
- [18] Huang, C. C., Lin, M. C., and Wang, C. R. (2006). Changes in morphological, thermal and pasting properties of yam (*Dioscorea alata*) starch during growth. *Carbohydrate Polymers*, 64, 524–531.
- [19] Zaidul, I. S. M., Norulaini, N. A. N., Omar, A. K. M., Yamauchi, H. and Noda, T. (2007). RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches. *Carbohydrate Polymers* 69: 784–791.
- [20] Huang, C. C., Lai, P., Chen, H. I., Liu, F. Y and Wang C. R. (2010). Effects of mucilage on the thermal and pasting properties of yam, taro, and sweet potato starches. *Food Science and Technology* 43: 849–855.
- [21] Singh, J., Kaur, L. and McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food Applications - A review. *Food Hydrocolloids* 21: 1–22.

Prevalence of *Schistosoma haematobium* among School Children in Bauchi State, Nigeria

A.M. USMAN¹, Y.D. MALANN², and E.A. BABEKER³

¹Department of Integrated Science, College of Education, Azare, Bauchi State, Nigeria

²Department of Biological Sciences, University of Abuja, FCT, Nigeria

³Department of Biological Sciences, University of Bakht Alruda, Ed-dueim, Sudan

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

ABSTRACT: An investigation conducted to determine the prevalence of *Schistosoma haematobium* among school children was carried out in Bauchi State Nigeria. Six hundred 600 urine samples were collected and examined in the rainy and the dry season each. Sedimentation method was used for the investigation of the *Schistosoma haematobium*. Six hundred (600) questionnaires were distributed in order to determine their knowledge and perceptions about urinary schistosomiasis in relation to their community. The overall prevalence of 423 (35.3%) was observed during the period of study 314 (26.2%) males and 109 (9.1%) females. The difference between the infection rate in males and females was statistically significant ($p < 0.05$). Prevalence rate was also noted to be higher among age groups between 13-14 years 206 (17.2%) followed by 11-12 years 139 (11.6%), 9-10 years 66 (5.5%) and 7-8 had least 12 (1%). This was also tested statistically and was not significant ($p < 0.05$). The prevalence rate in the rainy season was 235 (39.2%) and 188 (31.3%) in the dry season. This was statistically significantly. The study showed that there is prevalence of urinary schistosomiasis in the study area. Poor knowledge of causative agent of the infection and subsequent means of transmission has contributed to the high prevalence recorded. Proper health education, provision of portable water especially in the rural areas as well as raising the standard of primary health care clinics to facilitated correct diagnosis and treatment of the cases is all recommended for the eradication of the disease in the study area.

KEYWORDS: *Schistosoma haematobium*, Students, Bauchi state.

1 INTRODUCTION

Schistosoma, is a genus of trematodes, commonly known as blood fluke. They are parasitic flatworm responsible for a highly significant group of infection in human termed schistosomiasis or Bilharziasis named after the founder Theodor Bilharz. World Health Organization fact sheet (2014) considered schistosomiasis as the second most socioeconomic parasitic disease after malaria, with hundreds of millions infected worldwide. Schistosomiasis affects almost 210 million people worldwide (Fenwick 2012) and an estimated 12,000 to 200,000 people die from it yearly (Lozono *et al.*, 2012 and Thetiot-Lourent *et al.*, 2013). The disease is most commonly found in Africa, as well as Asia and South America (WHO, 2014). Around 700 million people, in more than 70 countries, live in areas where the disease is common (Thetiot-Lourent *et al.*, 2013 and WHO, 2014). The disease is wide spread here in Nigeria with a relatively low mortality rate but very high morbidity rate causing severe debilitating illness in millions of people. It is often associated with development projects, such as dam and irrigation schemes where the snail intermediate host of the parasite breed and people use the water for swimming washing, bathing and fishing.

Five species of schistosome infect humans *S. haematobium*, *S. mansoni*, *S. japonicum*, *S. mekongi* and *S. intercalatum*. *S. intercalatum* is parasite of cattle in West Africa, also occasionally causes the disease in human. Except for *S. haematobium*

that produces urinary tracts disease, the human schistosomes primarily affect the intestine and liver. Chronic schistosomiasis also causes physical growth and cognitive delays in children. *Schistosoma haematobium* (urinary *schistosoma*) occurs in all 36 States of Nigeria including the Federal Capital Territory (Ekpo and Mafiana, 2004). The disease is spread by contact with the water that contains the parasites. These parasites are released from freshwater snails that have been infected. The disease is especially common among children in developing countries as they are more likely to play in infected water. Other high risk groups include farmers, fishermen, and people using infected water for their daily chores. Diagnosis is by finding the eggs of the parasite in a person's urine in case of *S. haematobium* or stool in the case of other *Schistosoma* species. It can also be confirmed by finding antibodies against the disease in the blood (WHO, 2014).

Schistosoma haematobium also known as Urogenital schistosomiasis is the most common here in Nigeria. It is an occupational disease acquired by man through water related activities such as fishing, bathing and recreation (Cowper, 1963). Due to lack of information or insufficient attention to hygiene, infected individuals may contaminate their water supply with urine. Urinary schistosomiasis has been known as a serious public health problem in Nigeria (Remme *et al.*, 1993). This study was aim to determine the prevalence of *Schistosoma haematobium* among school children in Bauchi state.

2 MATERIAL AND METHOD

STUDY AREA

The study was conducted in Bauchi State Nigeria. Bauchi is a State in northern Nigeria and was established in 1976 when the former North-Eastern State was broken up. The State has three Senatorial Zone and 20 Local Government Areas Council which are Bauchi, Tafawa Balewa, DASS, Toro, Bogoro, Ningi, Warji, Ganjuwa, Kirfi, Alkali, Darazo, Misau, Giade, Shira, Jama'are, Katagum, Itas/Gadau, Zaki, Gamawa, Damban. The State is bordered by seven states, Kano and Jigawa to the north, Taraba and Plateau to the south, Gombe and Yobe to the east and Kaduna to the west.

Bauchi State occupies a total land of 49,119km representing about 5.3% of Nigeria's total land area and is located between latitudes 9°3' and 12°3' North and longitude 8°50' and 11° East. According to the 2006 census; the State has a population of 4,653,066. The State is one of the northern States that have two distinctive vegetation namely Sudan and Sahel savannah (Wikipedia, 2014).

In addition to rainfall, Bauchi has a number of rivers. These include the Gongola and Jama'a rivers. The State also has a number of dams for irrigation and other purposes. These include Gubi and Tilde Fulani dams and Lake Maladumba.

SAMPLE COLLECTION

One thousand two hundred (1,200) terminal urine (Samples) were collected in a clean, opening, screw capped, transparent, dry and sterile containers from the students/pupils. The students were selected randomly from the schools children in the State. The recommended time for the collection of sample is between noon and 3pm (CDC, 2013). The Samples were collected with the consent of both the student and Schools Management.

LABORATORY ANALYSIS

The laboratory analysis of the samples collected was carried out at College of Education, Azare Clinic Bauchi State. Urine microscopic is the method used to examine the sample. Microscopic identification of eggs in urine or stool is the most practical method for *schistosoma* diagnosis (CDC, 2013). Urine examination was carried out when *S. haematobium* is suspected. The samples collected were allowed to sediment for a while in the laboratory and the supernatants were discarded, leaving only the deposits at the bottom of the sample containers. Posture pipettes were used to take two drops to a clean and grease-free slide and the covered with a cover slip gently without the formation of air bubbles. The slide mounted on the microscope stage and examined with X10 and X40 objective lenses. The preparation was then magnified and viewed for the presence of *S. haematobium* ova. All the findings were recorded carefully.

DATA ANALYSIS

Comparisons of prevalence with respect to age, sex and season were made using Chi-square. All analysis were done using SPSS software version 17.0 and ($p < 0.05$) was used to determine level of significance.

3 RESULT

Table 1 : The results of this study during the dry season revealed that out of the 600 children examined for *S. haematobium* ova, there was an overall prevalence of 188 (31.3%), indicating 130 (43.3%) males and 58 (19.3%) females which was differ significantly ($p < 0.05$). Age groupings of 7-8, 9-10, 11-12 and 13-14 years had prevalence rates of 7 (4.7%), 35 (23.3%), 59 (31.4%) and 87 (58.0%) respectively, this was also differ significantly ($p < 0.05$).

Table 2 : The results of this study during the rainy revealed that out of the 600 children examined for *S. haematobium* ova, there was an overall prevalence of 235 (39.2%), indicating 184 (61.3%) males and 51 (17.0%) females which differed significantly ($p < 0.05$). Age groupings of 7-8, 9-10, 11-12 and 13-14 years had prevalence rates of 5 (3.3%), 31 (20.7%), 58 (53.3%) and 119 (79.3%) respectively, this was also differ significantly ($p < 0.05$).

Table 3: The results of the infected children in both seasons (dry and rainy) were comparable statistically. The age was not significantly different ($p > 0.05$) but the sex significantly different ($p < 0.05$) as shown in the table.

Table 4: shows that out of the 600 questionnaires administered, only 120 responses have the knowledge of the etiology and the mode of transmission of schistosomiasis. As 120 (20.0%) of the respondents attributed urinary schistosomiasis to water contact activities. With remaining 480 (80.0%) respondents attributed the etiology to other causes. 70 (11.7%) respondents believed that the disease was a common sickness "like malaria fever, 198 (33%) respondents attributed the cause as normal in developing stage and 212 (35.3%) respondents believed it was caused by taking food with too much salt.

Table 1: Prevalence of *Schistosoma Haematobium* according to age and gender during dry season

Parameter	Number Examined	Number Effected (%)	Degree of Freedom	Significance Value	Decision
Age:					
7-8	150	7(4.7)	3	0.00	Significant $P < 0.05$
9-10	150	35(23.3)			
11-12	150	59(31.4)			
13-14	150	87(58.0)			
Gender					
Male	300	130(43.3)	1	0.03	Significant $P < 0.05$
Female	300	58(19.3)			
Total	600	188(31.3)			

Table 2: Prevalence of *Schistosoma Haematobium* according to age and gender during rainy season

Parameter	Number Examined	Number Effected (%)	Degree of Freedom	Significance Value	Decision
Age:					
7-8	150	5(3.3)	3	0.00	Significant $P < 0.05$
9-10	150	31(20.7)			
11-12	150	58(53.3)			
13-14	150	119(79.3)			
Gender					
Male	300	184(61.3)	1	0.03	Significant $P < 0.05$
Female	300	51(17.0)			
Total	600	235(39.2)			

Table 3: Prevalence of *Schistosoma Haematobium* according to gender and age in both seasons

Paramater	Dry Season (%)	Rainy Season (%)	Degree of Freedom	Significance Value	Decision
Age:					
7-8	7(58.3)	5(41.7)	3	0.316	Not Significant P<0.05
9-10	35(53.0)	31(47.0)			
11-12	59(42.4)	58(57.6)			
13-14	87(42.2)	119(57.8)			
Gender					
Male	130(41.1)	184(58.6)	1	0.03	Significant P<0.05
Female	58(53.2)	51(46.8)			
Total	188(44.4)	235(55.6)			

Table 4: Knowledge and Perception of respondents about Urinary schistosomiasis in Bauchi State

No	Attribute cause of <i>Schistosoma haematobium</i>	Number of respondent (%)
1	Common disease like malaria	70(11.7)
2	Water contact activities	120(20.0)
3	Food we eat	212(35.3)
4	Developmental stage	198(33)
Total		600(100)

4 DISCUSSION

Bauchi State experience two climatic seasons, the dry season (October to April) and the wet season (May to September). In this, study school children were the target. This is because they are the main groups at risk. WHO Expert Committee (2002) report said the main groups at risk are school age children, specific occupational group (fishermen, irrigation workers, farmers), woman and other groups using infected water for domestic purposes. However, most if not all of the previous studies target urban areas ignoring the rural areas, where the majority of their residents are farmers and irrigation workers. The high prevalence (39.2%) was observed during the rainy season due to the frequent contact of the children with prevailing water bodies in the period. This finding agrees with the earlier report by Mafiana *et al.* (2003) that infection in pre-school and school children was primarily due to exposure occasioned by washing, bathing, dry season farming, and fishing activities, also Biu *et al.* (2000) said the peak period of the infections is between August and September. However the low prevalence observed (31.3%) during the dry season when compared with the rainy period was not totally unexpected because of local climatic conditions particularly the long dry months that did not favor the small snail habitats which are the ponds and the rivers. These habitats dried up during the dry season with the resultant desiccation and death of most of the vector snails, hence limiting perennial transmission. It was actually the remaining collections of water with the few surviving hibernated snails that provided fresh ground for vector snails to multiply when the next rainy season came as observed earlier by Belonwu (2007) in the study area and this was tested statistically which differed significantly ($p < 0.05$). The higher prevalence among males (74.2%) than the females counterparts (25.8%) with a significant difference ($p < 0.05$) could be due to the greater water contact activities by male compared to their females counterpart. These agree with El-Mahmoud and Daughari (2008), Abdullahi and Saidu (2011) and Faruk *et al.* (2009) in Misau, Niger and Danjarima respectively. However, it was observed that females were less prone to long period of swimming and therefore had less exposure to water activities (swimming) compared to males. Olusanya and Odiomu (1984) as well as Edungbola *et al.* (1988) stated that females mature earlier and are therefore restricted socially compared to males to swim naked in the stream. The study showed that children between the ages of 13 – 14 years had the highest prevalence followed 11-12, 9-10 and 7-8 had the least. The low prevalence observed in the last age group could be attributed to the fact that this age group only accompanies the older ones to the open water bodies but are not actively involved in activities that take place at the water contact sites because of their age and fear of drowning as observed by Ogachukwu and Patience (2013). The rise in prevalence with age could be attributed to exposure factor. Consequently, at early age, water contact activities such as swimming, washing and bathing inside the water (river) body are less and these activities could increase with age and maturity. These also agree with Abdullahi and Saidu (2011), Dawu *et al.* (2009), Biu *et al.* (2009) and Faruk *et al.* (2009) in Niger, Minjibir, Konduga and Danjarima respectively.

However as revealed by the questionnaire, the majority of the residents (Rural areas) were not aware of the actual cause, mode of transmission, and control of urinary schistosomiasis as only 120 (20%) of the respondent attributed the cause of

urinary schistosomiasis to water sources. Although, they are very knowledgeable about the disease which is called Tsagiya in their language (Hausa). Similarly, Dawu *et al.* (2009) observed this in neighboring state. This shows high level of ignorance as to the causative agent and mode of transmission of the disease. The respondents have different believe as 212(35.3%) respondents believe the disease is contacted by taking too much salt, another 70 (11.7%) respondents believe is common disease like Malaria and 198(33%) respondents believe is normal in the development stage. Haematuria was also observed in more than quarter of the samples and this trend has been observed by Duwa *et al.* (2009) and Oniya and Odaibo (2006).

In conclusion, there is prevalence of *Schistosoma haematobium*, in the study area. However, information revealed that there is no control programmed on the disease in Bauchi State for now. If the situation is left unchecked without proper control, it may affect the standard of education of the children especially in the rural areas, as well as the productivity of the rural populace in the study area.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the college management and the clinic staff especially the Laboratory technicians for their support and technical assistances in the collection and screening of the samples collected.

REFERENCES

- [1] M. Abdullahi and T.B. Sa'idu, Prevalence of Urinary *Schistosoma haematobium* among School Age Children in Wushishi Local Government Area of Niger State. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. Vol. 4 no.2 pp 53-55, 29: 9-18.2000.
- [2] R. Bolonwu, Prevalence and intensity of *Schistosoma haematobium* Infection among Primary School Children Katagum Local Government, Bauchi State, Nigeria. *Sahel Medical Journal* Vol. 10 no.1 pp. 11-12, 2007.
- [3] A.A Biu, C.O. Nwosu and A. Akuta, The incidence of human schistosomiasis in Maiduguri, northern Nigeria. *Bioscience Res. Comm*. Vol.12 no.1 pp 9-11, 2000.
- [4] A.A Biu, H.B. Kolo and E.T. Agbadu, Prevalence of *Schistosoma haematobium* Infection in School Age Children of Konduga Local Government Area, Northeastern Nigeria. *International journal of biomedical and Health Sciences*.Vol.5 pp.181-184, 2009.
- [5] Centers for Disease Control and Prevention, Laboratory Identification of Parasitic Disease of Public Health Concern. *CDC INF* (800) pp.232-4636. 2013.
- [6] S.G. Cowper, Schistosomiasis in Nigeria, *AnnTrop. Med. Parasitol*, 57. pp 307-332.1963
- [7] M.R. Duwa, T.I. Oyeyi and S.E. Bassey, Prevalence and Intensity of Urinary Schistosomiasis Among Primary School Pupils In Minjibir Local Government Area of Kano State. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, vol.2 no.1 pp 75- 78. 2009.
- [8] L.D. Edungbola, S.O. Asaolu, M.K. Omonisi and B.A. Aiyedun, *Schistosoma haematobium* Infection Among School Children in the Banana District, Kwara State, Nigeria. *African Journal of Medical Science* 17 pp 187-193.1988
- [9] U.F. Ekpo, and C.F. Mafiana, C.F. Epidemiological Studies of Urinary Schistosomiasis in Ogun State, Nigeria. Identification of high- risk communities. *Niger Journal*, Vol;25, pp 111-9. 21-24.2004
- [10] A.M. El-mahahmood, and J.H. Daughari, Prevalence of Urinary Schistosomiasis in Misau, Bauchi State, Nigeria. *International journal of environmental science*. Vol. 4.pp 27-30.2008.
- [11] S. Faruk, O. Azeez-Akande, A.S. Isa and I. Zubairu, Urinary Schistosomiasis in the Danjarima Community in Kano, Nigeria. *J Infect Dev Ctries*.Vol. 3no.6 pp 452-457.2009
- [12] Fenwick, A. (2012): "The Global Burden of Neglected Tropical Diseases." *Public health*, 126 (3): 233–6. Retrieved 5 apr 2014 from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22325616> Nigeria Geographers (ANG) held at University of Abuja, 14th-19th.
- [13] Lozano, R., Naghavi. M., Foreman, K., Lim, S, Shibuya, K. Aboyans, V., Abraham, J. and Adair, T. (2012): "Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010". *Lancet*, 380 (9859): 2095–128. Retrieved 5 April 2014 from [http://www.dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61728-0](http://www.dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61728-0)
- [14] C.F. Mafiana, U.F. Ekpo and D.A. Ojo, Urinary schistosomiasis in Preschool children in settlements around Oyan reservoir in Ogun State, Nigeria. Implication for control. *Tropical Medical International Health*. Vol. 8 no.1 pp78-82.2003
- [15] C.O Ogochukwu and O.U. Patience, Urinary schistosomiasis in urban and semi Urban communities in South-Eastern. Nigeria. *Iranial Journal of Parasitol*. Vol: 8 No 3, pp 467-473. 2013
- [16] O.O. Olusanya and F.A. Odiomu. Scistosomiasis in Volta Region of Ghana *Ann. And Parasitology*. Vol. 51 no.1 pp 9 – 10.1984

- [17] M.O. Oniya and A.B. Odaibo, Re-infection patterns and predictors of urinary schistosomiasis among school pupils from a south western village in Nigeria. *International Journal of Tropical Medical* (1). pp.173-177. 2006
- [18] H.J. Remme, Raadt, Dep. And T. Global, The Burden of Tropical Diseases. *Medical Journal Australia*, 157. pp 405-469.1993
- [19] S.A. Thétiot-Laurent, J. Boissier, A. Robert and B. Meunier, "Schistosomiasis Chemotherapy". *Angewandte Chemie (International ed. in English)* vol. 52 no.31.pp 7936–56, 2013.
Retrieved 5 April 2014 from <http://dx.doi.org/10.1002/anie.201208390>
- [20] WHO Expert Committee, Prevention and control of schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis. *World Health Organ Tech Rep Ser*, 912. pp 1–57.2002
WHO, (2014) "Schistosomiasis Fact sheet N°115". Retrieved 5 April 2014
From <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/en/2009> (/01/2010) and <http://www.tulane.edu/malaria> (5/08/2010).
- [21] *Wikipedia the free encyclopedia (April 2014): Schistosomiasis*.
Retrieved from <http://en.wikipedia.org/wiki/file:schistosomiasis>

Profil des parasites gastro-intestinaux du caprin au sud et au centre de la Côte d'Ivoire

[Profile of gastrointestinal parasites of goats in southern and central Côte d'Ivoire]

Alex Stéphane Affian EMANFO¹, Amino Marie Amélie Clarisse KOMOIN-OKA², Mamidou Witabouna KONE³, and Memel Elie ESMEL⁴

¹Laboratoire de Biologie et Cytologie Animale, UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire Central Vétérinaire de Bingerville (LCVB), Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole (LANADA), BP 206 Bingerville, Côte d'Ivoire

³Laboratoire de Biologie et Amélioration de la production végétale UFR des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

⁴Agence Nationale d'appui au Développement Rural, BP v 183 Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: An epidemiological study was carried out in 2015 in five regions of southern and central Côte d'Ivoire. It aimed to determine the profile of gastrointestinal parasites of goats bred or sold in this area. Ninety six (96) digestive tracts were examined (8 per month); and 1344 stool samples were analyzed (112 per month). Seven (7) genera of parasites have been identified: *Oesophagostomum* sp (with a prevalence of 72,92 %), *Haemonchus* sp (71,88 %), *Trichostrongylus* sp (70,83 %), *Bunostomum* sp (61,46 %), *Trichuris* sp (48,96 %), *Moniezia* sp (43,75 %) and *Strongyloides* sp (13,54 %). The mean parasitic intensity of *Trichostrongylus* sp (PI = 30 104) is much higher than that of other parasites. The stool examinations allowed the identification of eggs of strongyles (prevalence = 91.15%), of Whipworms (0.59%) of *Moniezia* (1.04%) and coccidia oocysts (95.83%). The prevalence of each parasite species varies significantly from one region to another. Younger animals seem more infected than adults.

KEYWORDS: Prevalence, *Trichostrongylus*, *Haemonchus*, *Oesophagostomum*, Coccidia, Goat, Côte d'Ivoire.

RESUME: Une étude épidémiologique a été réalisée, en 2015, dans cinq régions du sud et du centre de la Côte d'Ivoire. Elle visait à déterminer le profil des parasites gastro-intestinaux des caprins qui y sont élevés ou vendus. Quarante-deux (96) tubes digestifs ont été examinés, à raison de 8 par mois ; et 1344 prélèvements coprologiques ont été analysés, à raison de 112 par mois. Sept (7) genres de parasites ont été mis en évidence: *Oesophagostomum* sp (avec une prévalence de 72,92 %), *Haemonchus* sp (71,88 %), *Trichostrongylus* sp (70,83 %), *Bunostomum* sp (61,46 %), *Trichuris* sp (48,96 %), *Moniezia* sp (43,75 %) et *Strongyloides* sp (13,54 %). L'intensité moyenne de *Trichostrongylus* sp (IP = 30 104) est beaucoup plus élevée que celle des autres parasites. Les examens coprologiques ont permis de mettre en évidence des œufs de strongyles (prévalence = 91,15 %), de Trichures (0,59 %), de *Moniezia* (1,04 %) et des oocystes de coccidies (95,83 %). La prévalence de chaque espèce parasitaire variait significativement d'une région à une autre. Les plus jeunes animaux semblaient plus parasités que les adultes.

MOTS-CLEFS: Prévalences, *Trichostrongylus*, *Haemonchus*, *Oesophagostomum*, Coccidies, Caprin, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la viande de caprin est très prisée. En effet, plus de 450 ruminants, dont environ 150 caprins, sont abattus chaque jour à l'abattoir d'Abidjan. Mais, la quasi-totalité de ces animaux est importée depuis les pays sahéliens (Mali, Burkina Faso, Niger). La production nationale de protéines animales couvre moins de la moitié des besoins [7, 26, 9]. L'Etat ivoirien s'est donc engagé, depuis plusieurs décennies, à promouvoir l'élevage afin de parvenir à une autosuffisance en protéines animales et générer des emplois pour ralentir le chômage des jeunes [26]. Toutefois, les tentatives d'installation des éleveurs, par l'Etat, se heurtent à des difficultés d'ordre sociologique, nutritionnel et sanitaire [25]. Cette dernière difficulté serait la plus épineuse, surtout celle liée aux pathologies parasitaires qui seraient responsables de plus de la moitié des mortalités des jeunes animaux [18, 1]. Les parasitoses gastro-intestinales seraient également l'une des principales causes de la productivité suboptimale des animaux dans le monde [28, 2, 25]. De ce fait, une connaissance précise du profil parasitaire des animaux d'élevage dans les différentes zones agro-écologiques, est une condition préalable pour une meilleure approche épidémiologique et économique. Dans cette perspective, des enquêtes épidémiologiques réalisées par Achi *et al.* [1] sur les ovins et les caprins dans la zone savanicole nord, et par Komoin-Oka *et al.* [18] dans la zone forestière sud sur les ovins de race Djallonké, ont permis d'identifier *Trichostrongylus colubriformis* et *Haemonchus* spp comme étant les parasites majoritaires. Par contre, dans la zone sud, aucune base de données n'est disponible sur les parasites gastro-intestinaux du caprin. Par ailleurs, les données recueillies dans les zones centre et nord sur les petits ruminants sont vieillissantes (déjà au moins 13 ans). Aussi la prévalence et l'intensité parasitaire de ces zones peuvent varier du fait du phénomène de changement climatique qui n'épargne pas la Côte d'Ivoire. Les données parasitaires nécessitent donc une actualisation. Cette étude a pour objectif d'établir le profil des parasites gastro-intestinaux des caprins dans cinq régions du sud et du centre de la Côte d'Ivoire pour faciliter le développement de l'élevage dans ces zones.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PÉRIODE ET ZONES D'ÉTUDE

Cette étude s'est déroulée de décembre 2014 à décembre 2015. Le sud et le centre de la Côte d'Ivoire ont constitué les zones d'étude notamment les régions du N'Zi (Dimbokro), du Moronou (Bongouanou), de La Mé (Adzopé), de l'Agneby-tiassa (Tiassalé, Azaguié), et le district autonome d'Abidjan. La figure 1 présente la situation géographique de ces régions.

Le relief dans cette zone est dominé par des plaines au sud et des plateaux au centre. La végétation est une variation de forêt dense, de forêt aménagée, de zone reboisée, de forêts claires et de jachères. Les espèces végétales dominantes sont *Dacryodes klaineana*, *Parinari glabra*, *Parkia bicolor*, *Heritiera utilis*, *Terminalia ivorensis*, *Funtumia africana*, *Trichilia monadelpha*, *Musanga cecropioides* et *Macaranga barteri* [20, 10]. Une substitution progressive de cette végétation aux cultures vivrières et industrielles est une réalité dans cette zone. Le climat, de type soudano-guinéen, comporte quatre saisons. Au sud, il y a deux saisons sèches (décembre à mars et juillet à août) et deux saisons pluvieuses (mars à juin et septembre à novembre). Au centre, il y a également deux saisons sèches (novembre à février et juillet à août) et deux saisons pluvieuses (mars à juin et septembre à octobre). Les précipitations varient entre 1 200 et 1 500 mm au centre avec une moyenne mensuelle de 96,23 mm et un coefficient de variation de 0,95. La température moyenne y est de 26,74 °C avec un coefficient de variation de 0,04. Au sud la pluviométrie annuelle dépasse 1500 mm [31, 19, 8, 33, 17].

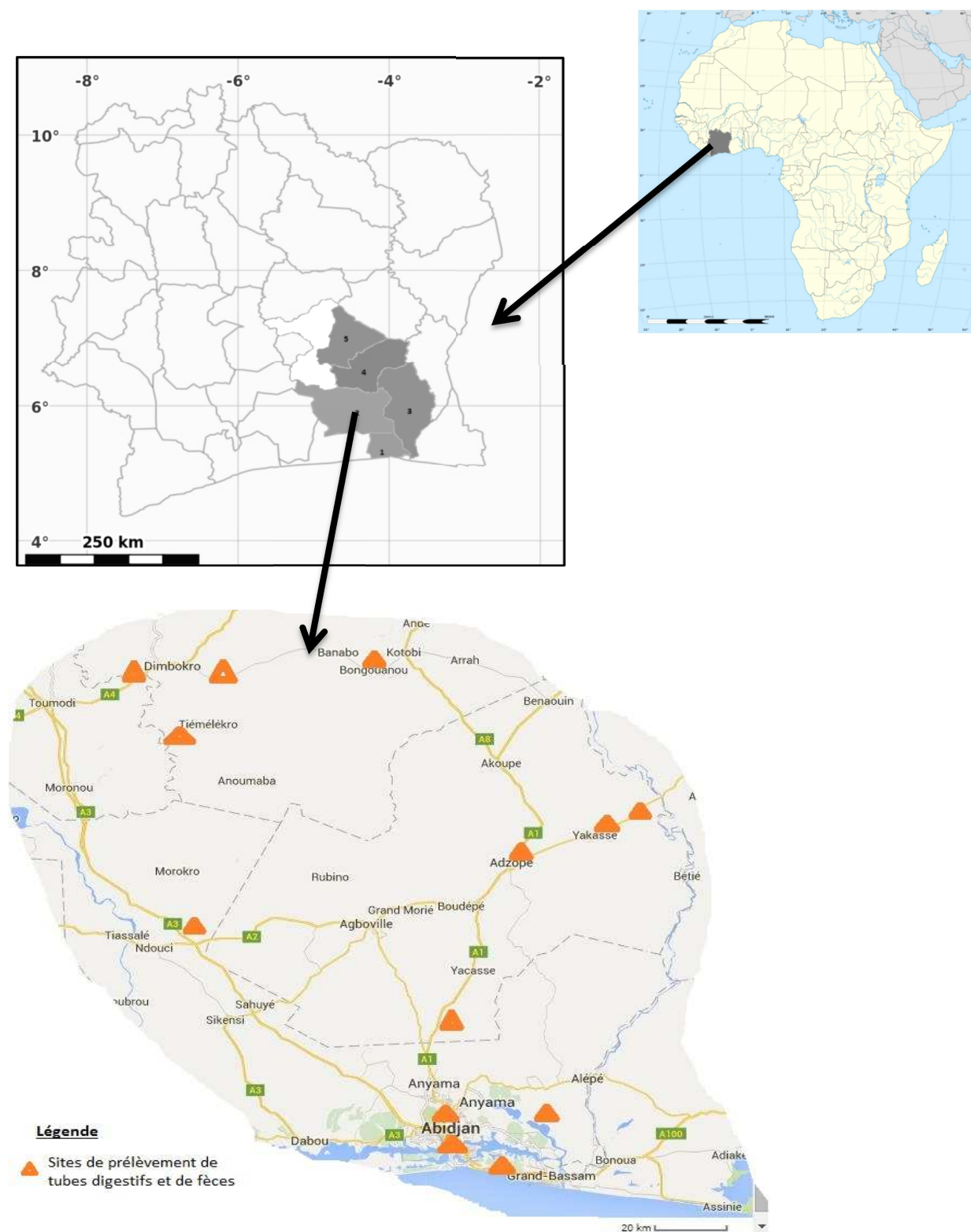


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude. 1 = District autonome d'Abidjan ; 2= région de l'Agneby-tiassa ; 3= région de La Mé ; 4= région du Moronou ; 5 = région du N'zi (Creative, 2014 ; Google, 2015. Modifié avec le logiciel Paint.NET de Microsoft).

2.2 ECHANTILLONNAGE

2.2.1 CHOIX DES FERMES

Les différents sites de prélèvement des tubes digestifs (TD) étaient les fermes (en zone urbaine, périurbaine et rurale) et l'abattoir de Port-Bouët (Abidjan).

La sélection des fermes était basée sur les critères suivants :

- Absence d'utilisation des produits antiparasitaires traditionnels ou modernes depuis au moins 6 mois;
- Distances d'au moins 2 km entre les fermes sélectionnées ;
- Volonté de l'éleveur à collaborer.

2.2.2 TAILLE ET COMPOSITION DU MATERIEL ANIMAL

Pour la recherche des parasites digestifs, les tubes digestifs de 96 caprins ont été utilisés. La moitié de ces animaux (48 caprins dont 33 femelles et 15 mâles tous âgés de plus d'un an) provenait de l'abattoir de Port-Bouët (Abidjan). L'autre moitié (48 caprins dont 28 Mâles et 20 femelles âgés d'au minimum 1 an) provenait de quatre différentes régions du sud et centre de la Côte d'Ivoire, à raison de 12 animaux par région, soit un animal par mois et par région. L'âge des animaux a été déterminé à partir de la dentition selon les méthodes de Wilson *et al.* [36] et Helmer [13].

La réalisation des analyses coprologiques a nécessité l'utilisation des fèces de 1344 animaux (720 échantillons provenaient des fermes et 624 provenaient d'un abattoir et des marchés de bétail) dans l'ensemble des cinq régions, à raison de 112 échantillons de 20 g de fèces par mois. Les classes d'âge de caprin dont les fèces ont été utilisés sont : les chevreaux (âgés de moins de trois mois), les antenais (âges compris entre 3 mois et 1 an) et les adultes (animaux âgés plus d'un an). La répartition des catégories d'animaux choisies dans chaque zone est présentée dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1 : Répartition des caprins utilisés pour la coprologie, dans les fermes, en fonction des régions et des stades physiologiques

Région de prélèvement	Nombre de fermes	Nombre de caprins par mois			Nombre de caprins par an			Total
		chevreaux	antenais	adulte	chevreaux	antenais	adulte	
Lagunes	2	4	4	4	48	48	48	144
Agneby-tiassa	2	4	4	4	48	48	48	144
Mé	2	4	4	4	48	48	48	144
Moronou	2	4	4	4	48	48	48	144
N'zi	2	4	4	4	48	48	48	144
Total	10	20	20	20	240	240	240	720

Tableau 2 : Répartition des caprins utilisés pour la coprologie dans les abattoirs et les marchés de bétail

Région de prélèvement	Nombre d'abattoir visité	Nombre de marché de bétail visité	Nombre de bouc par mois (Abattoir +marché)	Nombre de chèvre par mois	Nombre de prélèvement par an (boucs + chèvres)
Lagunes	1	8	18	18	432
Agneby-tiassa	0	1	2	2	48
Mé	0	1	2	2	48
Moronou	0	1	2	2	48
N'zi	0	1	2	2	48
Total	1	12	26	26	624

2.2.3 RACES ET ORIGINES DES ANIMAUX

Tous les TD prélevés à l'abattoir (48 TD) provenaient de caprin de race sahélienne. Ces animaux étaient tous importés du Mali, du Burkina Faso ou du Niger. Quant à ceux prélevés en milieu rural, ils provenaient de caprin de race naine de l'Afrique de l'Ouest. Ces animaux vivaient dans la zone de prélèvement depuis au moins 1 an avant la date de prélèvement. Dans les élevages visités, le système d'élevage de ces animaux était de type semi-traditionnel avec la présence d'enclos et un apport de sous-produits agro-alimentaires. Par ailleurs, les caprins recevaient des traitements occasionnels à base de

d'anthelminthiques et d'antibiotiques. Certains éleveurs conduisaient leurs animaux sur des pâturages naturels tandis que d'autres les maintenaient en stabulation libre ou entravée dans la chevrerie.

2.2.4 MODE DE PRELEVEMENT DES TD ET DES FECES

Pour la collecte des tubes TD à l'abattoir, les animaux étaient choisis dans le troupeau en fonction de leur note d'état corporel (NEC). La NEC était déterminée par palpation des muscles au niveau des vertèbres lombaires, des muscles para-vertébraux, des muscles intervertébraux et des muscles situés autour de la queue, selon les méthodes de Hervieu *et al.* [14] et de Le Frileux *et al.* [22].

Les animaux sélectionnés étaient ceux ayant une note inférieure à 1,5 c'est-à-dire ayant des muscles para-vertébraux très peu développés laissant une épine vertébrale saillante.

Un entretien était ensuite réalisé avec l'éleveur pour déterminer la date de l'éventuel dernier déparasitage. L'appareil digestif était prélevé juste après abattage et, aussitôt, la caillette, l'intestin grêle et le gros intestin étaient séparés par une double ligature.

En zone rurale, après la détermination de la NEC, les animaux étaient achetés après une confirmation de l'éleveur que ceux-ci n'avaient jamais été déparasités. Ils étaient transportés vivants au laboratoire où l'opération d'abattage était réalisée en salle d'autopsie et l'appareil digestif prélevé.

Quant aux prélèvements fécaux, ils étaient réalisés grâce à un toucher rectal qui permet de prélever les fèces directement dans le rectum, après la sélection des animaux concernés.

2.2.5 CONDITIONNEMENT DES ÉCHANTILLONS ET TRANSPORT

Sur les sites, les tubes digestifs et les fèces de caprin prélevés ont été conditionnés par triple emballage, dans une glacière à 4°C et acheminés au laboratoire. Sur chaque emballage, la date, le sexe, le stade physiologique et l'origine de l'animal étaient marqués. Les échantillons qui ne pouvaient être analysés le même jour étaient conservés à 4°C pendant un temps maximum de 24 h.

2.3 ANALYSE DE LABORATOIRE

2.3.1 AUTOPSIE

Au laboratoire, les trois portions du TD (caillette, intestin grêle et gros intestin) étaient séparées par incision entre deux ligatures. Après ouverture longitudinale, le contenu de chaque portion était vidé dans un seau (12 L de capacité) et la muqueuse rincée soigneusement sous un filet d'eau de robinet. Le liquide de rinçage et le contenu de chaque portion étaient tamisés (200 µ de mailles) sous un fort jet d'eau. Le contenu du tamis était entièrement renversé dans un seau gradué, le tamis était rincé dans ce seau et la solution était ajustée à 3 l d'eau. Une fois ce mélange homogénéisé, 600 ml (1/5^e) de la suspension obtenue étaient prélevés par petites quantités et en homogénéisant à chaque fois. Enfin, la muqueuse de chaque portion a été soigneusement examinée pour déceler la présence éventuelle de nodules ou d'anomalies quelconques. Les parasites présents ont été récoltés, identifiés et comptés.

2.3.2 TESTS COPROLOGIQUES

Le prélèvement fécal de chaque animal était homogénéisé et 3 g en étaient prélevés pour la recherche quantitative d'œuf de strongle, de *Moniezia* et d'oocystes de coccidies selon la technique de Mac Master avec une solution saturée de chlorure de sodium de densité de 1,3. Les œufs de trématodes ont été recherchés par la technique de sédimentation. Elle a consisté à mélanger 10 g de selles pilées à 250 ml d'eau de robinet. La solution a été ensuite doublement centrifugée dans des tubes de 125 ml à la vitesse de rotation de 1500 tours/mn pendant 3 mn. Le surnageant a été versé et les œufs ont été recherchés dans le culot par observation de goutte entre lame et lamelle au grossissement Gx100.

2.3.3 LES CLÉS D'IDENTIFICATION

Les clés des ouvrages d'EUZEBY [5, 6], Thienpont *et al.* [34], Lichtenfels *et al.* [24], INDRE *et al.* [15], Van Wyk et Mayhew [35], et Kuchai *et al.* [21] ont permis d'identifier les genres et les espèces parasitaires. L'identification de chaque espèce a été confirmée par le Laboratoire Central Vétérinaire de Bingerville.

2.3.4 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées grâce aux logiciels Microsoft Office Excel et statistica 7.1. Les statistiques descriptives ont permis de déterminer les moyennes, les écart-types et les extremums.

Les intensités parasitaires et les OPG ont été comparés grâce au Test HSD de Tukey, après la vérification de l'homoscédasticité et de la normalité. Par ailleurs, les prévalences ont été comparées grâce au test de Chi-Deux. Les corrélations entre les variables ont été calculées en utilisant des coefficients de Pearson.

3 RÉSULTATS

3.1 PRÉVALENCE ET INTENSITÉ PARASITAIRES

L'examen du tractus digestif des caprins, sur l'ensemble des sites, a révélé la présence de 7 genres de parasites dont la prévalence et l'intensité sont résumées dans le tableau 3. Tous les caprins autopsiés hébergeaient au moins deux des sept genres de parasites identifiés.

Tableau 3 : Prévalence (%) et intensités des helminthes gastro-intestinaux du caprin nain au sud de la Côte d'Ivoire

Parasites observés N=96	Prévalence %	IP $\pm$ Ec-Types (Min-Max)
<i>Oesophagostomum sp</i>	72,92	78 $\pm$ 48,47 b (15-225)
<i>Haemonchus sp</i>	71,88	87 $\pm$ 72,17 b (15-465)
<i>Trichostrongylus sp</i>	70,83	30104 $\pm$ 57887,03 a (60-360000)
<i>Bunostomum</i>	61,46	95 $\pm$ 91,89 b (15-550)
<i>Trichuris sp</i>	48,96	88 $\pm$ 58,51 b (15-225)
<i>Moniezia sp</i>	43,75	2 $\pm$ 1,15 c (1-5)
<i>Strongyloides sp</i>	13,54	90 $\pm$ 51,23 b (30-195)

IP : intensité parasitaire. Les valeurs d'IP affectées de lettres (a, b et c) différentes sur une même colonne indique une différence significative ($p < 0.05$) de l'intensité parasitaire entre les genres parasitaires.

La répartition de cette prévalence en fonction des régions est représentée par la figure 2. Elle fait apparaître la prédominance, dans la région des lagunes, de *Trichostrongylus sp* (prévalence 100 %), *Oesophagostomum sp* (90 %) et *Bunostomum sp* (79 %). Les régions du Moronou et du N'zi présentent une forte prévalence en *Moniezia sp* (100 %) et *Haemonchus sp* (respectivement 83 % et 75 %). Quant à la région de l'Agneby-Tiassa, elle semble présenter un plus fort taux de *Trichuris sp* (100 %).

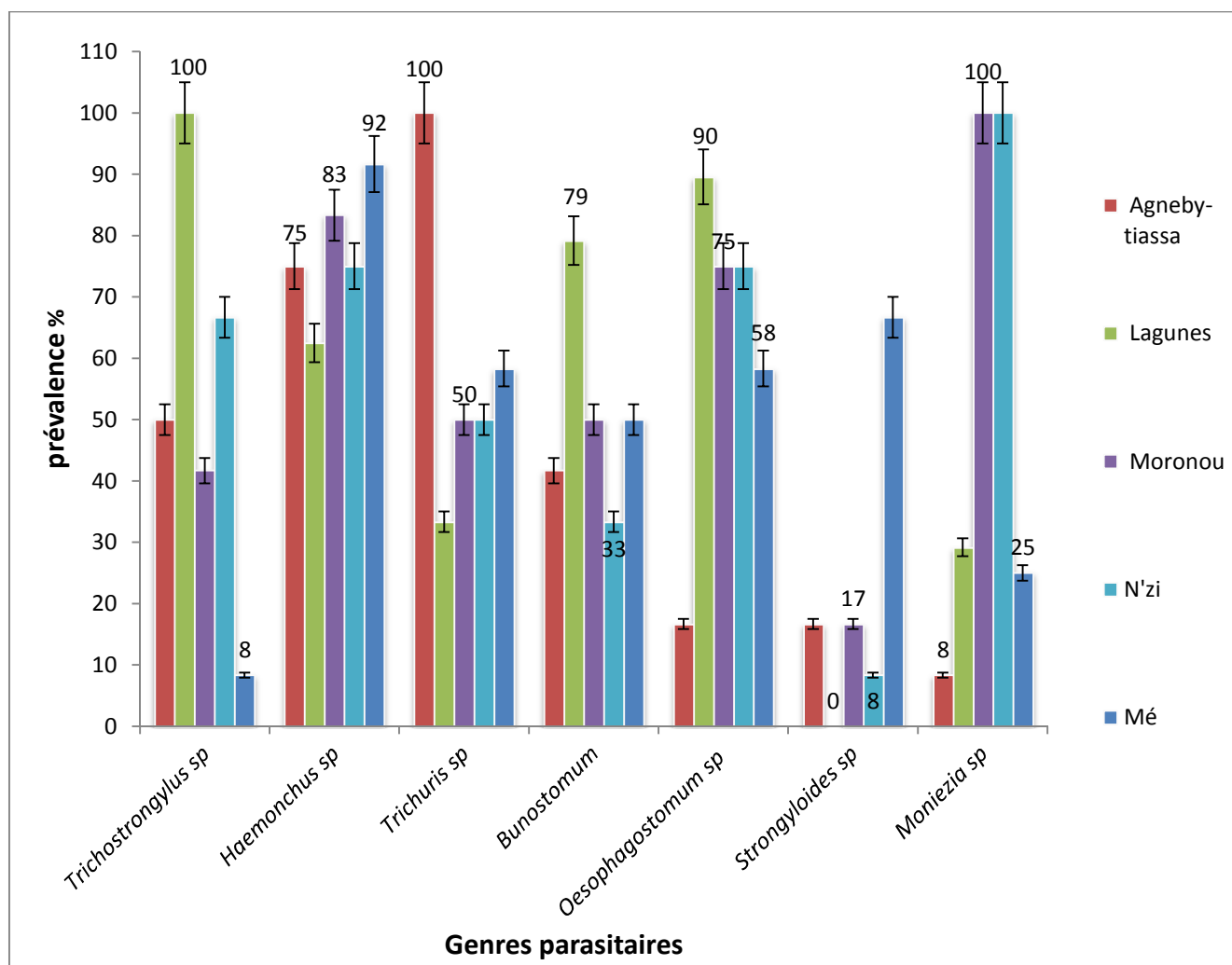


Figure 2 : Prévalence des helminthes gastro-intestinaux du caprin nain dans cinq régions du sud et du centre de la Côte d'Ivoire

Les valeurs moyennes de l'intensité parasitaire montrent que la charge de *Trichostrongylus* sp est très majoritaire par rapport aux autres charges avec une valeur maximale de 360 000 vers chez un caprin. Cette forte valeur est due aux valeurs enregistrées dans la région des Lagunes qui enregistre à elle seule une charge moyenne de 42 430 *Trichostrongylus* par individu contre une charge moyenne inférieure à 1000 pour toutes les autres espèces parasitaires (tableau 4).

Tableau 4 : Intensités des parasites gastro intestinaux du caprin nain au sud de la Côte d'Ivoire en fonction des régions

	IP Moyennes	Charges Ec-Type	Charges Minimum	Charges Maximum
Trichostrongylus sp				
Agneby-tiassa	525 b	921,25	60	2 400
Lagunes	42 430,21 a	65 185,07	555	360 000
Moronou	396 b	462,16	90	1 200
N'Zi	615 b	321,01	255	1 200
Mé	345 b	0	345	345
Haemonchus sp				
Agneby-tiassa	85 c	60,93	15	225
Lagunes	80,5 c	64,3	15	285
Moronou	66 c	32,56	30	150
N'Zi	75 c	27,04	30	120
Mé	137,73 c	124,02	30	465
Trichuris sp				
Agneby-tiassa	113,75 c	67,53	15	225
Lagunes	82,5 c	55,59	15	225
Moronou	80 c	71,41	45	225
N'Zi	65 c	46,15	15	135
Mé	81,43 c	45,71	15	165
Bunostomum sp				
Agneby-tiassa	78 c	41,62	45	150
Lagunes	88,03 c	77,99	15	450
Moronou	134,17 c	204,73	30	550
N'Zi	120 c	89,16	15	225
Mé	95 c	43,13	30	135
Oesophagostomum co				
Agneby-tiassa	52,5 c	10,61	45	60
Lagunes	84,3 c	52,27	15	225
Moronou	73,8 c	27,93	45	135
N'Zi	78,33 c	63,54	30	195
Mé	55,71 c	18,8	15	75
Strongyloides sp				
Agneby-tiassa	150 c	63,64	105	195
Lagunes				
Moronou	37,5 c	10,61	30	45
N'Zi	105 c	0	105	105
Mé	86,25 c	45,18	30	150
Moniezia sp				
Agneby-tiassa	2 d	0	2	2
Lagunes	2,07 d	1	1	4
Moronou	2,67 d	1,5	1	5
N'Zi	2,67 d	1,07	1	4
Mé	2,33 d	0,58	2	3

IP : intensité parasitaire. Les valeurs d'IP affectées de lettres (a, b et c) différentes sur une même colonne indique une différence significative ($p < 0.05$) de l'intensité parasitaire selon les régions.

Le bilan global de l'étude montre que les intensités parasitaires augmentent en avril, en août et en décembre et diminuent en mars, en juin et en septembre (figure 3).

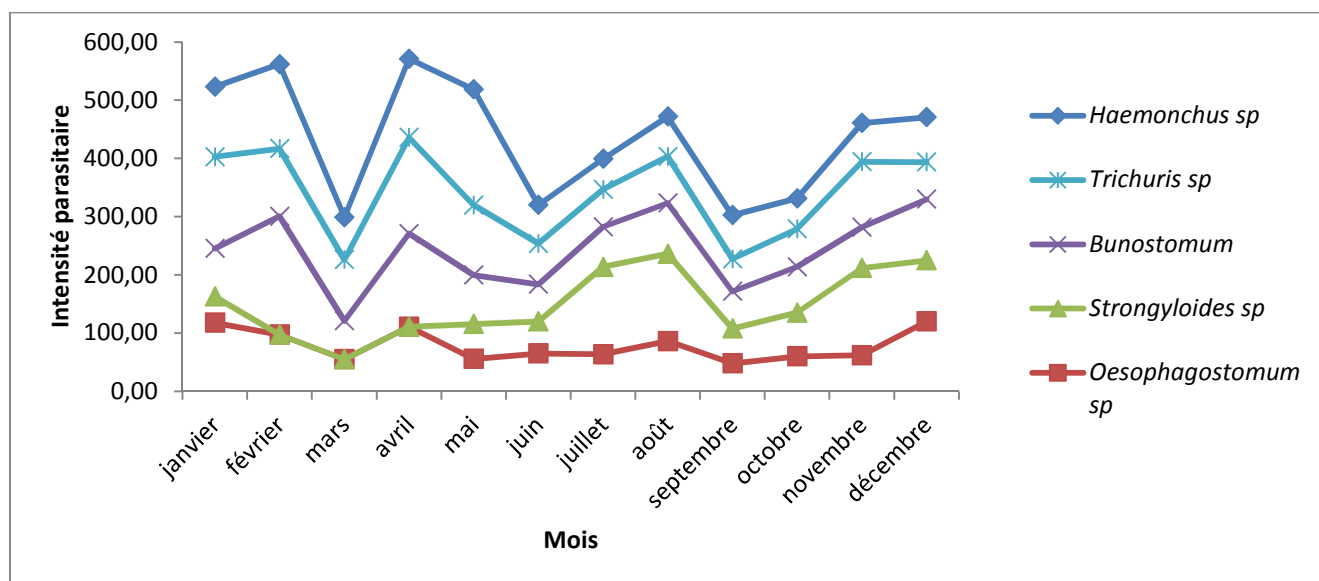


Figure 3 : Variation de l'intensité parasitaire moyenne des nématodes gastro-intestinaux des caprins nains de la zone d'étude au cours de l'année 2015

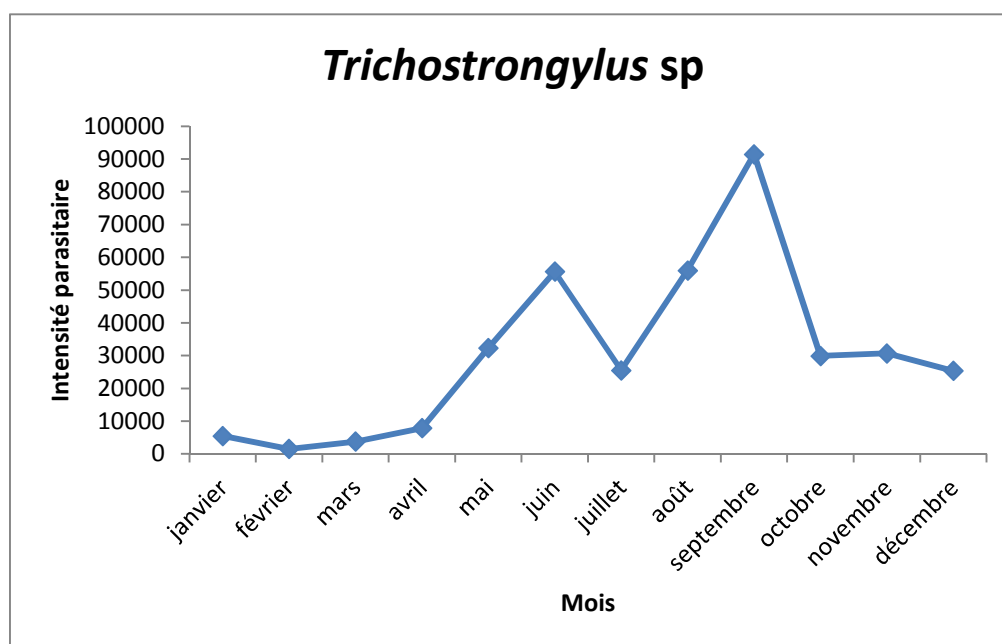


Figure 4 : Variation de l'intensité moyenne de Trichostrongylus sp chez le caprin nain de la zone d'étude

3.2 ŒUFS DE PARASITES RENCONTRES CHEZ LES CAPRINS ETUDIÉS

La recherche d'œufs dans les fèces des caprins, sur l'ensemble des sites, a révélé la présence de 4 catégories de parasites dont la prévalence et l'intensité sont résumées dans le tableau 5. La corrélation calculée entre les quantités d'œufs de strongles et les oocystes de coccidies est négative ($r = -0,08$).

Tableau 5 : Prévalence (%) et intensités des œufs et oocystes des parasites gastro-intestinaux du caprin nain au sud de la Côte d'Ivoire

Espèces parasitaires	prévalence %	IP moyen $\pm$ Ecart-type (Min-Max)
Coccidies	95,83	2 049,59 $\pm$ 5 136 a (0-115 000)
Strongles	91,15	683,25 $\pm$ 958 b (0-15 000)
<i>Moniezia</i> sp	1,04	19,57 $\pm$ 258 c (0-6 150)
<i>Trichuris</i> sp	0,59	0,65 $\pm$ 9 d (0-200)

IP : intensité parasitaire. Les valeurs d'IP affectées de lettres (a, b, c et d) différentes sur une même colonne indique une différence significative ($p < 0.05$) de l'intensité parasitaire selon les catégories de parasites.

La répartition de la prévalence et de la charge des oocystes de coccidies et des œufs de strongle en fonction des stades physiologiques, des régions et des sites de prélèvement est représentée par le tableau 6. Elle fait apparaître la prédominance des oocystes de coccidies dans les fermes, chez les chevreaux et antenais et dans la quasi-totalité de la zone d'étude avec une prévalence comprise entre 89 et 100 %. Quant aux œufs de strongles leurs charges moyennes semblent homogènes et inférieures à 1 000 OPG. Mais, les prévalences sont voisines de celle des oocystes de coccidies ($P > 87\%$). La fréquence des charges d'œufs et d'oocystes dans l'échantillon étudié montre que plus de 83 % des individus excrétaient moins de 1 000 OPG de strongle. Et plus 89 % des animaux étudiés excrétaient moins de 5 000 OPG de coccidies.

3.3 ESPÈCES PARASITAIRES IDENTIFIÉES

L'observation microscopique des parasites et des œufs récoltés au cours des autopsies et des tests coprologiques a permis d'identifier, quelques genres et espèces de parasites. Ainsi, au niveau des nématodes on a pu distinguer : *Trichostrongylus colubriformis*, *Æsophagostomum columbianum*, *Bunostomum* sp, *Haemonchus concortus*, *Haemonchus placei*, *Trichuris* sp et *Strongyloides* sp. Quant aux cestodes des œufs et des adultes de *Moniezia expansa* ont été retrouvés dans les tubes digestifs examinés. Par ailleurs, des coccidies du genre *Eimeria* ont été également mises en évidence.

Tableau 6 : Prévalence (%) et intensités des œufs de strongles et des oocystes de coccidies du caprin nain au sud de la Côte d'Ivoire en fonction des stades physiologiques, des régions et des sites de prélèvement

	Coccidies IP Moyennes (Ec-Type) (Minimum-Maximum)	Prévalence	Strongle IP Moyennes (Ec-Type) (Minimum-Maximum)	Prévalence
Sites de prélèvement				
ferme	3 336,78 ± 6 728 b (0-115 000)	98,20	748,90 ± 1165 a (0-15200)	91,80
abattoir	658,33 ± 725 c (0-2 600)	89,58	611,35 ± 662 b (0-3500)	91,60
marché	556,54 ± 700 c (0-8 300)	93,40	607,88 ± 633 b (0-6 300)	90,03
Stades physiologiques				
chevreaux	3 118,12 ± 3889 b (150-35000)	100	877,44 ± 1564 a (0-15200)	95,00
antenais	6 351,92 ± 10173 a (50-115 000)	100	714,18 ± 963 a (0-7 500)	87,92
bouc	514,35 ± 618 c (0-7 500)	90,50	604,14 ± 600 b (0-6 000)	91,20
chèvre	601,02 ± 796 c (0-8 300)	96,52	638,14 ± 777 b (0-7 350)	90,74
Régions				
Lagunes	1 656,11 ± 4 135 c (0-48 000)	94,96	579,11 ± 588 b (0-6 000)	89,76
Agneby-tiassa	1 677,34 ± 3 151 c (0-36 000)	97,39	842,19 ± 1035 a (0-6 500)	93,23
Mé	2 780,47 ± 5 064 b (0-35 000)	96,35	593,66 ± 627 b (0-4 800)	90,62
Moronou	3 700,36 ± 9 540 b (0-115 000)	95,83	828,44 ± 1430 a (0-12 510)	91,15
N'zi	1 220,64 ± 1 683 c	96,35	783,40 ± 1347 a	93,75

IP : intensité parasitaire. Les valeurs d'IP affectées de lettres (a, b et c) différentes sur une même colonne indique une différence significative ($p < 0.05$) de l'intensité parasitaire selon les régions, les stades physiologiques et les sites de prélèvement.

4 DISCUSSION

Cette étude rapporte pour la première fois le profil des parasites gastro intestinaux des caprins dans le sud de la Côte d'Ivoire. Les parasites prédominants étaient *Aesophagostomum* sp (72,92 %), *Haemonchus* sp (71,88 %) et *Trichostrongylus* sp (70,83 %). Ces trois genres ont déjà été signalés par Komoin-Oka *et al.* [18] sur des moutons de race Djallonké et par Achi *et al.* [1] sur des caprins au nord du pays; mais avec des rangs de prévalence différents. Par ailleurs, ces trois espèces parasitaires sont reconnues majoritaires en Afrique de l'ouest [16, 3, 27, 2, 37]. Bien que faiblement représentés dans l'ensemble, *Trichuris* sp et *Moniezia* sp semblent fortement concentrés dans la région de l'Agneby-tiassa pour *Trichuris* sp, et celles du Moronou et du N'Zi pour *Moniezia* sp. Ces deux dernières régions, constituent de véritables foyers pour *Moniezia* sp où sa prévalence est même de 100 %. Toutefois, ces valeurs élevées de la prévalence pourrait être liée à notre technique d'échantillonnage basée sur la sélection d'animaux présentant des symptômes d'amaigrissement, donc potentiellement parasités. L'augmentation de l'intensité parasitaire en avril et en août pourrait être liée à l'humidité de ces périodes reconnues pluvieuses [18, 37]. Quant à la chute en juin, période de forte saison pluvieuse, elle serait liée à une réaction immunitaire des animaux. En effet, en cas d'infestation répétée les caprins acquièrent une immunité qui se traduit par une chute de la charge de parasites [2, 25]. Bien que *Trichostrongylus* sp soit fortement prévalent aussi bien au nord qu'au sud du pays, son intensité moyenne est restée inférieure à 5 000 chez les ovins et inférieure à 2 000 chez le caprin [18, 1]. L'intensité moyenne de 42 430 *Trichostrongylus* sp par caprin dans la région des Lagunes est signalée pour la première fois en Côte d'Ivoire. Cette prolifération de ce parasite, naturellement résistant aux écarts thermiques (6 à 26°C), pourrait être liée à une combinaison de plusieurs facteurs favorables (température, humidité, oxygène et insolation) [23, 30, 29]. Toutefois, le fait

que la pression parasitaire dans la région des Lagunes soit différente de celle des autres régions pourrait s'expliquer par l'origine des animaux à l'abattoir et sur les marchés de bétail de cette zone, dont plus de 90 % provenaient, des pays sahéliens au nord de la Côte d'Ivoire. Les fortes prévalences des œufs de strongles et des oocystes de coccidies du genre *Eimeria* constatées à l'issue de l'étude coprologique ont été signalées par Komoin-Oka *et al.* [18], Zouh-Bi *et al.* [37] et Achi *et al.* [1] respectivement sur les ovins, les aulacodes et les caprins. La valeur négative de la corrélation entre œufs de strongles et oocystes de coccidies a été évoquée par Petitclerc *et al.* [1991]. Elle pourrait être due à une action prédatrice entre parasites.

La moyenne d'œufs excrétée dans les fermes apparaît significativement plus importante que celles obtenues dans les marchés de bétail et à l'abattoir. Cela pourrait s'expliquer par l'amélioration des conditions d'hygiène et par le changement de régime alimentaire des caprins de leurs lieux d'élevage à leur lieu de vente. La valeur de l'OPG est plus importante chez les antenais (3 mois $\leq$ âge $\leq$ 12 mois) du fait qu'à ce stade physiologique les caprins n'ont pas encore développé une immunité efficace. Aussi, il y a le changement de régime alimentaire des animaux à ce stade qui abandonnent progressivement le lait au profit du fourrage généralement plus contaminé par les parasites. De manière naturelle, la charge parasitaire augmente chez l'hôte de la naissance jusqu'à ce que l'animal développe une immunité et elle diminue jusqu'à un équilibre hôte – parasite [12, 3].

5 CONCLUSION

Les caprins élevés dans le sud de la Côte d'Ivoire souffrent d'un polyparasitisme dominé par les genres *Eimeria* sp, *Aesophagostomum* sp, *Haemonchus* sp et *Trichostrongylus* sp. Bien que faiblement représentés dans l'ensemble des cinq régions, les genres *Moniezia* sp et *Trichuris* sp semblent coloniser les régions du N'zi et du Moronou, pour le premier, et la région de l'Agnéby-tiassa pour le second. Par ailleurs, les caprins abattus à l'abattoir d'Abidjan sont fortement infestés par *Trichostrongylus* sp. Tous ces parasites sont impliqués dans des pertes de production dans les élevages, à travers le monde. Enfin, un programme de prophylaxie médicale ciblant chaque genre parasitaire, dans chaque zone d'étude, devrait être envisagé pour contrôler leur évolution.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la fondation WELLCOME^{TRUST} à travers le projet AFRIQUE ONE qui a financé cette recherche et l'Agence Nationale d'appui au Développement rural (ANADER) qui a organisé et facilité notre rencontre avec les éleveurs de caprins.

REFERENCES

- [1] ACHI, Y. L., ZINSSTAG, J., YEO, N., DEA, V., DORCHIES, P. : Epidemiologie des helminthoses des moutons et des chevres dans la region des savanes du Nord de la Cote d'Ivoire. *Revue Méd. Vét.*, 2003, **154**, 179-188.
- [2] BELEM A.M.G., NIKIEMA Z.L., SAWADOGO L., DORCHIES P. : Parasites gastro-intestinaux des moutons et risques d'infestation parasitaire des pâturages en saison pluvieuse dans la région centrale du Burkina Faso. *Revue Méd. Vet.*, 2000, **151**, 437-442.
- [3] BONFOH B., ZINSSTAG J., ANKERS P., PANGUI L. J., PFISTER K. : Epidémiologie des nématodes gastro-intestinaux chez les petits ruminants dans la région des plateaux au Togo. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 1995, **48**, 321-326.
- [4] CREATIVE C. : Ivory Coast regions. <https://creativecommons.org/>, 2014. 1 p.
- [5] EUZEBY, J. : Diagnostic expérimental des helminthoses animales (animaux domestiques, animaux de laboratoire, primates) Travaux pratiques d'helminthologie vétérinaire Tome I : Généralités - Diagnostic anté-mortem, 349 pages, éditions "Informations techniques de services vétérinaires", Paris, 1981.
- [6] EUZEBY, J. Diagnostic expérimental des helminthoses animales (animaux domestiques, animaux de laboratoire, primates). Tome II: Diagnostic direct post-mortem. Diagnostic indirect, 364 pages, éditions "informations techniques de services vétérinaires", Paris, 1982.
- [7] FAO (Food and agriculture organization) : Evaluation des récoltes et des disponibilités alimentaires en Côte d'Ivoire, rapport spécial, 34 pages, édition FAO/PAM, Côte d'Ivoire, 2004.
- [8] FAO (Food and Agriculture Organisation) : L'irrigation en Afrique en chiffres – Enquête AQUASTAT 2005, 93p.
- [9] FAO (Food and agriculture organization) : Les petits ruminants, ressources importantes de la Côte d'Ivoire. *Bulletin d'information FAO Côte d'Ivoire*, 2015, 11, 12 p.
- [10] FELICIEN, G. Y., ROSE, D. N., FAUSTIN, A. O., ELIEZER, N. G. K. : Dynamique des populations de mollusques hôtes intermédiaires de *Schistosoma haematobium* et *Schistosoma mansoni* dans le lac du barrage de Taabo (sud Côte d'Ivoire), *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2015, **25**, 3939-3953.

- [11] GOOGLE M. : Cartographiques ©2015 Google 10 km <https://www.google.com/maps/> 2015.
- [12] GREEN R. S., DOUCH P. G., HILL F. I., DEATH A. F., WYETH T. K., DONAGHY M. J. : AL : Antibody responses of grazing alpacas (*Lama pacos*) in New Zealand to intestinal nematodes, *International Journal of Parasitology*, 1996, 26, 429-435.
- [13] HELMER, D. : Discrimination des genres *Ovis* et *Capra* à l'aide des prémolaires inférieures 3 et 4 et interprétation des âges d'abattage : l'exemple de Dikili Tash (Grèce). *Anthropozoologica*, 2000, **31**, 29-38.
- [14] HERVIEU J., MORAND-FEHR P., DELFA R. : Mise en place d'une échelle de notes caudales pour estimer l'état corporel des chèvres. Body Condition of Sheep and Goats. Methodological aspects and applications, A. Purroy (Editor), *Options Méditerranéennes*, 1995, **27**, 133-140.
- [15] INDRE D., DĂRĂBUȘ G., OPRESCU I., MORARIU S., MEDERLE N., ILIE M., IONELA HOTEK A. IMRE, BALINT A., DENISA S., IMRE, M. : Morphometrical Studies On Some Eggs Of Gastrointestinal Nematodes From Sheep. *Lucrări Stiintifice Medicină Veterinară*, 2010, **43**, 35 p.
- [16] JACQUIET P., CABARET J., COLAS F., DIA M.L., CHEIKH D., THIAM A. : Helminths of sheep and goats in desert areas of South-West Mauritania (Trarza). *Vet. Res. Commun*, 1992, **16**, 437-444.
- [17] KANOIN F., SALEY M. B., AKE G. E., SAVANE I., et DJE K. B. : Variabilité climatique et productions de café et cacao en zone tropicale humide : cas de la région de Daoukro, *International Journal of Innovation and Applied Studies* (Centre-est de la Côte d'Ivoire), 2012, **1**, 194-215.
- [18] KOMOIN-OKA, C., ZINSSTAG, J., PANDEY, V. S., FOFANA, F., & N'DEPO, A. : Epidémiologie des parasites des ovins de la zone sud forestière de la Côte d'Ivoire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop*, 1999, **52**, 39-46.
- [19] KOUADIO G. B. : La caractérisation de la variabilité climatique et de la sécheresse des ressources en eau de la Côte d'Ivoire : cas du bassin versant du N'zi, *Mémoire de DEA des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé*, 2004, 71 p.
- [20] KOUASSI A. M., AHOUSI K. E., YAO K. A., OUREGA W. E. J. A., YAO K. S. B., BIEMI J. (2013). Analyse de la productivité des aquifères fissurés de la région du N'zi-Comoé (Centre-Est de la Côte d'Ivoire), *Larhyss Journal*, 2012, **10**, 57-74.
- [21] KUCHAI, J. A., AHMAD, F., CHISHTI, M. Z., DAR, J. A., TAK, H. : On morphology and morphometry of *Trichuris ovis* Abildgaard, 1795 recovered from ruminants of Ladakh, India. *Journal of Buffalo Science*, 2013, **2**, p 49.
- [22] LE FRILEUX Y., POMMARET A., HERVIEU J., MORAND-FEHR P., BROUSSEAU J. Y., COUTINEAU H., VANQUACKEBEKE E. : Analyse de profils de l'état corporel des chèvres conduites dans différents systèmes d'alimentation. Body condition of sheep and goats: Methodological aspects and applications. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéennes*, 1995, **27**, 151-160.
- [23] LEVINE N. D. : Weather, climate and bionomics of ruminant nematode larvae. *Ad. Vet. Sci.*, 1963, **8**, 215-261.
- [24] LICHTENFELS, J. R., PILITT, P. A., & HOBBERG, E. P. : New morphological characters for identifying individual specimens of *Haemonchus* spp.(Nematoda: *Trichostrongyloidea*) and a key to species in ruminants of North America, *J. Parasitol.*, 1994, **80**, 107-119
- [25] MAHIEU M. : Gestion du parasitisme gastro-intestinal des petits ruminants en zone tropicale humide, *Thèse de Doctorat, Université de Lorraine, France*, 2014, 178p.
- [26] MIPARH (Ministère de la Production Animales et des Ressources Halieutiques) : Production et consommation nationales. Direction de la planification et des programmes (DDP), Abidjan, Côte d'Ivoire, 2007, 4 p.
- [27] NDAO M., BELOT J., ZINSSTAG J., PFISTER K. : Epidémiologie des helminthoses gastro-intestinales des petits ruminants dans la zone sylvo-pastorale au Sénégal. *Vet. Res.*, 1995, **26**, 132-139.
- [28] OIE (Office International des Epizooties) : Importance des petits ruminants dans les programmes de production des pays d'Afrique. IVe conférence de la commission régionale de l'O.I.E. pour l'Afrique, *Bull. Off. int. Epiz.*, Rabat, Maroc 1980, **92**, 1207-1210.
- [29] OMS (Organisation Mondiale de la Santé) : Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. *Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie*, Genève, Suisse, 1997, 36 p.
- [30] OMS (Organisation Mondiale de la Santé): Lutte contre les parasitoses intestinales. Rapport d'un comité OMS d'experts, *série de rapports techniques*, Genève, Suisse, 1987,**749**, 47 p.
- [31] PATUREL J. E., SERVAT E., KOUAME B., BOYER J.F. (1995). Manifestation de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne, cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin. *Bulletin sécheresse*, 1995, **6**, 95-102.
- [32] PETITCLERC M., LEFEVRE P.C., CALVEZ D., COUDERC P., LIABEUF J.M., CAMUS E. : Quelques aspects de la pathologie des petits ruminants en Guadeloupe et en Martinique. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991, **n° spécial**, 113-115.
- [33] SORO N., LASM T., KOUADIO B. H., SORO G., AHOUSI K. E. (2006). Variabilité du régime pluviométrique du Sud de la Côte d'Ivoire et son impact sur l'alimentation de la nappe d'Abidjan. *Rev. Sud Sciences et technologies*, 2006, **14**, 30-40.
- [34] THIENPONT D., ROCHETTE F., VANPARIJS O. F. J. : Diagnosing helminthiasis by coprological examination 2nd edition, 205 pages, Janssen Research Foundation, Beerse, 1986.

- [35] VAN WYK J. A., MAYHEW E. (2013). : Morphological identification of parasitic nematode infective larvae of small ruminants and cattle: A practical lab guide. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 2013, 80, 14p.
- [36] WILSON R. T., DURKIN J. W. : Age at permanent incisor eruption in indigenous goats and sheep in semi-arid Africa, *Livestock production science*, 1984, **11**, 451-455.
- [37] ZOUH BI Z. F., TOURE A., OKA. KOMOIN C., COULIBALY M. et FANTODJI A. Parasites gastro-intestinaux de l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*, Temminck, 1827) au Sud de la Côte d'Ivoire. *Revue Méd. Vét.*, 2013, **164**, 312-318.

ANNEXES



Figure 4 : *Haemonchus concortus* G x 100 (a) zone vulvaire femelle (ovejector) ; (b) extrémité antérieure ; (c) spicule du mâle.

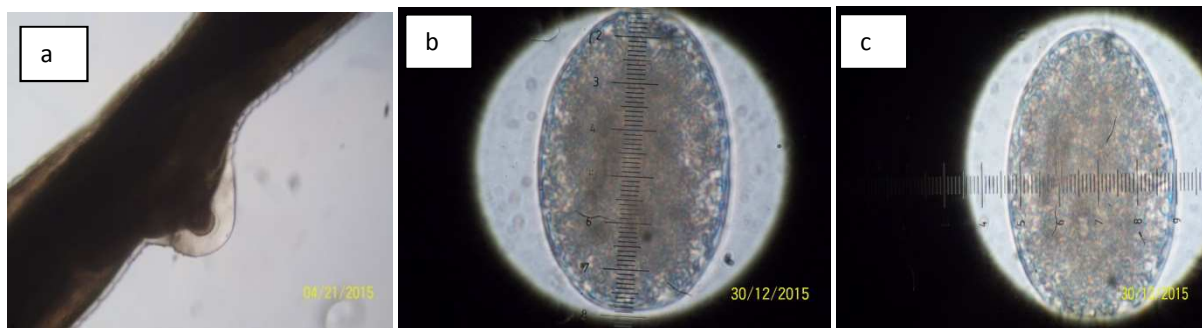


Figure 5 : (a) *Haemonchus placei* zone vulvaire femelle (ovejector) ; (b et c) œufs d'*Haemonchus* 68 µm x 43 µm

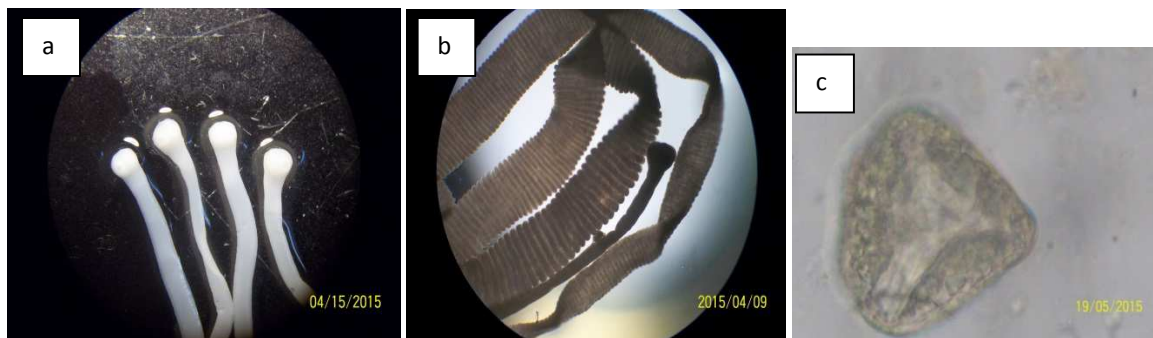


Figure 6 : *Moniezia* sp : (a) et (b) extrémités antérieures (c) œufs de *Moniezia expansa* (Gx 400)



Figure 7 : Oocystes de Coccidies (a) *Eimeria* sp (b) infestation massives (c) Oocyste coccidie diamètre 29 μ m x 20 μ m

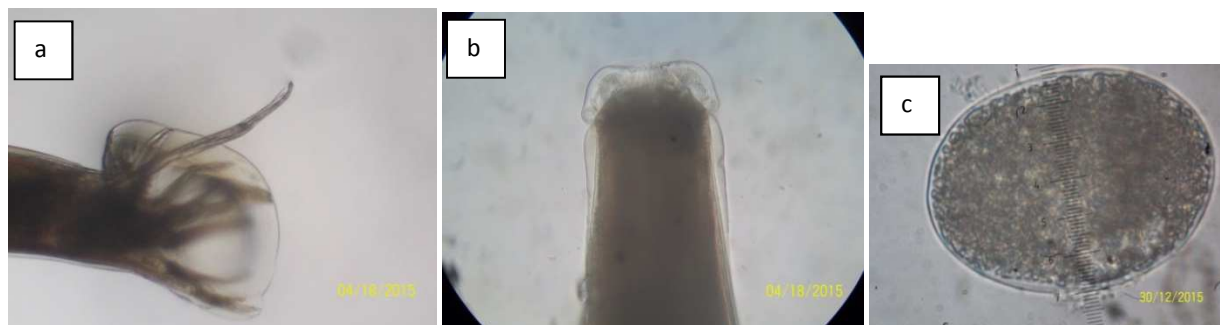


Figure 8 : *Aesophagostomum columbianum* (a) extrémité postérieur mâle ; (b) extrémité antérieur ; (c) œuf 77 μ m x 57 μ m

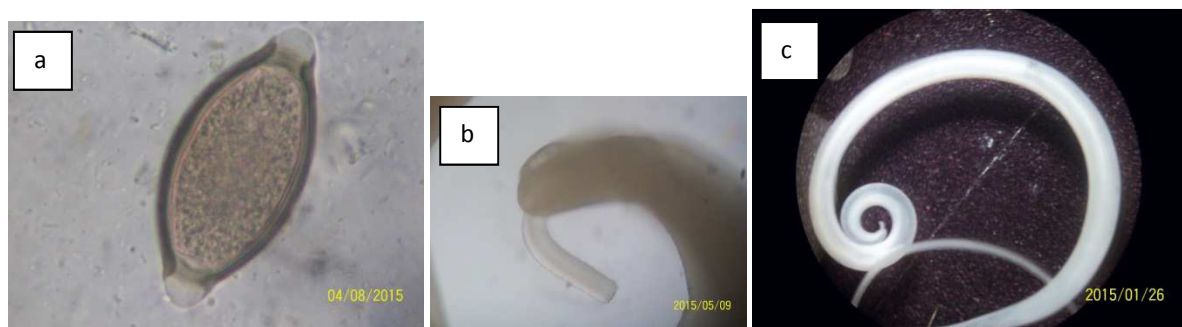


Figure 9 : *Trichuris* sp (a) œuf G x 400 ; (b) extrémité antérieure ; (c) *Trichuris* mâle Gx 50



Figure 11 : œuf de : (a) strongle (b) strongyloides G x 400

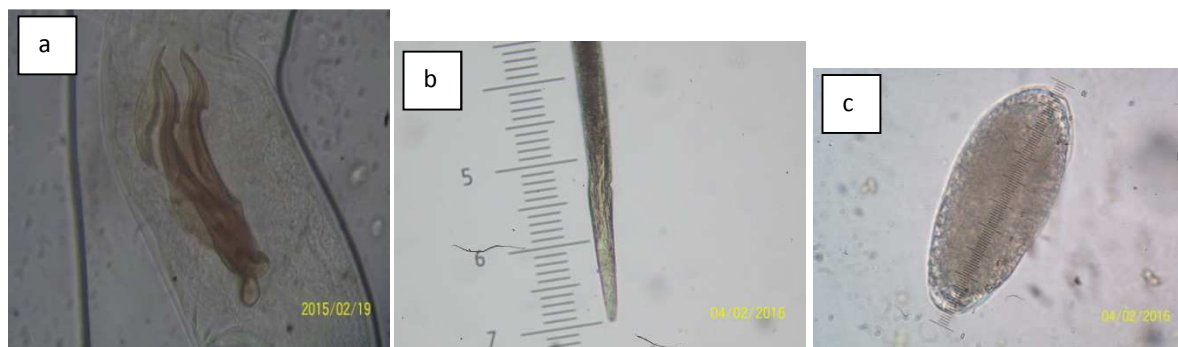


Figure 12 : *Trichostrongylus colubriformis* (a) spicule du mâle ; extrémité antérieure ; (c) œuf 92 µm x 40 µm

CRISE POST-ÉLECTORALE ET MALNUTRITION EN CÔTE D'IVOIRE

[MALNUTRITION AND POST-ELECTORAL CRISIS IN CÔTE D'IVOIRE]

Zahe Kollet¹, Ouattara Howélé², Méité Alassane¹, Aké-Tanoh Odile³, and Kati-coulibaly Séraphin¹

¹UFR Biosciences, Université Félix HOUPOUËT-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire

²UFR Biologie, Université Péléforo Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

³UFR Sciences Médicales, Institut Nationale de Santé Publique, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the nutritional status and identify risk factors among children between 0 and 59 months year old witch were in consultation at the National Institute of Public Health (INSP) for a post crisis period. To attend this objective, a prospective anthropometric survey descriptive type was made. The survey was held in 2013 from August the first to September the 30th.

Although, we found a relative increase in the prevalence of malnutrition during the post-crisis period compared to a result of previous work, the most important factors of the increase of malnutrition were still the age of dietary diversification and the socioeconomic level of the family. Indeed, children who have been subjected to dietary diversification before the age of six months and those who leave in households with lower economic level were the most affected by malnutrition.

It will be useful to practice exclusively breastfeeding during the first six months of children life. After six months, food diversification should be progressive.

Medical follow-up of children born in the post-crisis period would be welcome to optimize their physical and intellectual development.

KEYWORDS: anthropometric survey, malnutrition, children, Côte d'Ivoire.

RESUME: L'objectif de ce travail était d'évaluer l'état nutritionnel et de déterminer les facteurs de risques de la malnutrition chez les enfants de 0 à 59 mois en consultation à l'Institut National de Santé Publique (INSP) pendant une période de post-crise.

A cet effet, une enquête anthropométrique prospective de type descriptif s'est déroulée du 1^{er} août au 30 septembre 2013. Quoi qu'on est constaté une augmentation relative de la prévalence de la malnutrition et de ces corollaires pendant cette période post-crise par rapport à des résultats de travaux antérieurs, les facteurs les plus déterminants restent l'âge de la diversification alimentaire et le niveau socioéconomique de la famille. En effet, les enfants de moins de six ans et ceux des ménages à niveau économique plus bas étaient les plus touchés.

Il conviendrait de pratiquer l'allaitement maternel exclusif pendant les six premiers mois de la vie. A partir de six mois, la diversification alimentaire doit être progressive.

Un suivi médical rapproché des enfants nés dans cette période post-crise serait le bienvenu afin d'optimiser leur développement physique et intellectuel.

MOTS-CLEFS: enquête anthropométrique, malnutrition, enfants, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Selon l'OMS, la malnutrition se définit comme étant « un état pathologique résultant de l'excès ou la carence, relatif ou absolu d'un ou de plusieurs nutriments essentiels. Cet état se manifeste cliniquement ou n'est décelable que par des analyses biochimiques, anthropométriques ou physiologiques [1], [2].

Cette définition permet de distinguer deux aspects de la malnutrition. La première est la malnutrition par surcharge ou excès et la deuxième est liée à une carence et considérée généralement comme la plus préoccupante.

Les enfants de zéro à cinq ans sont les plus vulnérables à la malnutrition [3], [4]. En effet, près de six millions d'enfants meurent chaque année dans le monde de maladies liées à la faim et à la malnutrition [5]. Aussi, l'on estime à 129 millions le nombre d'enfants de moins de cinq ans, dans le monde, qui présentent une insuffisance pondérale, soit près d'un enfant sur quatre [6].

La malnutrition représente une situation préoccupante pour les pays en développement en général et les pays africains au sud du Sahara en particulier où elle est estimée entre 27,4 et 31 % [7].

En Afrique de l'Ouest, le nombre d'enfants qui meurent des causes liées à la malnutrition, chaque année, est estimé à 600 000 [8].

La Côte d'Ivoire qui, pourtant, est un pays agricole riche en diverses denrées alimentaires [9] n'est pas épargnée par ce fléau. Le gouvernement ivoirien a fait des efforts en matière de lutte contre la malnutrition avec la mise en place du Service de Nutrition implanté au sein de l'Institut National de Santé Publique (INSP) depuis 1970, la création du Programme National de Nutrition (PNN) en 2000, la création d'un groupe sectoriel pour la sécurité alimentaire en 2004 et la création de l'Association Nutrition Francophone initiatrice du Projet Ivoirien de la Promotion des Aliments Fortifiés (PIPAF) en 2007. Ces différents efforts ont permis de diminuer la prévalence de la malnutrition à travers le pays. Cependant, la crise militaro-politique a contribué à polluer l'environnement de vie, à diminuer la production vivrière, les revenus des populations surtout citadines et aussi à rendre inaccessible les produits de premières nécessités. Abidjan, la capitale économique a vécu pendant cinq mois sans apport de vivre en provenance de l'intérieur du pays et aussi de l'extérieur. Ceci a eu certainement un impact négatif sur le bien-être des enfants après cette période.

Dans cet article, nous évaluons l'état nutritionnel des enfants et relatons les principaux facteurs ayant favorisé ou déclenché les différentes formes de malnutrition rencontrées à Abidjan (capitale économique de la Côte d'Ivoire) deux ans après la crise post-électorale.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

CADRE D'ÉTUDE

La présente étude s'est déroulée à l'unité de réhabilitation nutritionnelle infantile de l'Institut National de Santé Publique (INSP).

L'INSP est un établissement à caractère administratif créé en 1970 et situé dans la commune du Plateau dans le district d'Abidjan (Sud, Côte d'Ivoire).

MATÉRIEL

Le matériel utilisé est constitué :

- d'un pèse personne, servant à mesurer le poids, de marque SECA ayant une portée maximale de 150 kg et une précision de 100 g ;
- d'une toise de mesure deux mètres qui a servi à la mesure de la taille au millimètre près ;
- d'une fiche d'enquête individuelle servant à recueillir les données ;
- d'un ordonnateur servant à l'enregistrement, l'analyse statistique des données obtenues à l'aide de logiciels spécifiques et la rédaction finale.

MÉTHODE

La méthode utilisée est une enquête anthropométrique prospective de type descriptif. Elle s'est déroulée du 1^{er} août au 30 septembre 2013 à l'unité de réhabilitation nutritionnelle de l'Institut National de Santé Publique (INSP) d'Abidjan (Côte d'Ivoire).

Dans cette méthode, une fiche d'enquête a été élaborée afin de collecter les données auprès des mères venues, soit pour la pesée et/ou une vaccination de routine, soit encore à cause de l'état de santé des enfants. Cette fiche d'enquête renseigne sur l'identité de l'enfant, les caractéristiques socioéconomiques et démographiques de la famille, les antécédents médicaux, le comportement nutritionnel. L'âge, le poids de l'enfant ainsi que sa taille sont les indices retenus pour évaluer l'état nutritionnel des enfants.

LES CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Les variables retenues pour les caractéristiques sociodémographiques sont : le sexe, l'âge de l'enfant et de la mère, le nombre d'enfant de moins de cinq ans et la taille du ménage.

LES CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES ET CULTURELLES

Le niveau socioéconomique est évalué à partir d'informations justifiant les commodités de la maison. Ces informations renseignent sur le nombre de pièces de la maison, le budget alimentaire quotidien et le type d'habitat. Aussi, un indice économique est créé en tenant compte des biens possédés par le ménage. Un score a été affecté à chaque bien possédé. Si le bien n'existe pas dans le ménage, son score est de 0. Le niveau socioéconomique de la famille est une variable composite qui a été déterminée à partir de huit variables qui ont été cotées. L'indice le plus élevé est 21 et l'indice le plus bas est 4. Ces différents indices et variables sont consignés dans le **tableau 1**.

Tableau 1 : Cotation des variables de l'indice composite du niveau économique.

Variables	Cotation		
Présence d'électricité	NON : 0		OUI : 3
Présence d'eau courante	NON : 0		OUI : 3
Existence de réserve alimentaire	Non : 0		Oui : 2
Type d'habitat	Précaire : 1	Citée : 2	Immeuble : 3
Montant journalier pour la popote	[0-1500] 1	] 1500-2500] 2	] 2500-3000[3
Nombre de pièces dans l'appartement	inférieur à 2 : 1		Supérieur à 2
Type de latrine	Inexistant : 0	Traditionnel :1	Moderne : 2
Revenu mensuel des parents	[0-50000] : 1	] 50-100000] : 2	] 100000 ET + [: 3

Au titre des caractéristiques culturelles, la pratique religieuse familiale, la nationalité et le groupe culturel ont été renseignés.

LES CARACTÉRISTIQUES ALIMENTAIRES

Les variables prises en compte sont le type d'alimentation à la naissance (allaitement maternel exclusif, allaitement prédominant, alimentation mixte) et l'âge de début de la diversification alimentaire.

LES ANTÉCÉDENTS MÉDICAUX ET ÉTAT DE SANTÉ DES ENFANTS

Le poids de naissance, le terme de la grossesse sont les variables retenus pour l'état de santé.

LES MESURES ANTHROPOMÉTRIQUES

Les mesures anthropométriques sont basées sur la méthode normalisée de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et du Fonds des Nations Unies pour l'enfance [10], [11]. Il s'agit de :

- relever le sexe et l'âge de l'enfant dans le carnet de santé de la mère et de l'enfant ;
- de déterminer le poids de l'enfant par la méthode de double pesée. Cette méthode consiste à peser la mère seule puis avec son enfant. Le poids de l'enfant est donné directement sur l'écran. Chaque pesée a été réalisée une fois ;
- de mesurer la taille de l'enfant. Elle a été mesurée en utilisant la position couchée pour l'enfant âgé de moins de deux ans et la position debout pour ceux âgés de plus de deux ans.

Ces différentes mesures anthropométriques ont permis de calculer les indices suivants qui ont permis d'évaluer l'état nutritionnel des enfants :

- l'indice poids pour âge (P/A) pour rechercher la malnutrition globale [12] ;
- l'indice taille pour âge (T/A) pour rechercher la malnutrition chronique ou le retard de croissance [13] ;
- l'indice poids pour taille (P/T) pour rechercher la malnutrition aigüe [12].

Le poids de naissance est aussi considéré comme un indice anthropométrique. L'enfant est considéré comme ayant un faible poids de naissance lorsque son poids à la naissance est inférieur à 2500 g [5], [13].

Ces indices ont été évalués et exprimés en écart-type (ET) ou Z-scores en fonction de la médiane des valeurs de références internationales [13], [14]. Le Z-score est une manière d'exprimer les résultats. Le Z-score exprime l'écart par rapport à la moyenne en déviation standard. Ainsi, la formule qui permet de le calculer est la suivante :

$$\text{Z-score} = \frac{\text{Mesure observée} - \text{valeur médiane}}{\text{Ecart type de la population de référence}}$$

Le **tableau 2** donne le type de malnutrition selon les indicateurs.

Tableau 2: Type de malnutrition selon les indicateurs [14], [15]

Type de malnutrition	Niveau de sévérité	Seuils
Malnutrition aiguë ou émaciation	Malnutrition aiguë sévère	Indice P/T < - 3 Z-score • PB < 115 mm • Et/ou présence œdème bilatéral
	Malnutrition aiguë modérée	• -3 Z-score ≤ P/T < - 2 Z-score • 115 mm < PB < 125 mm
	Absence de malnutrition aiguë	• P/T > -2 Z-score • PB > 125 mm
Insuffisance pondérale	Insuffisance pondérale sévère	• Indice P/A < -3 Z-score
	Insuffisance Pondérale modérée	• -3 Z-score < P/A < -2 Z-score
	Absence d'insuffisance pondérale	• Indice P/A > -2 Z-score
Retard de croissance ou Malnutrition chronique	Retard de croissance sévère	• Indice T/A < - 3 Z-score
	Retard de croissance modérée	• -3 Z-score < T/A < -2 Z-score
	Absence de retard de croissance	• Indice T/A > -2 Z-score

PB: Poids Brachial; P/A : Poids pour âge ; P/T: Poids pour taille ; T/A : Taille pour âge.

ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique a été faite à l'aide du logiciel épi info 6. Ainsi, une analyse descriptive simple des différentes variables étudiées et une analyse comparative utilisant le test statistique du chi-2 au seuil de signification de 5 % ont été effectuées.

Word 2007 a été utilisé pour le traitement de texte et Excel 2007 pour les graphiques.

3 RÉSULTATS

PRÉVALENCE DE LA MALNUTRITION

L'enquête qui a duré deux mois a concerné au total 172 enfants de 0 à 59 mois.

Tout enfant présentant une insuffisance pondérale, un retard de croissance et une émaciation révélée par un Z-score inférieur à -2 est considéré comme malnutri [15]. La forme sévère de la malnutrition intervenant lorsque le Z-score atteint -3.

La prévalence de la malnutrition globale est de 25 %. La prévalence de la malnutrition globale modérée est de 10,47 % et celle de la forme sévère est de 14,53 %.

La prévalence de l'insuffisance pondérale est de 21,51 % chez les enfants de 0 à 59 mois. Elle se manifeste sous sa forme sévère chez 9,30 % des enfants.

La malnutrition aigüe ou émaciation concerne 33,82 % des enfants. Parmi les enfants émaciés, 11,76 % sont atteints de la forme sévère.

La malnutrition chronique ou retard de croissance est présente chez 21,24 % des enfants de moins de 5 ans. Elle sévit sous sa forme sévère chez 10,29 % des enfants.

Ces différents résultats sont consignés dans le **tableau 3**.

Tableau 3. Prévalence de la malnutrition

Type de malnutrition	Prévalence	Prévalence	
		Modérée	Sévère
Malnutrition globale [n=172 (43 atteints)]	25 %	10,47 %	14,53 %
Insuffisance pondérale P/A [n=172 (37 atteints)]	21,51 %	12,20%	9,30%
Malnutrition aigüe P/T [n=172 (8 atteints)]	13,76 %	5,71 %	12,05 %
Malnutrition chronique T/A [n= 172 (37 atteints)]	21,44 %	7,35 %	10,29 %

CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Les résultats des caractéristiques sociodémographiques sont consignés dans le **tableau 4**. Les analyses indiquent une différence statistique significative ($p < 0,05$) de la prévalence de la malnutrition chez les enfants d'âge supérieur à 6 mois que ceux d'âge inférieur à 6 mois. Il n'y avait pas de différence significative ($p > 0,05$) de la prévalence de la malnutrition selon le sexe, la taille du ménage, le nombre d'enfant de moins de 5 ans dans le ménage et aussi selon l'âge de la mère.

Tableau 4. Influence des caractéristiques sociodémographiques

VARIABLE	MODALITE	MALNUTRITION		P-VALUE
		OUI	NON	
Age	< 6 mois	11 (10,58 %)	93	P=0,0000001
	> 6 mois	32 (46,38 %)	37	
Sexe	Masculin	25 (29,76 %)	59	P = 0,16
	Féminin	18 (20,45%)	70	
Taille du ménage	< 5 personnes	16 (23,88%)	51	P = 0,98
	5 – 10 personnes	21 (23,33%)	69	
	> 10 personnes	6 (40%)	9	
Nombre d'enfant de moins de cinq ans	1	20 (25%)	60	P = 0,96
	> 1	23 (24,73%)	70	
Age de la mère	15- 19 ans	3 (17,65%)	14	P = 0,73
	20- 34 ans	32 (25,39%)	94	
	≥ 35ans	8 (27,59%)	21	

CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES ET CULTURELLES

Les analyses ont indiqué qu'il n'y a pas de différence statistique ($p > 0,05$) de la prévalence de la malnutrition selon la nationalité (ivoirienne ou non ivoirienne), la pratique religieuse familiale et le niveau d'instruction de la mère. Par contre, il existe une différence significative ($p < 0,05$) de cette prévalence qui est fonction du niveau économique. Les enfants des ménages à niveau économique plus bas sont plus touchés par la malnutrition. En effet, tous les enfants issus de famille à niveau économique bas et ayant fréquenté le centre à cette période étaient malnutris contre 29,41 % des enfants malnutris issus de famille à niveau économique moyen et 15 % d'enfants malnutris issus de famille à niveau économique élevé.

REPARTITION DES ENFANTS MALNUTRIS SELON L'ÂGE

La malnutrition était plus fréquente dans la tranche d'âge de 12 à 24 mois (34,88 %) suivi respectivement des tranches d'âge de 6 à 11 mois et de moins de 6 mois où les prévalences étaient également très élevées avec des valeurs respectives de 32,56 % et de 25,58 %. À plus de 24 mois, elle était rare : la fréquence observée est de 6,98 % (**figure 1**).

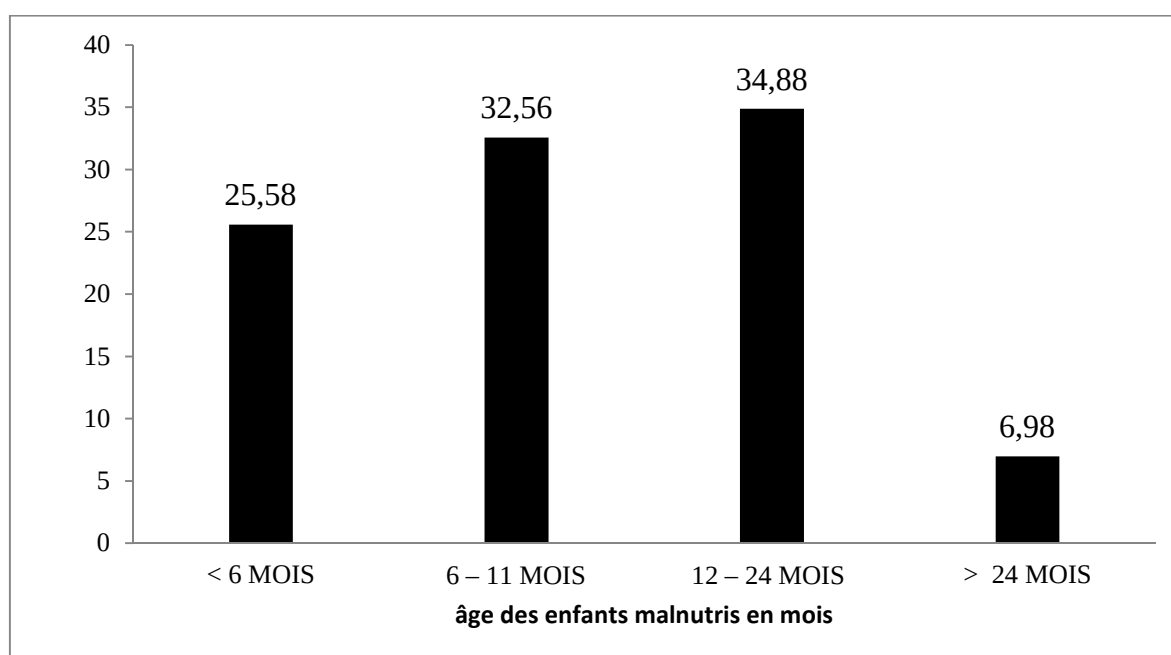


Figure 1. Répartition des enfants malnutris selon l'âge

REPARTITION DES ENFANTS MALNUTRIS SELON LE MODE D'ALIMENTATION À LA NAISSANCE

Les résultats montrent que seulement 14,75 % des enfants qui avaient reçu un allaitement maternel exclusif étaient malnutris alors que 31,19 % de ceux n'ayant pas reçu à la naissance un allaitement maternel exclusif étaient malnutris. Ces deux pourcentages sont statistiquement différents ($p < 0,05$).

RÉPARTITION DES ENFANTS MALNUTRIS SELON L'ÂGE DE LA DIVERSIFICATION ALIMENTAIRE

54,46 % des enfants ayant été soumis à une diversification alimentaire avant l'âge de 6 mois étaient malnutris contre 18,75 % dans la population d'enfants soumis à une diversification alimentaire après l'âge de 6 mois.

REPARTITION DES ENFANTS MALNUTRIS SELON LE TERME DE LA GROSSESSE

Le pourcentage d'enfants malnutris est de 50 % chez les enfants qui ne sont pas nés à terme contre 25,14 % chez ceux nés à terme. Toutefois, ces deux valeurs ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) quoique le nombre d'enfant prématuré rencontré au cours de l'enquête soit faible.

RÉPARTITION DES ENFANTS MALNUTRIS SELON LE POIDS DE NAISSANCE

Chez les enfants dont le poids de naissance est inférieur à 2500 g, la proportion de malnutris est de 50 % contre 24,49 % chez ceux ayant un poids supérieur à 2500 g. La différence observée entre ces deux proportions est significative ($p < 0,05$).

4 DISCUSSION

Cette étude réalisée après la période post-crise permet d'apprécier l'impact de la crise militaro-politique sur le bien-être des enfants de 0 à 59 ans dans le district d'Abidjan comparativement à une étude antérieure réalisée sur le même site et de durée équivalente par [16].

L'augmentation de la prévalence de la malnutrition à partir de l'âge de 6 mois s'expliquerait, comme c'est la malnutrition protéinoénergétique qui est rencontrée, par une diversification alimentaire insuffisante du point de vue qualitatif et quelque fois quantitatifs pour couvrir les besoins nutritionnelles de l'enfant. A partir de 12 mois, le sevrage augmenterait les risques de l'augmentation de sa prévalence expliquant ainsi l'élévation du pourcentage de malnutris dans la classe d'âge de 12 à 24 mois. Au-delà de 24 mois, les phénomènes de malnutrition semblent maîtrisés puisque l'enfant est doté d'une autonomie alimentaire : il est capable de manger seul à volonté les aliments du ménage généralement disponibles, abondants et pouvant satisfaire ses besoins alimentaires.

Le fait qu'il n'y a pas de différence significative de la prévalence de la malnutrition en fonction du sexe signifierait qu'il n'existe pas une prédisposition à la malnutrition liée au sexe.

La taille du ménage, le nombre d'enfant de moins de 5 ans dans le ménage et aussi l'âge de la mère n'ont pas augmenté significativement la prévalence de la malnutrition des enfants concernés par l'étude. Cela s'expliquerait par une éducation nutritionnelle réussie en Côte d'Ivoire. Cette assertion est confirmée par l'absence d'augmentation de la prévalence de la malnutrition selon la nationalité (ivoirienne ou non ivoirienne), la pratique religieuse familiale et le niveau d'instruction de la mère. Cette réussite de l'éducation nutritionnelle est, par contre, entravée par le niveau économique des ménages. En effet, selon l'étude effectuée, un niveau économique bas augmente la prévalence de la malnutrition infantile alors qu'un niveau économique élevé diminue sa prévalence. Aussi, les résultats démontrent que l'allaitement maternel et une diversification alimentaire qualitative après l'âge de 6 mois font chuter considérablement la prévalence de la malnutrition. Dans le cas contraire, la prévalence de la malnutrition est augmentée.

Les résultats indiquent également que les antécédents médicaux et familiaux tels que le faible poids de naissance et les grossesses non à terme peuvent être également un facteur de risque pouvant augmenter la prévalence de la malnutrition.

La malnutrition aigüe évaluée dans le cadre de cette étude est très supérieure à celle de l'étude réalisée par Ake *et al.* [16] qui est de 22,5 %. Cette augmentation serait liée à l'effet de la guerre.

Quant à la malnutrition chronique, la proportion de malnutris est identique à celle trouvée par Ake *et al.* [18] en milieu urbain (38,5 %). Cela est dû au fait que la guerre a été transitoire et n'a pas duré (4 mois) si bien que son impact sur le bien-être des enfants a été circonscrit.

5 CONCLUSION

A l'issue de cette étude, il y'a lieu de constater que la crise militaro-politique à certes contribuer à détériorer l'état de santé des enfants de 0 à 59 mois au cours de cette période, mais des facteurs comme le niveau socioéconomique de la famille et le type d'alimentation pendant les 6 premiers mois de la vie de l'enfant restent des éléments déterminants dans la prévalence de la malnutrition protéinoénergétique.

RECOMMANDATIONS

L'allaitement maternel exclusif pendant les six premiers mois de la vie est à recommander. A partir de six mois, il serait judicieux d'introduire un aliment de complément adéquat tout en poursuivant l'allaitement jusqu'à l'âge de deux ans.

Un suivi médical rapproché des enfants nés dans cette période s'impose.

REFERENCES

- [1] FAO et OMS, Conférence Internationale sur la Nutrition. Les grands enjeux des stratégies nutritionnelles, 406p, 1992.
- [2] M. Tshipete, Contribution à la prise en charge des enfants malnutris : cas de l'hôpital de Dabou. *Med. Tro*, vol. 52 no 4, pp. 407-414, 1992.
- [3] WHO, Measuring Change in Nutritional Status. Guidelines for Assessing the Nutritional Impact of Supplementary Feeding Programmers for Vulnerable Groups. Geneva, 1983.
- [4] WHO, Nutrition Landscape Information System (NLIS) country profile indicators: interpretation guide. Geneva, p. 51, 2010.
- [5] FAO, Etat de l'insécurité alimentaire dans le monde : prix élevés des denrées alimentaires et sécurité alimentaire-menaces et perspectives, 60 p, 2005.
- [6] OMS, Rapport sur la santé dans le monde. Genève OMS, pp. 142-143, 2011.
- [7] T. Mutombo, J. Keusse, A. Sangare, Sida et malnutrition en milieu pédiatrique semi-rural : Expérience de l'hôpital protestant de Dabou en Côte d'Ivoire. *Méd. Afr. Noire*, vol. 43 no 2, pp. 72-77, 1996.
- [8] FAO, La crise alimentaire et nutritionnelle du sahel: L'urgence d'appuyer la résilience des populations vulnérables Cadre stratégique de réponse régionale Burkina Faso, Gambie, Mali, Mauritanie, Niger, Tchad, et Sénégal version, 263 p, 2012.
- [9] S. Ounussi, Crise alimentaire oblige Afrique refonte de l'aide agricole, 2008.
- [10] Unicef, Les enfants d'abord. New York: UNICEF, p. 80, 1990.
- [11] Unicef, La Situation des enfants dans le monde 1998. Genève: UNICEF, p 90, 1998.
- [12] M. Loada, Ouredraogo et L. Nikiema, Enquête Nationale sur l'Insécurité Alimentaire et la Malnutrition, p.193, 2009.
- [13] OMS, Utilisation et interprétation de l'anthropométrie. Rapport d'un comité OMS d'experts. Séries de rapports techniques 854. Genève: OMS, 1995.
- [14] G. Capon, Y. Martin-Prevel, Indices nutritionnels: construction, enjeux et perspectives. Réunion intersites CILSS-AGRHYMET-INSAH ; Niamey, Niger. pp. 13-15, 2007.
- [15] Gibson B, Principles of Nutritional Assessment. *Oxford University Press*, Oxford, 1990.
- [16] O. Ake-Tano, F. K. Ekou, Y. E. Konan, E. O. Tetchi, K. B. Koffi, K. R. Oussou, D. O. D. Kpebo, A. Coulibaly, I. Tiembre, K. Koffi, Déterminants de la malnutrition chez les enfants de moins de cinq ans suivis à l'institut national de santé publique Côte d'Ivoire, *Médecine d'Afrique Noire*, no 5802, pp. 93-99, 2011.
- [17] O. Aké-Tano, I. Tiembré, Y. E. Konan, P. Donnen, S. N. Dagnan, M. Dramaix, K. Koffi and J. A. Diarra-Nama, Malnutrition chronique chez les enfants de moins de 5 ans au nord de la Côte d'Ivoire. *Santé Publique*, vol. 22 no.2, pp. 213-220, 2010.

ASSESSMENT OF WETTING PATTERN AND MOISTURE DISTRIBUTION UNDER POINT SOURCE DRIP IRRIGATION IN NYAGATARE - RWANDA

Binyebebe Maurice¹, Nsengumuremyi Emile², and Uwimpuhwe Charlotte³

¹Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, College of science and technology, University of Rwanda,
P.O. Box 57 Nyagatare, Rwanda

²Rwanda agricultural board, P.O Box: 5016, Rwanda

³Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, College of science and technology, University of Rwanda,
P.O. Box 3900 Kigali, Rwanda

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

ABSTRACT: A study was conducted to assess the performance of surface and subsurface drip irrigation systems using different irrigation water levels on water distribution in soil and wetting pattern and in order to establish relationship of moisture content, distance and depth relationship. The field experiment was conducted in sandy loam soil from October, 2014 to May, 2015 in the farm of University of Rwanda (UR) Nyagatare Campus. The experiment was laid out in strip plot design with three replications to study the effect of depth of placement of drip lateral and different levels of irrigation water. The treatments are three levels of depth of laterals i.e. at surface, 10 cm depth from surface and 20 cm depth from surface. Soil moisture content at 0, 20 and 40 cm distances from emitter, and depths at 0 - 15, 15 - 30 cm depths was determined every 30 days before and 24 hours after irrigation to estimate soil profile moisture depletion. Based on wetting pattern radius, a linear equation was developed to evaluate relationship at the surface drip irrigation and subsurface drip irrigation at two considered depths (10 cm and 20 cm). For Vertical wetted depth, they were: $Y(0\text{ cm}) = 0.217X + 5.2203$, $R^2 = 0.9532$ (surface drip), $Y(10\text{ cm}) = 0.2996X + 5.8946$, $R^2 = 0.9647$ (subsurface drip, 10 cm depth) and $Y(20\text{ cm}) = 0.2927X + 6.7402$, $R^2 = 0.957$ (subsurface drip, 20 cm depth). In case of horizontal wetted radius, the obtained equations were: $Y(0\text{ cm}) = 0.217X + 5.2203$, $R^2 = 0.9532$ (surface drip), $Y(10\text{ cm}) = 0.2996X + 5.8946$, $R^2 = 0.9647$ (subsurface drip, 10 cm depth) and $Y(20\text{ cm}) = 0.2927X + 6.7402$, $R^2 = 0.957$ (subsurface drip, 20 cm depth). All these values of regression coefficients indicated that the variation of vertical wetting front and horizontal wetted radius was highly correlated to the time increase.

KEYWORDS: Moisture content, wetting pattern, irrigation, regression analysis, irrigation scheduling.

1 INTRODUCTION

Land and water are the two basic pre-requisites for life. The demand for these two natural resources is increasing more and more due to the escalation of population, large scale industrialization and food needed for the growing population.

Efficient utilization of available water resources is crucial for Rwanda with only 2.7% of potential cultivated land is under irrigation (Marshland, hillside and small scale irrigation). Agriculture sector consumes more than 10 % of the water resources of the country, and continues to be the major water-consuming sector due to the intensification of agriculture (MOWR, 1999, Iyer and Ramasamy, 2003). However, it accounts for 33% of the national gross domestic product and 70 % of exports (Rwanda development Board, 2014).

The Government of Rwanda, through the Ministry of Agriculture and Animal Resources (MINAGRI), is keen to transform the promise offered by modern irrigation technology from potential into reality in its pursuit of food security. Hence irrigation project sites are developed in different Districts of Rwanda like: Bugesera, Rwamagana, Nyagatare, Kirehe, Kayanza,

Gasabo, Muhanga, Nyanza, Ruhango, Karongi and Gicumbi; to ensure sustainable production of food, cash, export and industrial crops.

Although Rwanda possesses considerable water resources, they are not evenly distributed uniformly. For example, while water is abundant in the marshlands, facilities for storing it elsewhere are lacking. This explains why farming during dry season agriculture is limited. Agriculture production in the Eastern and Southern parts of Rwanda, where rainfall is not uniformly distributed, is especially affected.

This case was observed also in season A of 2015 started from October/ 2014 up to February 2015 usually characterized with long rainfall season (Mid-February to end of May), Bart (1993), where rain occurred only for one month and half i.e from April to mid-May and affected the production especially for rain fed crop in Eastern and Southern part of Rwanda.

The ministry of Agriculture through its projects like government irrigation project and task force of irrigation and mechanization has increased surface irrigation land especially for rice crop. Recently MINAGRI has implemented pressure irrigation 900 ha at Matimba and 600 ha at Nasho; among of those 1500ha only 90ha were drip. Considering the above reason it seems that drip irrigation is not familiar here in Rwanda and they are no more literature and teaching material available on it. Moreover, determination of quantity and direction of water flow is very important for sustainable land management (Sariyev, 2007). While deeper lateral depth leads to the reduction of soil evaporation, a deep installation of emitters can increase water losses due to deep percolation and decrease availability of water for crop roots (Dukes, 2005). Lateral depths are mostly poorly studied as a treatment variable and little information is available on it

Due to the problems given in above section; artificial supply of water is required to meet crop water requirement and maintained sustainable agriculture, this technology is called irrigation. Hence the justification of this research with the following objective of Assessment of wetting pattern and moisture distribution under point source drip irrigation

2 STUDY AREA

The field experiment was conducted to assess the performance of drip irrigation system at different placement depths of laterals with different irrigation water levels during January to May 2015. The study was conducted in the farm of University of Rwanda- Nyagatare Campus.

2.1 WEATHER AND CLIMATE

The mean annual rainfall is 850 mm distributed during rainy days with an annual mean maximum and minimum temperatures of 32⁰C and 15⁰C respectively.

The average maximum and minimum relative humidity were 92 % (8:22 hrs) and 39 % (14:22 hrs). The mean daily evaporation ranges from 3.5 to 7.6 mm.

2.2 SOIL PROPERTIES

The soil of the experimental area belongs to sandy loam in texture. The physical and chemical properties are given in Table 3.1.

Table 2.1 Soil characteristics of the experimental field

Particulars	Composition
A. Textural composition	
Sand, %	64.43
Silt, %	22.15
Clay, %	13.42
Textural class	Sandy loam
B. Chemical properties	
pH	7.8
EC, dS m ⁻¹	0.17
Available N, kg ha ⁻¹	229
Available P, kg ha ⁻¹	10.1
Available K, kg ha ⁻¹	179
C. Physical properties	
Bulk density, gm / cm ³	1.52
Field capacity, %	23.8
Permanent wilting point, %	10.02
Saturated hydraulic conductivity, m s ⁻¹	2.81x10 ⁻⁶

Source: ISAR, 2005

2.3 IRRIGATION SOURCE

The irrigation water was deviated from public pipe line near the experimental field and was used for irrigation.

3 METHODOLOGY

3.1 FIELD PREPARATION

The experimental plot was thoroughly ploughed and the pits of 30 cm x 30 cm x 30 cm were prepared at a spacing of 1.5 m x 1.5 m. Then the layout was taken up and the drip irrigation system installed.

3.2 DESIGN AND TREATMENTS

3.2.1 EXPERIMENTAL DESIGN

The experiment was laid out in a plot design with three treatments each replicated three times.

- T1S1 - Drip lateral at surface with irrigation water at 1.0 IW / CPE ratio
- T2S1 - Drip lateral at 10 cm depth from surface with irrigation water at 1.0 IW / CPE ratio
- T3S1 - Drip lateral at 20 cm depth from surface with irrigation water at 1.0 IW / CPE ratio

3.2.2 IRRIGATION SCHEDULING

Irrigation water was given to the crop for all treatments based on IW/CPE ratio, where IW refers to irrigation water and CPE is the cumulative pan evaporation i.e. the sum of daily evaporation from standard open pan. Irrigation was given once in three days interval for all the treatments.

3.3 WETTING PATTERN MEASUREMENT

3.3.1 HORIZONTAL WETTED ZONE

The average radius of the wetted zone was estimated over time during emission by measuring the actual distance in four directions as the wetting pattern has almost a circular shape using the measuring scale. The measurement was done for each irrigation system i.e. surface (lateral laid at 0 cm depth) and subsurface (laterals laid at 10 cm and 20 cm depth) for further investigation on the efficiency of each system according to treatments of the study.

3.3.2 VERTICAL WETTED DEPTH

Immediately after measuring the horizontal wetting front, the discharge was stopped. Then, the soil was cut vertically along downward to record the vertical movement of wetting front after the specified time. The vertical wetted depth was measured exactly below the emitter position.

The wetting pattern was measured at the end of 10, 20, 30, 45 and 60 minutes of the operation of drip irrigation system.

4 RESULTS

The results obtained from the study were analyzed to provide basic information of soil moisture movement under surface and subsurface drip irrigation. The results obtained on the above investigation are presented and discussed in the following section.

4.1 MOISTURE DISTRIBUTION IN SOIL DURING DIFFERENT PERIOD

The moisture content values at 0, 20 and 40 cm distances from emitter point and 0 – 15 cm and 15 – 30 cm depths for all the treatments i.e. those including (0 cm depth) surface laterals, 10 cm and 20 cm depth laterals each receiving irrigation. The contour maps of moisture distribution were drawn one before irrigation (figure 4.1), and the other at 30, 60, 90 and 120 DAS (DAS: Days after sowing).

The percentage of moisture was decreasing with increase in distance from the emitting point in both cases investigated i.e. before and 24 hours after irrigation. The surface soil appeared to be almost dry before irrigation in upper depth of soil say from surface to 15 cm depth. However 24 hours after irrigation is supplied, the moisture content for the treatments of surface laterals became higher from surface to 15 cm deep and lesser in the depth of 15 – 30 cm.

4.1.1 MOISTURE DISTRIBUTION IN SOIL BEFORE IRRIGATION FOR DIFFERENT TREATMENTS

The soil depth of 0 -15 cm in all the treatments was almost dry before irrigation, while moving downward the soil depth became moist. For all the treatments, before irrigation, the soil moisture content was almost in equal values moving downward the soil profile (Table 4.1).

4.1.2 MOISTURE DISTRIBUTION IN SURFACE DRIP IRRIGATION TREATMENTS

In most of the cases of irrigation levels, moisture content appeared to be less at surface and increased proportionally with the depth as observed at different periods of plant growth. It was lower in the depth of 0 – 15 cm and relatively higher in the depth of 15 – 30 cm. This was most likely due to the high evaporation and infiltration from the surface.

While analysing the horizontal behaviour of soil moisture, the general trend showed that the moisture decreased with increase in distance from the emitting point for all the treatments (Table 4.1 and figures 4.1). This indicates that the plants were benefiting more water near the emitting point than at other points of the wetted zone area. The percentage moisture decreased linearly in the order of: 0 cm > 20 cm > 40 cm. This could be justified by the quantity of water applied which could be more in first case and less in second one. Similar results were reported by Philip (1984) and Muthuchamy (1998) that the moisture content was decreased while the distance from the emitter point increased.

Table 4.1 Moisture content (%) before irrigation at 30, 60, 90 and 120 DAS

Treatment	Depth (cm)	Distance from emitter (cm)											
		At emitter				20				40			
		30 DAS	60 DAS	90 DAS	120 DAS	30 DAS	60 DAS	90 DAS	120 DAS	30 DAS	60 DAS	90 DAS	120 DAS
T1S1	0 – 15	12.9	11.09	11.32	12.56	10.99	9.97	10.08	11.52	13.11	11.86	10.68	10.17
	15 – 30	13.73	13.04	13.13	14.12	12.69	11.52	12.26	13.22	11.42	9.91	12.44	11.22
T1S2	0 – 15	13.46	11.51	12.35	13.33	12.43	12.31	9.55	10.20	10.65	10.79	11.31	11.36
	15 – 30	13.31	12.92	13.22	14.52	12.61	10.66	11.08	11.68	10.84	11.08	10.34	12.55
T1S3	0 – 15	11.21	10.16	10.99	11.07	10.13	9.75	10.11	9.67	8.86	8.66	6.25	10.22
	15 – 30	12.41	12.54	12.11	12.51	11.07	10.68	11.59	11.89	10.11	9.88	9.26	10.26
T2S1	0 – 15	11.28	12.12	12.86	12.29	10.16	11.46	11.1	11.08	9.18	10.12	10.29	10.86
	15 – 30	13.34	16.14	13.41	14.41	12.79	14.43	12.76	13.36	10.38	12.02	12.66	12.56
T2S2	0 – 15	10.65	11.84	10.59	11.77	9.95	10.64	10.11	10.24	10.64	8.97	9.15	9.83
	15 – 30	12.08	14.62	13.31	13.84	11.08	13.26	11.91	11.66	11.98	11.15	10.53	10.48
T2S3	0 – 15	10.14	11.21	11.34	11.51	10.05	10.42	10.73	10.81	9.78	10.12	9.97	10.18
	15 – 30	12.36	12.69	12.74	13.39	12.53	11.51	11.84	11.54	12.4	11.03	10.96	11.96
T3S1	0 – 15	11.42	12.79	11.17	11.26	10.01	11.63	10.09	11.09	9.75	10.51	10.2	9.93
	15 – 30	13.24	14.07	13.13	15.28	11.74	12.49	11.51	11.66	11.13	11.92	8.99	10.51
T3S2	0 – 15	10.91	12.26	11.51	11.79	11.09	10.76	10.67	12.44	7.65	8.23	10.16	9.98
	15 – 30	12.89	15.11	13.21	14.21	12.95	13.88	13.59	13.09	11	11.81	11.22	11.6
T3S3	0 – 15	10.80	12.03	11.29	12.31	7.65	10.52	10.36	10.52	6.83	8.51	9.93	11.47
	15 – 30	11.63	14.43	12.05	16.05	10.36	13.04	11.66	13.66	10.09	10.63	12.11	12.61

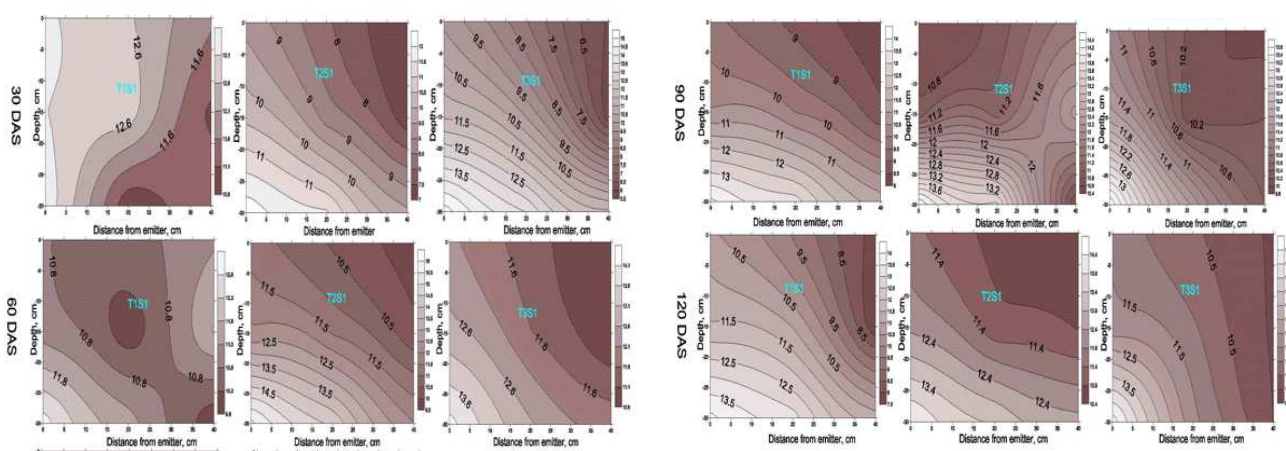


Figure 4.1 Moisture distribution before irrigation at surface, 10 cm and 20 cm depths

4.1.3 MOISTURE DISTRIBUTION IN SUBSURFACE DRIP IRRIGATION TREATMENTS

The soil moisture Content subsurface drip irrigation treatments are given in Table 4.2 for 10 and 20 cm placement depths of laterals respectively.

The contours plotted for different treatments of both 10 cm and 20 cm depths showed maximum depletion at a depth range of 0 – 15 cm while, it was reducing by depth of 15 – 30 cm (figure 4.2). This could be due to more evaporation on surface and the movement of water by gravity beneath the sandy loam soil was more to capillary hence water moved from upper layers to deeper ones. In addition, the water is directly supplied to the plant roots in the deeper depth especially for the treatments including 20 cm depth laterals. The percentage moisture decreased with increase in distance away from emitter as it was also observed in the treatments including surface laterals. Generally, the treatments including 20 cm depth

laterals was superior to others to increase soil moisture in the depth range of 15 – 30 cm regardless the water levels applied and the stage of plant growth (Table 4.1).

From the above observation, subsurface drip irrigation was found to be superior to surface drip irrigation due to the following reasons:

- Since the water supply is below the ground surface, evaporation loss is minimum and,
- Application of irrigation water is direct at the rhizosphere zone and hence growth of plant is good.

4.1.4 MOISTURE DISTRIBUTION IN SOIL 24 HOURS AFTER IRRIGATION

4.1.4.1 SURFACE DRIP IRRIGATION TREATMENTS AFTER 24HOURS

The moisture content results showed the variation between treatments due to the water levels received. Considering the plant growth stage of 120 DAS at which the maximum values were found, the treatment gave 20.25 %.

The moisture content was higher at a ranging depth 0 – 15 cm than at 15 – 30 cm (Table 4.2). This could be due to the direct water application at surface and to the fact that the water infiltration after 24 hours was in progress and much moisture was still in the depth of 0 – 15 cm. Apart from this vertical water front advance, horizontal wetting advance was taking place and the maximum moisture content was near the emitting point and reduced as the distance away from emitter (Table 4.2). The figure 4.4, 4.5 and 4.6 illustrate the even distribution of soil moisture with the increase in moisture content vertically and the lateral decrease with increasing distance from emitting point.

The same results were reported by Chakraborty *et al.* (1998) that, relative higher soil moisture content by volume near the emitter and a decrease as the distance from emitting point increases.

Table 4.2 Moisture content (%) 24 hours after irrigation at 30, 60, 90 and 120 DAS

Treatment	Depth (cm)	Distance from emitter (cm)											
		At emitter				20				40			
		30 DAS	60 DAS	90 DAS	120 DAS	30 DAS	60 DAS	90 DAS	120 DAS	30 DAS	60 DAS	90 DAS	120 DAS
T1S1	0 - 15	18.01	18.51	18.38	20.25	15.86	15.13	14.86	16.46	13.88	12.98	12.54	14.32
	15 - 30	14.17	13.24	13.87	15.95	12.27	12.58	12.62	16.97	11.82	11.14	13.42	12.38
T1S2	0 - 15	16.87	15.17	16.21	17.73	13.81	12.98	14.04	14.35	12.24	13.55	13.79	12.76
	15 - 30	13.34	13.5	13.11	14.9	12.68	11.19	11.26	12.7	11.86	11.09	11.87	13.61
T1S3	0 - 15	15.25	14.06	14.23	16.58	13.62	12.72	12.72	14.32	11.13	12.8	11.63	12.4
	15 - 30	12.17	12.48	12.48	13.87	10.84	11.04	11.04	12.55	10.25	10.17	10.17	11.24
T2S1	0 - 15	14.24	14.52	14.38	16.86	12.66	13.06	12.21	13.9	11.62	11.98	11.14	11.89
	15 - 30	17.23	17.16	16.36	20.11	14.86	14.62	13.83	16.79	12.65	12.28	12.67	13.65
T2S2	0 - 15	14.51	13.23	13.27	15.52	12.35	12.46	12.64	13.64	11.24	10.87	11.17	11.59
	15 - 30	17.06	16.56	16.05	18.2	15.94	13.58	13.2	16.31	12.51	12.26	12.09	13.23
T2S3	0 - 15	14.23	13.87	12.99	13.89	12.18	11.56	11.23	12.23	11.95	9.91	10.03	10.93
	15 - 30	15.79	14.96	14.18	16.59	13.67	12.08	12.31	14.18	12.08	11.25	11.27	13.20
T3S1	0 - 15	13.23	13.08	12.22	16.22	11.27	11.17	11.62	13.62	12.42	12.54	12.56	12.03
	15 - 30	18.11	17.65	17.56	20.51	16.19	15.05	14.74	17.5	13.27	13.01	13.24	14.54
T3S2	0 - 15	13.53	12.78	12.43	14.43	12.36	11.12	11.46	13.43	11.55	12.04	10.48	11.48
	15 - 30	17.16	17.03	17.11	19.77	14.17	13.89	14.32	16.32	12.24	13.17	12.47	14.21
T3S3	0 - 15	12.28	12.14	12.41	14.49	11.68	11.03	11.49	12.79	10.14	10.31	10.04	11.81
	15 - 30	16.21	15.49	15.18	17.18	14.54	13.36	13.27	15.27	12.27	11.65	11.46	13.46

4.1.4.2 MOISTURE DISTRIBUTION IN SUBSURFACE DRIP IRRIGATION TREATMENTS AFTER 24HOURS

The moisture content observed 24 hours after irrigation was found to be higher in deeper installation (Table 4.2). Analyzing the contours of 10 cm and 20 cm depths of lateral placement at different irrigation place, the moisture content was evenly distributed 24 hrs after irrigation.

From Table 4.2 and figure 4.2 for all the plant growth stages (30, 60, 90 and 120 DAS) the soil moisture content was varying in both depths of 0 – 15 cm and of 15 – 30 cm and in the order: 20 cm > 10 cm > 0 cm (surface). This gradual decrease with the increase in distance was almost the general trend.

Contrary to surface drip irrigation, soil surface appeared moist but did not get saturated for subsurface irrigation when depth of placement of drip lateral was 10 and 20 cm at all growth stage. The soil moisture content was more at the depth of 15 – 30 cm than in 0 – 15 cm at all plant growth stages. Similar results were obtained by Singh and Rajput (2009) that the subsurface drip irrigation on onion where the soil moisture was more in 30 cm depth than the upper depth when the lateral was laid at 20 cm depth. The findings of Kheira (2009) are in conformity with the results of the present where the soil moisture at 30 and 45 cm depths was higher than in the upper layer when the lateral was laid at 25 cm depth. Arbat *et al.* (2010) reported the similar trend of moisture behavior where it was lesser in nearly surface ground and more in deeper layers beyond 15 cm depth. The water distribution in the soil profile for irrigated land by the subsurface drip system (10 cm and 20m placement depths of laterals, and almost at all growth stages. Therefore, it could be concluded that under subsurface drip, the water available in root zone was more sufficient for plant growth. This might have resulted from minimum evaporation loss with this system.

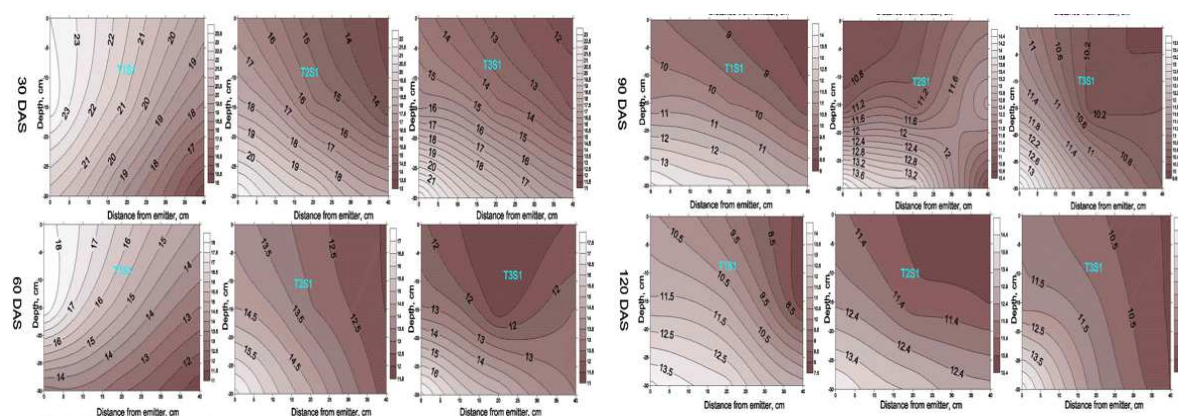


Figure 4.2: Moisture distribution 24 hours after irrigation at surface, 10 cm and 20 cm depths from surface treatments at 30, 60, 90 and 120 DAS

4.2 WETTING PATTERN VS TIMES RELATIONSHIP

The horizontal and vertical water front advance were measured and shown in Table 4.3. The wetted horizontal radius and wetted depth for various time of emission were observed at surface, 10 cm and 20 cm depth. Different regression equations were fitted for the horizontal wetted radius and vertical wetted depths (figure 4.3). A view of wetting pattern of surface and subsurface drip.

4.2.1 HORIZONTAL WETTED RADIUS

The values of horizontal wetted zone radius increased progressively from 10.2 to 15.8 cm for surface lateral, 6.4 to 12.3 cm for lateral laid at 10 cm depth and 5.6 to 10.9 cm for lateral laid at 20 cm beneath the soil from 10 minutes to 60 minutes emitter operation. Table 4.3 shows that the horizontal wetted zone radius increased linearly with increase in elapsed time. It was observed the faster movement of wetting front in horizontal direction for surface drip treatments than the treatments of subsurface lateral installations at 10 cm and 20 cm depth.

From observed data, an equation of the linear model $Y = AX + C$ was fitted for different depths at which the laterals were laid. This helped to evaluate the surface drip irrigation and subsurface drip irrigation at two considered depths (10 cm and 20 cm).

The following equations representing predicted values were obtained:

$$(i) \quad Y (0 \text{ cm}) = 0.1026X + 10.437 \text{ (surface drip)}$$

$$R^2 = 0.8062$$

$$(ii) \quad Y (10 \text{ cm}) = 0.1059X + 6.4858 \text{ (subsurface drip, 10 cm depth)}$$

$$R^2 = 0.8621$$

$$(iii) \quad Y (20 \text{ cm}) = 0.1035X + 5.543 \text{ (subsurface drip, 20 cm depth)}$$

$$R^2 = 0.891$$

Where,

Y = horizontal wetted radius, cm

X = elapsed time and A, C = constants

The range of variation of obtained regression coefficients varied between 0.8 and 0.9 (maximum value being 1 and the minimum 0). This states that the obtained regression line perfectly fits the data. From these equations, the variation of the constants is due to different depths of lateral placement. The coefficients of deterministic ($R^2 = 0.8062$, $R^2 = 0.8621$ and $R^2 = 0.891$ for surface lateral, lateral placed at 10 cm depth and lateral placed at 20 cm depth respectively) indicated that the variation of horizontal wetted radius was highly correlated to time increase.

4.2.2 VERTICAL WETTED DEPTH

The depth of wetting ranged from 6.5 to 17.2 cm, 7.6 to 23 cm and 8.2 to 23.4 cm for 60 minutes of emission for the surface lateral, 10 cm depth lateral and 20 cm depth lateral respectively. Similar to horizontal wetting front advance, the vertical wetting front advance increased with increase in elapsed time (Table 4.3, 4.7). Inversely to horizontal wetted zone radius, the wetting front advance in vertical direction was faster in the subsurface treatments i.e. those including lateral placed at 10 cm depth and 20 cm depth respectively with the supremacy of the treatments of 20 cm lateral depth. This vertical wetting front was lesser in surface drip treatments (figure 4.8). The similar functional relationship was observed by Selvaraj (1997), Muthuchamy (1998) and Fazilah (2009).

Equation of the linear model $Y = AX + C$ was fitted using observed data for different depths at which the laterals were laid and the obtained equations can be used for prediction. The following equations were obtained (figure 4.3):

$$(i) \quad Y (0 \text{ cm}) = 0.217X + 5.2203 \text{ (surface drip)}$$

$$R^2 = 0.9532$$

$$(ii) \quad Y (10 \text{ cm}) = 0.2996X + 5.8946 \text{ (subsurface drip, 10 cm depth)}$$

$$R^2 = 0.9647$$

$$(iii) \quad Y (20 \text{ cm}) = 0.2927X + 6.7402 \text{ (subsurface drip, 20 cm depth)}$$

$$R^2 = 0.957$$

Where,

Y = horizontal wetted radius, cm

X = elapsed time and A, C = constants. The range of variation of obtained regression coefficients varied around 1 (maximum value). This states that the obtained regression line perfectly fits the data.

Similar to the variation of horizontal wetted radius, the regression coefficients ($R^2 = 0.9532$, $R^2 = 0.9647$, $R^2 = 0.957$ for surface lateral, lateral placed at 10 cm depth and lateral placed at 20 cm depth respectively) indicated that the variation of vertical wetting front was highly correlated to the time increase. From these equations, the variation of the constants was due to variation in depths of lateral placement. The similar functional relationship was also observed by Selvaraj (1997). For subsurface drip irrigation system Singh *et al.* (2006) reported that, at different duration of water application, the maximum wetted depth and minimum wetted width were found in subsurface drip laid at different depths of 0, 5, 10 and 15 cm than the surface drip.

Table 4.3 Horizontal wetting front advancement and vertical wetted zone depth

Time (min)	Horizontal Wetted zone radius (cm)			Vertical wetted zone depth (cm)		
	Surface (0 cm)	10 cm depth	20 cm depth	Surface (0 cm)	10 cm depth	20 cm depth
10	10.2	6.4	5.6	6.5	7.6	8.2
20	13.3	9.5	8.5	9.6	12.2	13.1
30	14.0	10.3	9.1	12.7	16.5	17.2
45	15.0	11.4	10.2	15.9	19.6	20.1
60	15.8	12.3	10.9	17.2	23	23.4

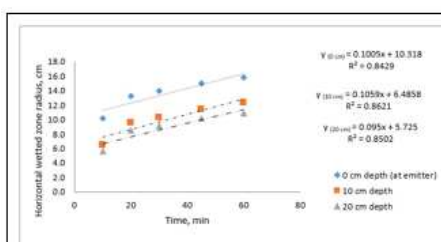


Figure 4.3. Horizontal wetted radius vs time

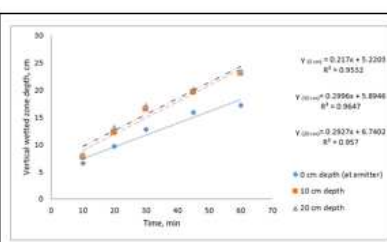


Figure 4.4. Vertical wetted depth vs time



Plate 4.5. Measurement of wetting pattern at 30cm depth



Plate 4.6 Measurement of wetting pattern at surface

5 SUMMARY AND CONCLUSION

The field experiment was laid in strip plot design with nine treatments replicated thrice. Two irrigation systems i.e. surface and subsurface drip irrigations were evaluated with respect to depth of lateral placement and three levels were considered: surface, 10 cm and 20 cm depth of lateral placement. This factor of depth of lateral placement was combined with irrigation water level factor to form the treatments of the study.

The percentage of moisture was decreasing with increase in distance from the emitting point in both cases investigated i.e. before and 24 hours after irrigation. The surface soil appeared to be almost dry before irrigation in upper depth of soil say from surface to 15 cm depth. However 24 hours after irrigation is supplied, the moisture content for the treatments of surface laterals became higher from surface to 15 cm deep and lesser in the depth of 15 – 30 cm. In case of subsurface drip treatments, the moisture content observed 24 hours after irrigation was found to be higher in deeper installation. Analyzing the contours of 10 cm and 20 cm depths of lateral placement at different irrigation levels, the moisture content was evenly distributed 24 hrs after irrigation.

To evaluate the surface drip irrigation and subsurface drip irrigation system a linear regression equation was based on two considered depths (10 cm and 20 cm). For Vertical wetted depth, they were: $Y(0\text{ cm}) = 0.217X + 5.2203$, $R^2 = 0.9532$ (surface drip), $Y(10\text{ cm}) = 0.2996X + 5.8946$, $R^2 = 0.9647$ (subsurface drip, 10 cm depth) and $Y(20\text{ cm}) = 0.2927X + 6.7402$, $R^2 = 0.957$ (subsurface drip, 20 cm depth). In case of horizontal wetted radius, the obtained equations were: $Y(0\text{ cm}) = 0.217X + 5.2203$, $R^2 = 0.9532$ (surface drip), $Y(10\text{ cm}) = 0.2996X + 5.8946$, $R^2 = 0.9647$ (subsurface drip, 10 cm depth) and $Y(20\text{ cm}) =$

$0.2927X + 6.7402$, $R^2 = 0.957$ (subsurface drip, 20 cm depth). All these values of determination coefficients indicated that the variation of vertical wetting front and horizontal wetted radius was highly correlated to the time increase.

REFERENCE

- [1] Arbat, G., Lamm, F. R., and Kheira, A. A. Abou. 2010. Subsurface drip irrigation emitter spacing effects on soil water redistribution, corn yield and water productivity. *Applied Engr. in Agric.* 26(3): 391-399.
- [2] Chakraborty, D., A.K. Singh, A. Kumar, K.S. Uppal and M. Khanna. 1998. Effect of fertigation on nitrogen dynamics in Broccoli. Workshop on Micro Irrigation and sprinkler irrigation Systems, 28 – 30 April 1998. New Delhi. Proceedings, Central Board of Irrigation and Power.
- [3] Christiansen, J.E. 1942. Irrigation by Sprinkling, University of California, College of Agricultural Expt. Station. Bull. 620.
- [4] Dukes, M.D., Scholberg, J.M. 2005. Soil moisture controlled subsurface drip irrigation on sandy soils. *Appl. Eng. Agric.* 21(1): 89-101.
- [5] ISAR, 2005: Annual report on soil survey
- [6] Kheira, A.A.A., 2009. Comparison among different irrigation systems for deficit-irrigated corn in the Nile Valley. *Agricultural Engineering International: CIGR E-journal*. Manuscript LW08 010. Vol. 11.
- [7] Muthuchamy, I. 1998. Study of flow dynamics under point dripping source and estimation of soil hydraulic parameters as design tool for drip irrigation system. Ph.D. Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
- [8] Philip J.R (1984) Travel times from buried and surface infiltration point sources. *Water Resour. Res* 20: 990–994.
- [9] Selvaraj, P.K. 1997. Optimization of irrigation scheduling and nitrogen fertigation for maximizing water use efficiency of turmeric in drip irrigation. Ph.D. Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
- [10] Singh, D.K. and Rajput, T.B.S. 2007. Response of lateral placement depths of subsurface drip irrigation on okra. *International Journal of Plant Production* 1(1), March 2007. pp 1735-6814
- [11] Singh, D.K., Rajput, T.B.S., Singh. D.K., Sikarwar, H.S., Sahoo, R.N., Ahmad, T. 2006. Simulation of soil wetting pattern with subsurface drip irrigation from line source. *Agri Water Manag* (83): 130–134.
- [12] Singh, H.P. 2006. Micro irrigation, an option for sustainability, National Conference on Micro – irrigation (NCOM), June 3 -5.

An Electronic Voting System for a Legislative Assembly

Jonathan A. Enokela and Felix T. Ikule

Department of Electrical and Electronics Engineering,
University of Agriculture, P.M.B. 2373, Makurdi, Benue State, Nigeria

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

ABSTRACT: In a variety of situations that require the administration of human beings, it is necessary that decisions be taken after some form of election has been conducted. This is particularly relevant in small and medium organizations such as boards of companies, senates of institutions of higher learning and in various arms of government. In these situations voters indicate their preferences by casting either yes or no votes. Indecisions can be handled after collating these two types of votes. The machine described here was built around a microcontroller that was appropriately programmed to accept inputs from switches which represent the voter's preferences. The collation and display of results are done automatically as soon as a voter casts his vote. The experimental machine has been designed to handle 255 voters but the hardware and the firmware are easily upgradeable to handle more voters.

KEYWORDS: Electronic Voting, Microcontroller, Electronic Display, Legislative Voting.

1 INTRODUCTION

Issues are discussed at various fora that at the end nearly always require the polling of individual preferences to enable the chief executive to know which direction his organization is headed. The indication of such preferences is done through voting which is a means of aggregating individual preferences into a collective [1]. The importance of having such elections properly conducted and having the votes accurately counted cannot be overemphasized [2]. Traditional methods of voting that involve showing of hands are inadequate as they can lead to intimidation of voters [3]. Similarly the indication of preferences by simple acclamation of "aye" and "nay" is very subjective as the resultant decision making is based solely on the loudness and intensity of sound produced. This can vary greatly from one individual to another.

The electronic system being described here eliminates the intimidation of voters since the system can be wired such that the individual voter has some measure of privacy. The system also eliminates subjectivity that may arise from the use of voice votes [4]. The conduct of elections in a typical legislative assembly differs greatly from general elections that are based on political party groupings in which the general population participates [5], [6]. In a legislative assembly the important requirements of a machine include accurate collation of the voter's preferences and ensuring that a voter can cast his vote only once. The voter should not be able to change his vote once he has indicated his preference. The requirements of the machine to be deployed in this environment are thus much more relaxed and simpler than those of machines designed for use in general elections which have to satisfy very many sets of sometimes conflicting requirements [7]. The voting system that is deployed in a legislative assembly does not need to be network-based. It also operates in a very friendly environment. The physical and software security requirements are thus not very arduous [8], [9]. This work aims at making it unnecessary for legislators or any group of people in organizations, such as a company, who make decisions through elections, to use the traditional methods of raising of hands or the use of voice vote.

2 MATERIALS AND METHOD

2.1 SYSTEM BLOCK DIAGRAM AND OPERATION

The block diagram of the voting system being proposed is depicted in figure 1. Prior to the commencement of the election the total number of accredited voters is stored in the memory of the microcontroller. A voter interacts with the machine by pressing a make-and-break switch which can represent a NO or a YES vote. The switches are processed through the diode matrix array shown in figure 2 to generate unique codes for the ports of the microcontroller. One port of the microcontroller is dedicated to processing the YES votes while the other processes the NO votes.

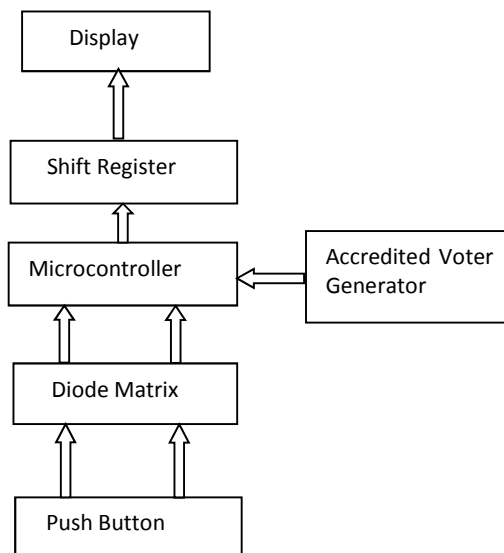


Fig. 1. Block Diagram of the Legislative Voting System

Each switch generates a code peculiar to it; for instance the code corresponding to switch S1 is 0000 0001 (01h). The microcontroller reads the port and checks for this code. If it exists the value of the YES votes is incremented by one. Simultaneously, the number of UNDECIDED votes (which at the commencement of voting equals the total number of accredited voters) is decremented by one. The microcontroller also ensures that at the ports no code with this value can be accepted again during this voting session. This fact implies that multiple voting by an individual, or the reversal of decision after an individual has cast a vote, is impossible. A similar operation occurs on the port that controls the NO votes except that in this case it is the value of the NO votes that is incremented by one. In this system, the YES and NO votes are counted as soon as the switches have been pressed. A major advantage of this system is that there is no need to have a master vote enabler who initiates the counting of the votes after the switches have been pressed by the voters.

The results of the election are available in the memory of the microcontroller and are sent to sets of 7-segment displays through shift registers. The YES votes, NO votes, and UNDECIDED votes each has three displays allocated to it. The machine can thus be used for up to 999 voters though much fewer numbers of voters have been implemented in this experimental system. The whole process is repeated at the press of any button other than those that generated the previous code. The display changes to show an increment in the YES or NO votes and a corresponding decrement in the UNDECIDED votes.

PROGRAM FLOW CHART

The flow chart used to develop the program for the microcontroller is shown in figure 3. The microcontroller monitors the switches through its ports; one port is dedicated to the YES votes while another port reads the NO votes. A pressed switch is registered in the memory of the microcontroller which also ensures that no such code is acceptable again during the current voting session. The microcontroller also decides if the pressed switch represents a YES or a NO vote and then calls the appropriate subroutine to increment the YES or the NO votes. The current value of UNDECIDED votes is then decremented. The results are converted to the appropriate format for display. In this project, seven-segment displays [10] are used to show the results. Figures 4 and 5 show the NO and YES subroutines.

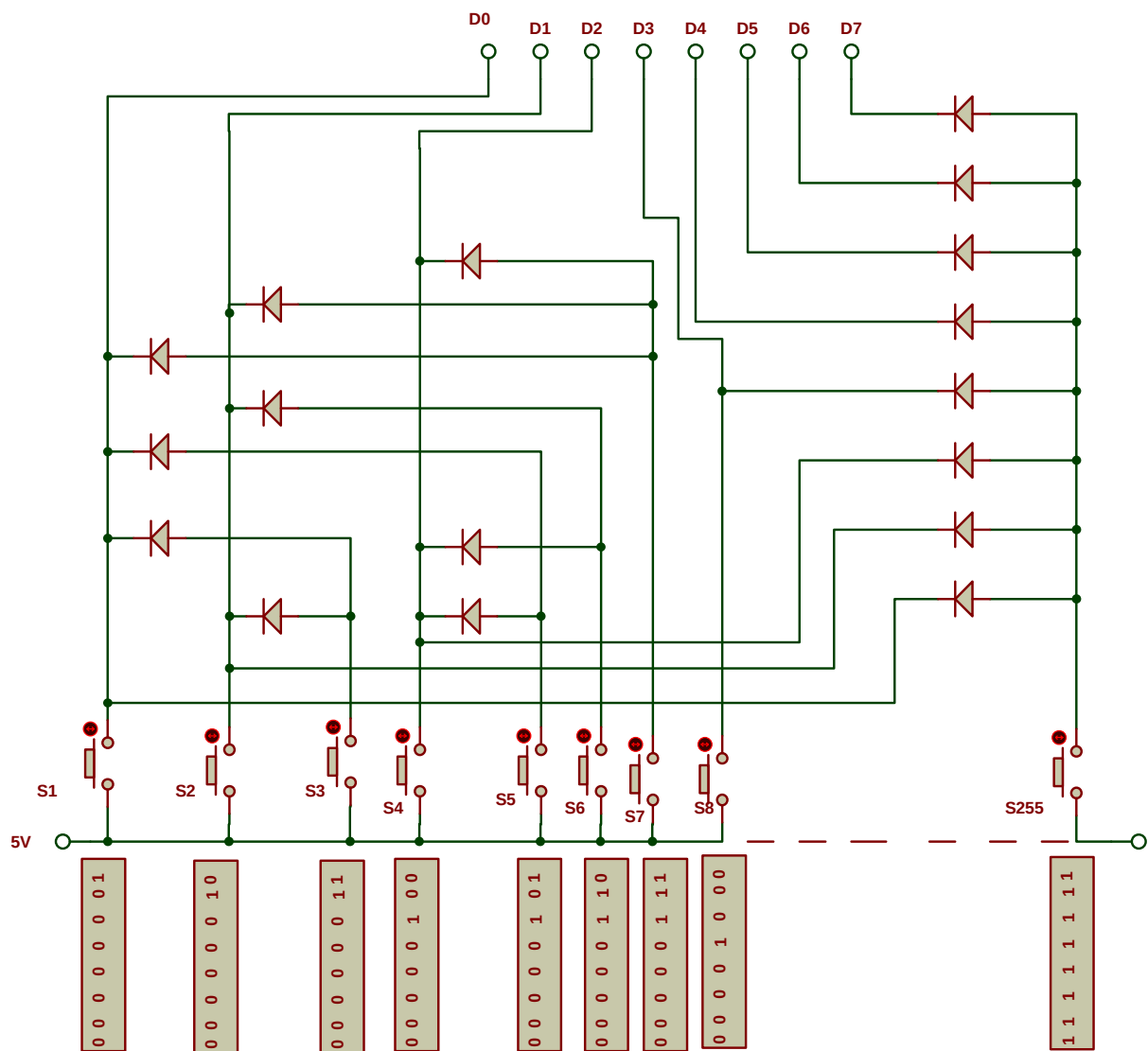


Fig. 2. Interfacing Diode Matrix to Microcontroller

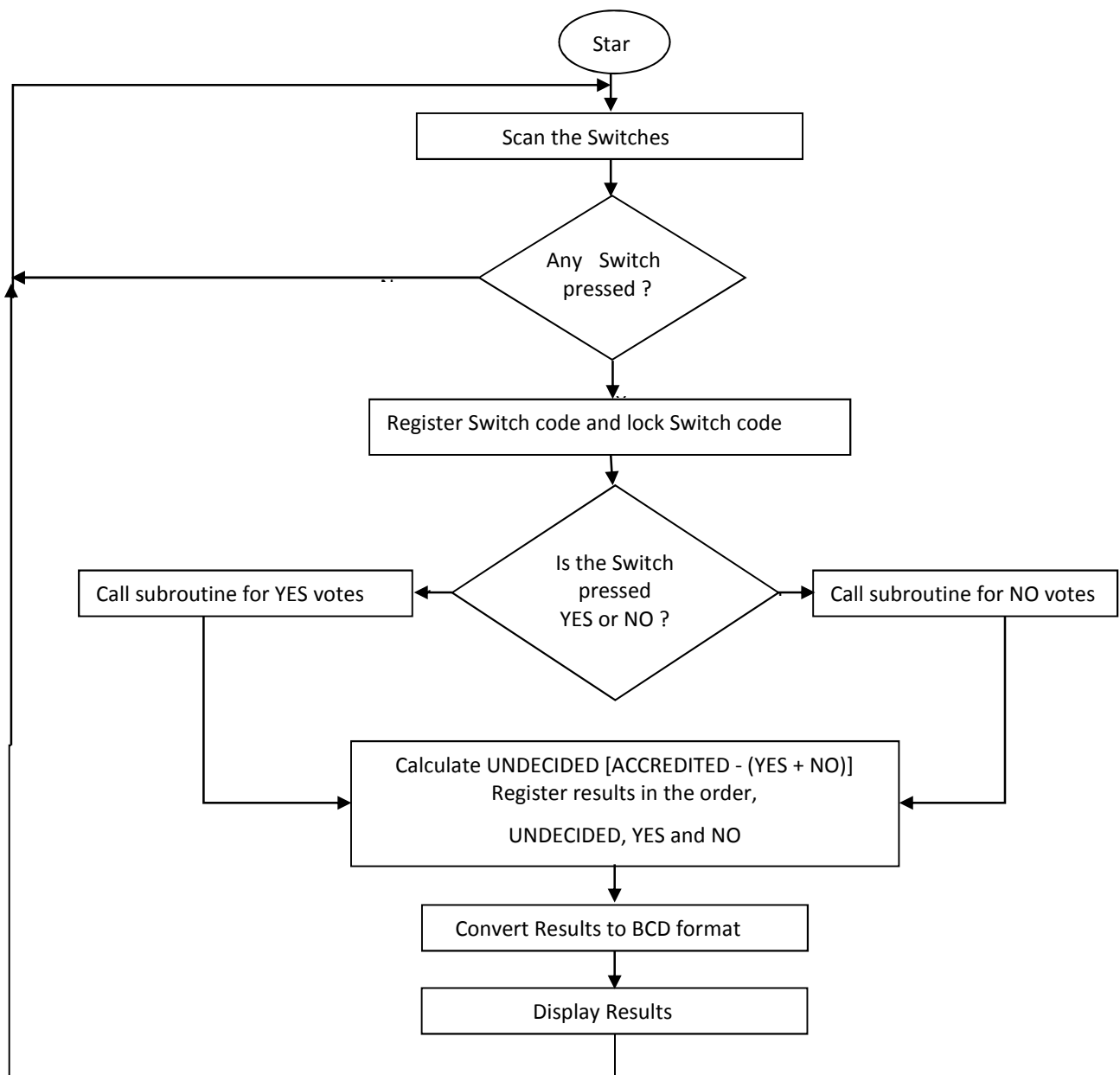


Fig. 3. Flow Chart of Program for the Voting System

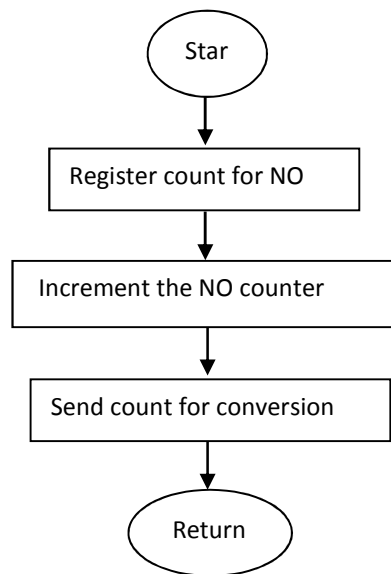


Fig. 4. Flow Chart for NO Subroutine

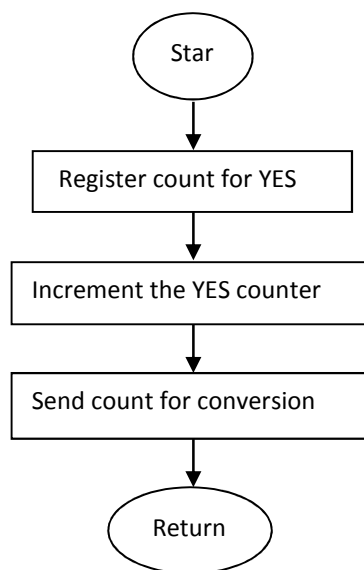


Fig. 5. Flow Chart for YES Subroutine

HARDWARE CONFIGURATION

An Atmel microcontroller AT mega 8515 [11] was used for the project. The program was written in C programming language and was tested and debugged using the Atmel studio 6 development environments [12]. The AVR Dragon [13] was used to burn the program into the memory of the microcontroller. The system described here differs significantly from others in existence in terms of the nature of instantaneous display of election results [14], [15], [16], [17].

3 RESULTS

The results of testing the program using the Atmel Studio 6 development environment are shown in the screenshots of figures 6, 7, 8. After the code had been properly debugged, the hex file generated was burnt into the flash memory of the

microcontroller. The hardware was built as a proof of concept, for a scaled-down number of voters. Photographs of the completed prototype being used in a typical voting session are shown in figures 9 and 10.

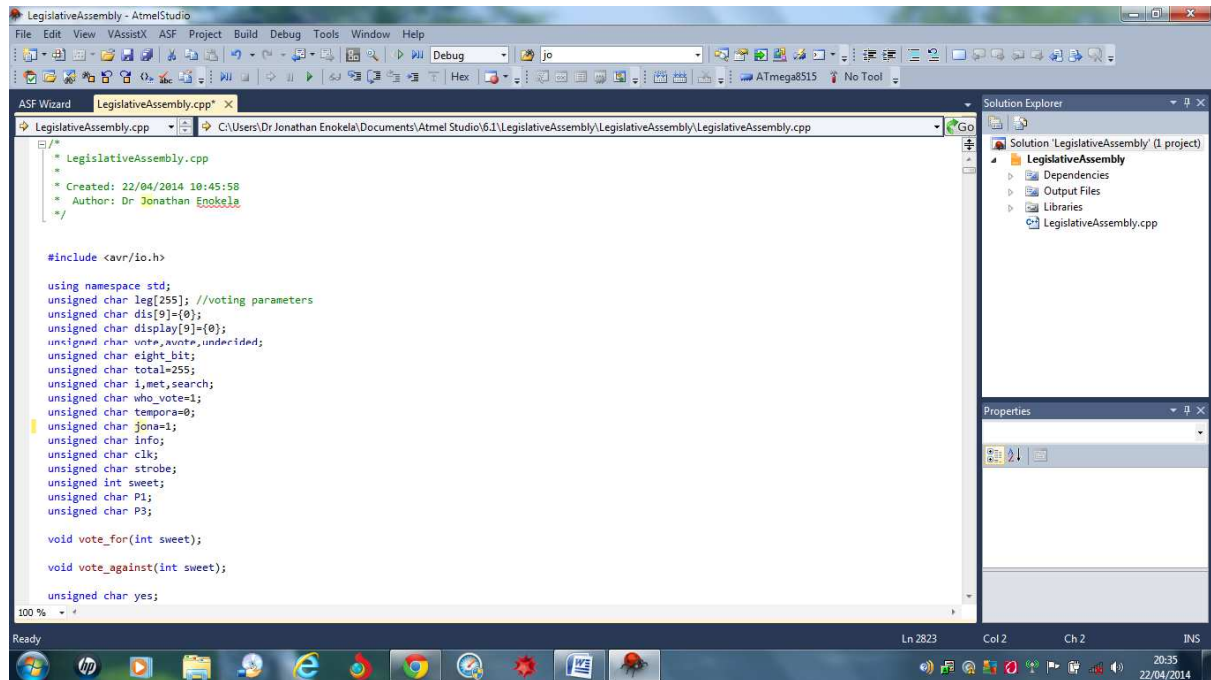


Fig. 6. Screenshot Showing Opening Section of Code for the Legislative Voting System

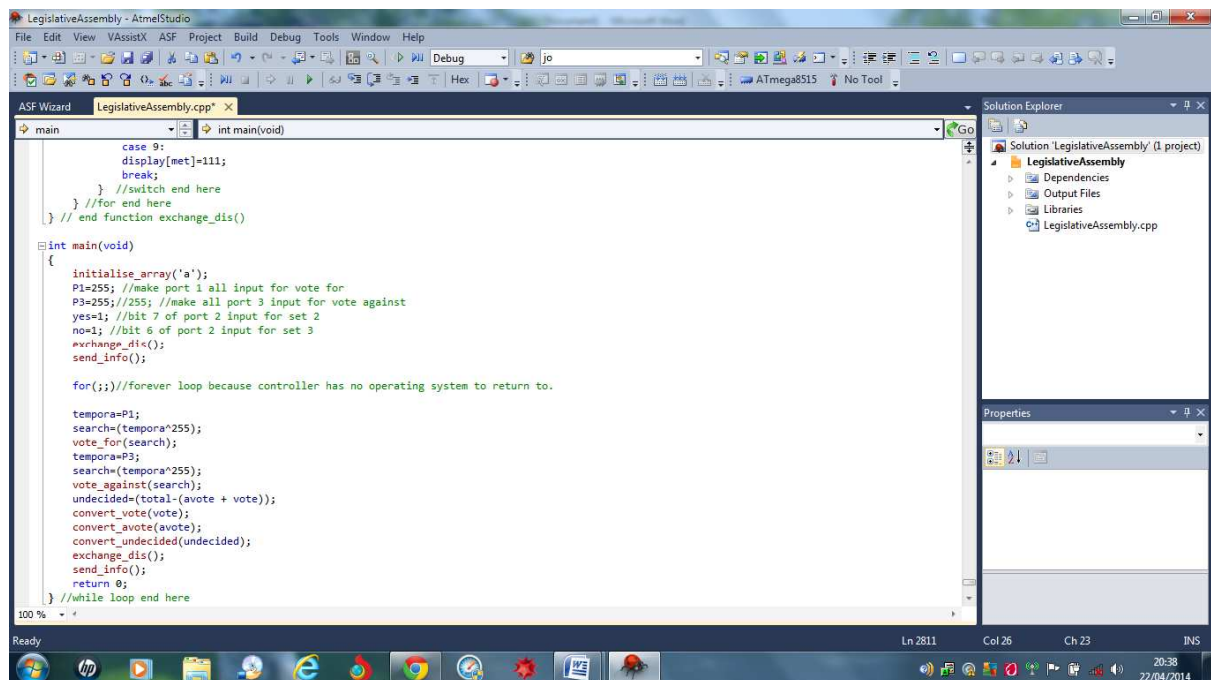


Fig. 7. Screenshot Showing Closing Section of Code for the Legislative Voting System

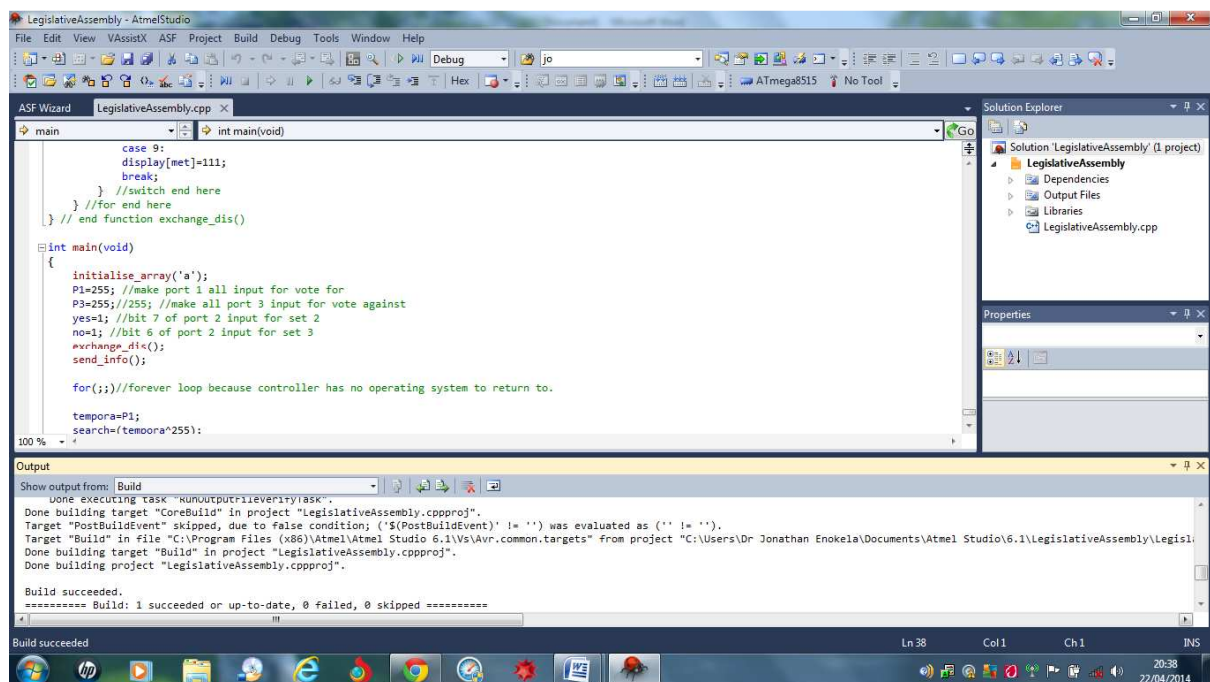


Fig. 8. Screenshot Showing Successful Build Process in the Output Window



Fig. 9. The Legislative Voting System showing the Voting and Display Units



Fig. 10. A View of the Legislative Voting System Showing Only the Display Unit

4 DISCUSSION

The interfacing of a diode matrix to the microcontroller demands much less resources of the microcontroller in comparison with the use of ordinary keyboard matrix. A keyboard matrix that can handle up to 64 voters would need two 8-bit ports of the microcontroller while the diode matrix that can handle up to 255 voters, as shown in figure 2, requires only one 8-bit port of the microcontroller.

In this project a master vote enabler is not needed to initiate the counting of votes after the switches have been pressed by the voters. The system described here automates the process and the voter needs only to press a button to indicate his preference. The collation of the results of such elections is instantaneous and much simplified in comparison with the traditional method of voting.

5 CONCLUSION

A microcontroller-based electronic voting system suitable for deployment in legislative assemblies or in the board rooms of organizations has been designed and built. The system described here can be used for a maximum of 255 voters. The firmware and the hardware of the machine can be upgraded to accommodate more voters. This can be done by connecting more diode matrix array circuits such as shown in figure 2 to more ports of the microcontroller and then changing the controlling program of the microcontroller to account for the new diode matrix arrays.

REFERENCES

- [1] Wikipedia, *Voting*. (Online) Available <http://en.wikipedia.org/wiki/vote> (April, 15th 2012)
- [2] K. Animashaun, "Regime Character, Electoral Crisis and Prospects of Electoral Reform in Nigeria", *Journal of Nigeria Studies*, vol. 1, no. 1, pp.1-33, 2010.
- [3] R. Mercuri, *Electronic Voting*. (Online) Available www.notablessoftware.com (August, 8th 2009)
- [4] Wikipedia, *Voice Votes*. (Online) Available http://en.wikipedia.org/wiki/Voice_Vote (April, 15th 2012)
- [5] R. Mercuri, "Government: A Better Ballot?" *IEEE Spectrum*, vol. 39, no. 10, pp.46-50, 2002.
- [6] N. Braun and D. Brandli, "Swiss E-Voting Pilot Projects Evaluation, Situation Analysis and How to Proceed", *Proceedings of 2nd International Workshop Co-organized by Council of Europe, Castle Hofen, Bregenz, Austria 2nd - 4th August, 2006*, pp.27-36, August, 2006.
- [7] J.A. Enokela and C.C. Osuagwu, "Architecture of a Low Cost Electronic Voting Machine Suitable for Deployment in Developing Countries", *Pacific Journal of Science and Technology*, vol. 11, no. 1, pp.649-657, 2010.
- [8] R. Grimm, "Security Requirements for Non-Political Internet Voting", *Proceedings of 2nd International Workshop Co-organized by Council of Europe, Castle Hofen, Bregenz, Austria 2nd - 4th August, 2006*, pp.44-53, 2006.
- [9] D. Jefferson, A.D Rubin, B. Simon, D. Wagner, "A Security Analysis of the Secure Electronic Registration and Voting Experiment (SERVE)". (Online) Available <http://www.servesecurityreport.org/paper.pdf> (October, 10th 2010)
- [10] Datasheet Archive, "7-Segment Display Data Sheet", (Online) Available www.datasheetarchive.com/7-segment (November, 15th 2010)

- [11] Atmel Corporation, "Atmel AT mega 8515 Data Sheet", (Online), Available www.atmel.com/dyn/resources/pdf_documents/doc2512.pdf (August, 20th 2010)
- [12] Atmel Corporation, "Atmel Studio 6 IDE", (Online) Available www.atmel.com/avrstudio/index.php?4_146589 (August, 23rd 2010)
- [13] Atmel Corporation, "AVR Dragon Programmer", (Online), Available www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=3891 (August, 23rd 2010) International Roll-Call, "Electronic Voting Boards", (Online) Available www.roll-call.com/products/voting-systems.aspx (October, 17th 2013)
- [15] Soe Software, "Clarity Legislative Voting", (Online) Available at: www.soesoftware.com/product/clarity-legislative-voting (October, 17th 2013)
- [16] "The 2001 ACT Legislative Assembly Election System: Electronic Voting and Counting System Review", (Online) Available http://www.elections.act.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/1798/2001electionreviewcomputervoting.pdf (September, 18th 2013)
- [17] D. Paul, S.K. Ray, "A Preview on Microcontroller Based Electronic Voting Machine", *International Journal of Information and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 2, pp.185-190, 2013.

Bibliographic inventory of endomycorrhizal species associated to the rhizosphere of the date palm (*Phoenix dactylifera*)

Fadoua Sghir¹, Jihane Touati¹, Mohamed Chliyah¹, Zouher Talbi¹, Karima Selmaoui¹, Amina Ouazzani Touhami¹, Abdelkarim Filali-Maltouf², Cherkaoui El Modafar³, Abdelmajid Moukhli⁴, Rachid Benkirane¹, and Allal Douira¹

¹Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, UFR de Mycologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences BP. 133, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

²Laboratoire de Microbiologie et Biologie Moléculaire, Faculté des Sciences, Université Mohammed V Agdal, Av. Ibn Batouta, BP 1014 Rabat, Maroc

³Laboratoire de Biotechnologie, Valorisation et Protection des Agroressources, Faculté des Sciences et Techniques Guéliz, B.P. 618, 40 000, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

⁴UR, Amélioration génétique des plantes, Institut national de la Recherche agronomique F- 40 000 Marrakech, Maroc

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

ABSTRACT: The work presented here aims to establish, from the bibliography, inventory of endomycorrhizal species reported in the rhizosphere of the date palm. 89 fungal species have been reported across the world (Egypt, Oman Soltanat, Southern Arabia, India, London, and the Arabian Peninsula). Morocco is represented by 29 species, reported in the regions of Tafilalet and Zagoura. The *Glomus* genus was the most represented, with 34 species followed by *Scutellospora* with 21 species and species of the genus *Acaulospora*, with 11 species. It then comes the genus of *Entrophospora* (5 species), *Gigaspora* (4 species) and *Diversispora* (3 species). The *Rhizophagus* genera are each represented by two species. By cons, a single species has been cited for each *Sclerocystis*, *Septoglomus*, *Paraglomus*, *Ambispora*, *Funneliformis*, *Claroideglomus* and *Archaeospora* genera.

KEYWORDS: *Phoenix dactylifera*, rhizosphere, endomycorrhizae, inventory, bibliography.

1 INTRODUCTION

The date palm (*Phoenix dactylifera* L.), monocotyledon, is widely adapted to arid climates zones in the Middle East and North African¹. These areas, the palm trees are an important part of the Saharan oasis protect the environment because vegetation against the effects of desertification and creates a microclimate essential for the proper development of the underlying cultures^{2,3,4}.

However, many constraints, climatic deteriorations especially with the emphasis of the drought and its effects on water availability, themselves founders of the oasis, soil salinity and fungal diseases such as fusarium, influence the performance of the palm trees⁵.

Palm groves that have demonstrated throughout history an amazing resilience and adaptation are currently more fragile. During the last decade, biotic and abiotic stresses and problems related to the management of oasis soils have increased the destruction of palm groves and the reduction of agricultural production in these environments⁶. These threats and hazards necessitate nursery production of good quality seedlings among others by the use of controlled mycorrhization.

In fact, mycorrhizae play an important role in the maintenance of plants in their habitats and their natural regeneration⁷. Described for the first time by Frank⁸, they refer, as their name suggests, to existing associations between soil fungi and plant roots. Only for half a century that the importance, significance and universality of these associations have been identified. Currently, it is estimated that 90% of land plants are mycorrhizal^{9,10}. Several studies have shown that mycorrhizae play an important role in plant species¹¹, mainly in the growth¹², mineral nutrition, especially phosphorus^{13,14}, water supply, the resistance of plants to drought and disease¹⁵ and nutrient accumulation^{16,17} and survival after transplantation.

Endomycorrhizae colonize the roots of young date palm seedlings and protect them against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis*^{18,19}. They also simulate plant growth, in particular at the level of nutrient-poor soils and improve establishment and survival^{20,21,22}, the distribution of certain fungal species AM depends on soil type, species of the host and some specific combinations plant-soil²³.

Better still, the diversity and distribution of the resulting CMA temporary ecological processes acting on plant and fungal communities such as the temperature, pH and the level of soil P and the genotype of plants. These are factors that limit the distribution of CMA species such as *Glomus* sp. And *Acaulospora leavis*²⁴. The CMA may also be influenced by the chemical and physical changes in factors such as soil type, cropping practices and other environmental factors such as soil moisture²⁵.

The short-term objective of this study is to collect native species in the rhizosphere of the date palm to multiply under controlled conditions in order to obtain an effective inoculum applicable nursery to produce vigorous plants can survive after transplantation. But before work in this direction, it seems important to know first the species of fungi in the rhizosphere endomycorrhizal date palm reported in various research projects.

Thus, the importance of the diversity of mycorrhizal fungi determines the importance of plant diversity and increases plant productivity²⁶. In Morocco, although mycological inventories have been established in recent years, including, those of El-Assfour²⁷; Haimed²⁸; Haimed²⁹; El Kholfy³⁰; Larouz³¹, Ouabbou³², Outcoumit³³, Ajana³⁴, Chliyah³⁵ and Nounsi³⁶. So far, no inventory of the date palm endomycorrhizal related species has been performed.

Inventory of endomycorrhizal species reported in the rhizosphere of *Phoenix dactylifera*

Acaulospora colossica P.A. Schultz, Bever & J.B. Morton, 1999 : Morocco³⁷.

Acaulospora denticulata Sieverd. & S. Toro., 1987 : Morocco³⁷.

Acaulospora longula Spain & N.C. Schenck, 1984: Arabian Peninsula³⁸.

***Acaulospora* sp1** Gerdemann and Trappe, 1974 :Egypt³⁹.

***Acaulospora* sp1** Gerdemann and Trappe, 1974 : Morocco².

***Acaulospora* sp1** Gerd. & Trappe, 1974: Morocco⁴¹.

***Acaulospora* sp2** Gerd. & Trappe. 1974 : Morocco⁴¹.

***Acaulospora* sp2** Gerdemann and Trappe, 1974 : Morocco².

***Acaulospora* sp3** Gerd. & Trappe, 1974 : Morocco⁴¹.

***Acaulospora* sp3** Gerdemann and Trappe, 1974 : Morocco².

Acaulospora spinosa Walker C et Trappe, 1981: Southern Arabia⁴².

Ambispora gerdemannii (S.L. Rose B.A.Daniels et Trappe) Walker C., Vestberg et A. Schubler, 2007: Southern Arabia⁴², Soltanat oman⁴³.

Archaeospora leptoticha (Schenck N.C & G.S. Sm.) J.B. Morton & D. Redecker. 2001 : Southern Arabia⁴².

Claroideoglomus drummondii Błaszk & Renker, Renker & Buscot, 2006 : Soltanat oman⁴³.

Diversispora omaniana walker C. et Schussler A., 2004: Arabian Peninsula⁴³.

Diversispora aurantia (Błaszk., Blanke, Renker & Buscot) Walker. C & Schüßler A., 2006 : Arabian Peninsula⁴³.

Diversispora spurca (Pfeiff.C.M, Walker.C & Bloss) WalkerC. & SchüßlerA. 2004: Arabian Peninsula⁴³.

Entrophosphora infrequens (I.R.Hall) Ames R.N. & Schneid.R.W., 1979 : India⁴⁴ (Sharma *et al.* , 2014).

Entrophosphora colombiana Spain & Schenck.N.C. 1984 : Southern Arabia⁴².

- Entrophospora kentinensis* Wu C.G & Liu.Y.S.,1995: Morocco³⁷.
- Entrophospora sp1* Ames R.N & Schneid R.W. 1979 : Morocco³⁷.
- Entrophospora sp2* Ames R.N & Schneid R.W. 1979 : Morocco³⁷.
- Funneliformis africanum* (Błaszk & Kovács) Walker C. & Schüßler A., 2010 : Soltanat Oman⁴³.
- Gigaspora albida* Scenck et Smith, 1982 : Southern Arabia⁴² (El-yahya'ei et al., 2011), India⁴⁴.
- Gigaspora diciptiens* Hall I.R & Abbott L.K., 1984 : India⁴⁴.
- Gigaspora gigantea* (NicolsonT.H. & Gerd.) Gerd. & Trappe., 1974: Southern Arabia⁴² , India⁴⁴.
- Gigaspora margarita* BeckerW.N & Hall I.R. 1976: Egypt³⁹.
- Glomus caledonium* (NicolsonT.H & Gerd.) Trappe & Gerd. 1974: Egypt³⁹.
- Glomus verruculosum* Blaszk, 1997 : Egypt³⁹.
- Glomus aggregatum* Schenck N.C & Sm. G.S. 1982: Morocco^{2,41}, Southern Arabia⁴².
- Glomus arenarium* Błaszk., Tadych & Madej., 2001: Arabian Peninsula³⁸.
- Glomus aureum* Oehl et Sieverd., 2003 : Southern Arabia⁴².
- Glomus badium* Oehl, Redcker D. et Sieverd, 2005 : Southern Arabia⁴².
- Glomus caledonium* (NicolsonT.H. et Gerd.) Trappe et Gerd. 1974: Southern Arabia⁴².
- Glomus clarum* NicolsonT.H. et Schenck N.C., 1979 : Southern Arabia⁴², Maroc³⁷, Egypt³⁹.
- Glomus constrictum* Trappe, 1977 : Southern Arabia⁴², Morocco^{2,41}.
- Glomus coronatum* Giovann, 1991 : Southern Arabia⁴².
- Glomus eburneum* L.J.Kenn., J.C. Stutz et J.B. Morton, 1999 : Southern Arabia⁴².
- Glomus etunicatum* Becker et Gerderman. 1977 : Southern Arabia⁴², Arabian Peninsula³⁸, Morocco⁴¹.
- Glomus fasciculatum* Gerd .et Trappe, 1974 : Southern Arabia⁴², Maroc^{2,41}, Arabian Peninsula³⁸, India⁴⁴.
- Glomus geosporum* (Nicolson T.H. et Gerd.) Walker C., 1982 : Southern Arabia⁴².
- Glomus hoi* Berch. S.M et Trappe, 1985 : Southern Arabia⁴².
- Glomus intraradices* Schenck N.C. et Sm. G.S. 1982 : Southern Arabia⁴², Maroc⁴¹.
- Glomus macrocarpum* Tul. & C. Tul., 1844 : Morocco^{2,41}, Southern Arabia⁴².
- Glomus manihotis* Howeler R.H , Sieverd et Schenck N.C., 1984 : Southern Arabia⁴².
- Glomus microaggregatum* Koske ,Gemma et Olexia, P.D. 1986 : Southern Arabia⁴².
- Glomus microcarpum* Tul. et Tul. C.1845: Southern Arabia⁴², India⁴⁴.
- Glomus mosseae* (NicolsonT.H. et Gerd.) Gerd. et Trappe, 1974 : Morocco^{2,41}, Southern Arabia⁴², India⁴⁴, Egypt³⁹.
- Glomus proliferum* Dalpé et Declerck. 2000: Southern Arabia⁴², Maroc³⁷.
- Glomus pulvinatum* (Henn.) Trappe & Gerd. 1974: Arabian Peninsula³⁸.
- Glomus sinuosum* (Gerd et Bakshi.B.K) Almeida R.T et Schenck N.C., 1990: Southern Arabia⁴².
- Glomus sp1* Ames. R.N & Schneid. R.W., 1979 : Morocco⁴¹.
- Glomus sp1* Ames R.N. & Schneid. R.W , 1979 : Morocco³⁷.
- Glomus sp1* Tul. et C. Tul.,1845 : Southern Arabia⁴².
- Glomus sp2* Tul. et C. Tul.,1845 : Southern Arabia⁴².
- Glomus sp2* Tul. & C. Tul., Emend Walker C. & Schüßler A.,1845 : Morocco³⁷.

- Glomus* sp2 Ames. R.N & Schneid. R.W., 1979 : Morocco⁴.
- Glomus* sp3 Tul. et Tul.C., 1845 : Southern Arabia⁴².
- Glomus spurcum* Pfeiff. C.M, Walker C. & Bloss., 1996: Southern Arabia⁴² (Al-yahya'ei et al., 2011).
- Glomus verruculosum* Blaszk., 1997 : Southern Arabia⁴².
- Glomus versiforme* (P. Karst.) Berch. S.M., 1983: Southern Arabia⁴², Arabian Peninsula³⁸.
- Paraglomus occultum* (Walker C) J.B. Morton et Redecker D., 2001: Southern Arabia⁴².
- Racocetra fulgida* (Koske et Walker.C) Oehl, Souza F.A et Sieverd., 2009 : Southern Arabia⁴².
- Racocetra gregaria* (Schenck N.C. et Nicolson T.H.) Oehl, Souza F.A et Sieverd, 2009: Southern Arabia⁴².
- Rhizophagus Arabicus* Dang. P.A. 1896 : Arabian Peninsula⁴³.
- Rhizophagus* Dang. P.A. 1896 : London⁴⁵.
- Sclerocystis coreimoides* (Berk. & Broome) Redecker D. & Morton J.B, Morton & Bruns, 2000: India⁴⁴.
- Scutellospora aurigloba* (Hall I.R.) Walker C. & Sanders F.E., 1986: Southern Arabia⁴².
- Scutellospora calospora* (Nicolson T. H. et Gerd.) Walker C. et Sanders F.E., 1986 : Southern Arabia⁴².
- Scutellospora castanea* Walker C. 1993: Southern Arabia⁴².
- Scutellospora cerradensis* Spain & Miranda J., 1996: Southern Arabia⁴².
- Scutellospora erythropha* (Koske & Walker C.) Walker C. & Sanders F.E., 1986: India⁴⁴.
- Scutellospora fulgida* Koske & Walker C. 1986: Southern Arabia⁴².
- Scutellospora gilmorei* (Trappe & Gerd.) Walker C. & Sanders F.E., 1986: Southern Arabia⁴².
- Scutellospora gregaria* (Schenck N.C. & Nicolson T.H.) Walker C. & Sanders, F.E., 1986: Morocco⁴¹.
- Scutellospora heterogama* (Nicolson T.H. & Gerd.) Walker C. & Sanders F.E., 1986: Southern Arabia⁴², India⁴⁴, Soltanat Oman⁴³.
- Scutellospora nigra* (Redhead J.F.) Walker C. & Sanders F.E., 1986: India⁴⁴, Soltanat Oman⁴³.
- Scutellospora nodosa* Błazsk. 1991 : Southern Arabia⁴².
- Scutellospora pellucid* (Nicolson T.H. & Schenck N.C.) Walker C. & Sanders F.E., 1986: Southern Arabia⁴².
- Scutellospora projecturata* Kramad & Walker C., 2000 : Southern Arabia⁴².
- Scutellospora reticulata* (Koske D.D. Mill. & Walker C.) Walker C. & Sanders F.E., 1986: Southern Arabia⁴².
- Scutellospora* sp. Walker C. & Sanders F.E., 1986: Egypt³⁹.
- Scutellospora* sp1 Walker C. & Sanders F.E., 1986: Morocco⁴¹.
- Scutellospora* sp1 Walker C. & Sanders F.E., 1986: Morocco².
- Scutellospora* sp2 Walker C. & Sanders F.E., 1986: Morocco⁴¹.
- Scutellospora* sp2 Walker C. & Sanders F.E. 1986: Morocco².
- Scutellospora spinosissima* Walker C. & Cuenca, 1998 : Southern Arabia⁴².
- Scutellospora weresubiae* Koske & Walker C., 1986: Southern Arabia⁴².
- Septoglomus nakheelum* Sieverd, Silva G.A. & Oehl., 2011: Arabian Peninsula⁴³.

Endomycorrhizal species reported in the rhizosphere of *Phoenix dactylifera* concerned only few countries in the world: Morocco, Egypt, Oman, Southern Arabia, India, London, Arabian Peninsula. 89 fungal species are cited and it is the species belonging to the genus *Glomus* which are the most dominant, 34 species, followed by the *Scutellospora* genus, 21 species and those of *Acaulospora*, 11 species. *Entrophospora* is represented by 5 species, *Gigaspora* by 4 species and only three species for *Diversispora* genus. The *Rhizophagus* and *Racocetra* genera are represented by two species each. For cons, the

Sclerocystis genres Septoglosum, Paraglosum, Ambispora, Funneliformis, Claroideoglomus Archaeospora and are represented by only one species each.

Table 1: Number of endomycorrhizal species isolated in the rhizosphere of the date palm in different countries of the world

countries	Morocco	Egypt	Southern Arabia	Soltanat Oman	India	London	Arabian Peninsula
Number of species	29	7	48	5	11	1	11

2 DISCUSSION

The inventory of endomycorrhizal fungi presented in this work, will have a global vision on the wealth of endomycorrhizae associated with the rhizosphere of date palm, reported in different countries. The date palm is among the plants that can harbor both ectomycorrhizae⁴⁶ and endomycorrhizae^{47,48,49}. The number of mycorrhizal species (89) remains very modest in your opinion, which means that the species associated with the rhizosphere of the date palm are little studied. Regular samples in different areas of the palm groves that can help develop a comprehensive inventory of species.

It should also be noted that it is the species belonging to the Glomus genus, which are the most dominant (34 species) relative to other species^{50,51,52,53,54}. The species of this genus better attending semiarid and arid environments. Thus, they are considered the most suitable habitat subject to constraints such as drought and soil salinity^{55,56}. Better yet, in terms of behavior of sporulation of AMF species, the majority of Glomus species sporulate studied throughout the year unlike other species such as those belonging to the Scutellospora and Acaulospora genera sporulate mainly in spring and tautomne⁴¹.

The diversity of species endomycorrhizal observed in the rhizosphere of the date palm growing in different countries of the world (Egypt, Oman Sultanate, Southern Arabia, India, London, and the Arabian Peninsula) depends on several factors, such as seasonality², soil edaphic factors⁵⁷ as well as climate factors⁵⁸. In addition, it was reported that even the kinds of MFA of the same family and species of the same genus have different symbiotic capabilities, ability evaluated by the root colonization rate by the AMF and the number of spores formed⁵⁹. In another study on the distribution of CMA in arid environments, Jacobson⁶⁰ noted that the humidity at ground level also has a significant influence on populations of CMA. Indeed, Kaushal⁶⁹ mentioned that in semi-arid areas, the AMF populations are highest during the rainy season. In the same way, agricultural practices⁶¹, including soil fertilization^{62,63} and irrigated agriculture may also affect the composition of the AMF and may even lead to low species diversity of AMF^{64,65}. Similar studies have shown that sporulation is seasonal fungal endomycorrhizal^{66,67,68}.

The highest number of endomycorrhizal species was reported in Southern Arabia, 48 species, this number is probably due to environmental parameters characteristic of this area of the world (arid)⁴². In Morocco, the number is also important, 29 species, compared to that reported in other agro ecosystems. It should also be noted that 12 species were isolated from the rhizosphere of the olive tree growing in mixture with the date palm in palm groves of Tafilalt and Zagoura⁴⁰.

The presence of endomycorrhizal fungi at the palm of soil is necessary to sustain date palms in their habitat. They facilitate, indeed, access to minerals and plants to water, and increase tolerance to abiotic stress conditions (drought, salinity or soil) and biotic (pathogens attacks)³⁷ (Sghir *et al.*, 2014). Studies on the diversity of AMF associated with date palm around the world are still rare⁴² (Al-Yahya'ei *et al.*, 2011). All these studies have concerned only a few sites only with limited samples. Better yet, the problem of identification of the spores is very difficult. Therefore, it is likely that the species mentioned in this work are a small part of a large complex of fungi existing endomycorrhizal. This number which is still underestimated could be improved further research work will be made in this area in order to better use of endomycorrhizal fungi in the sustainability and conservation of date palm cultivation in the oases.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was conducted under the project 'Rhizolive: Selection and use of soil rhizospheric microorganisms to optimize the arbuscular mycorrhization of the olive tree in Morocco's soils funded by Hassan II Academy of Sciences and Technology

REFERENCES

- [1] Baliga M.S., Baliga B.R.V., Kandathil S.M., Bhat H.P., Vayalil P.K., 2011. A review of the chemistry and pharmacology of the date fruit (*Phoenix dactylifera* L.). Food research international, 44: 1812-1822.
- [2] Bouamri R., Dalpé Y., Serrhini M.N., Bennani A., 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of *Phoenix dactylifera* L. in Morocco. Linderman (Eds.), 101-124.
- [3] El-Juhany L.I., 2010. Degradation of Date Palm Trees and Date Production in Arab Countries: Causes and Potential Rehabilitation. Austral. J. Basic Appl. Sci., 4(8): 3998-4010.
- [4] Bouzaher L.S., 2015. Un aménagement durable par un projet écotouristique. Cas des ksour de la micro région des Ziban. Le redressement d'un circuit écotouristique. Thèse Doctorat.
- [5] Haddouch M., 1997. Situation actuelle et perspective de développement du palmier Dattier au Maroc. Bulletin de liaison du programme Nationale de Transfert de technologie en agriculture, No. 31
- [6] Zougari E.B., Sanaa M., Labidi S., Lounès-Haj S.A., 2012. Evaluation de l'impact de la mycorrhization arbusculaire sur la nutrition minérale des plantules de palmier dattier. Etude et Gestion des Sols, 19(3): 193-202
- [7] Nounsi A., Outcoumit A., Talbi Z., Touati J., Ait Aguil F., El Asri A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Douira A., 2015. Effect of endomycorrhizal inoculation on the growth of Eucalyptus plants ISSN (online), 2320-4257.
- [8] Frank A.B., 1885. Über die auf Wurzel symbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch nunterirdische Pilze. Ber. dtsch. Bot. Ges., 3: 128-145.
- [9] Fitter A.H., Moyersoen B., 1996. Evolutionary trends in root-microbe symbioses. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, 351: 1367–1375.
- [10] Schenck N.C., Smith G.S., 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. Mycologia, 74(1):77-92
- [11] Mousain D., Matumoto-Pintro P., Quiquampoix H., 1997. le rôle des mycorhizes dans la nutrition phosphatée des arbres forestiers. Rev. For. Fr. XLIX - n° sp, 67-81.
- [12] Karagiannidis N., Hadjisavva-Zinoviadi S., 1998. The mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* enhances growth, yield and chemical composition of a durum wheat variety in 10 different soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 52, 1–7
- [13] Vestberg M., Estatin V., 1994. Micropropagated plants, an opportunity to positively manage mycorrhizal activities. In: S. Gianinazzi and H. Schleppe (Editors), Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. Birkh & Tser, Basel, 217-226.
- [14] Hernández B.Á., Fernández Toirán M., De Miguel A.M., 2005. Characterization and quantification of the ectomycorrhizae of the truffle plantation "Los Quejigares" (Soria, Spain). In: IV International Workshop on Edible Mycorrhizal Mushrooms - IWEMM 4. Murcia, Spain
- [15] Sally E., Smith F.A.A., David Read F.R.S., 2008. Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition) academic press, Pages 1–9
- [16] Dodd J.C., Burton C.C., Burns R.G., Jeffries P., 1987. Phosphatase activity associated with the roots and the rhizosphere of plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol, 107, pp. 163-172.
- [17] Joner E.J., Johansen A., 2000. Phosphatase activity of external hyphae of two arbuscular mycorrhizal fungi. Mycological Research, 104: 81-86.
- [18] Abohatem M., Chakrafi F., Jaiti F., Dihazi A., Baaziz M., 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi limit incidence of *Fusarium oxysporum* f. sp. albedinis on date palm seedlings by increasing nutrient contents, total phenols and peroxidase activities. Open Hort, 4:10-16.
- [19] Jaiti F., Kassami M., Meddich A., El Hadrami I., 2008. Effect of Arbuscular Mycorrhization on the Accumulation of hydroxycinnamic acid derivatives in date palm seedlings challenged with *Fusarium oxysporum* f. sp. albedinis. Journal of Phytopathology, 156 (11-12): 641–646
- [20] Khaliel A.S., Abou-Heilah A.N., 1985. Formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae in *Phoenix dactylifera* L., cultivated in Qassim region, Saudi Arabia. Pak. J. Bot, 17 (2): 267-270
- [21] Al-Whaibi M.H., Khaliel A.S., 1994. The effect of Mg and CA, K and P content of date palm seedlings under mycorrhizal conditions. Mycoscience, 35: 213-217.
- [22] Jaiti F., Meddich A., El Hadrami I.k., 2007. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against bayoud disease. Phys. Mol. Plant Path., 71:166-173.
- [23] Johnson N.C., Copeland P.J., Crookston R.K., Pflieger F.L., 1992. Mycorrhizae: possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. Agronomy Journal, 84: 387-390.
- [24] Johnson D., Vandenkoornhuys P.J., Leake J.R., Gilbert L., Booth R.E., Grime I.P., Young J.P.W., Read D.J., 2004. Plant communities affect arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community composition in grassland microcosms. New Phytol, 161(2): 503-515.
- [25] Cardoso I.M., Boddington C., Janssen B.H., Oenema O., Kuyper T.W., 2006. Differential access to phosphorus pools of an Oxisol by mycorrhizal and non-mycorrhizal maize. Soil Sci. plant Anal, 37:1-15.

- [26] vander Heijden M.G.A., Klironomos J.N., Ursic M., Moutoglis P., Streitwolf-Engel R., Boller T., Wiemken A., Sanders I.R., 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396: 69-72.
- [27] EL-Assfoury A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Douira A., 2009 . Etude de quelques *Lepiotaceae* dont trois espèces sont nouvelles pour le Maroc : *Lepiota josserandii*, *Macrolepiota rickenii* et *Leucocoprinus straminellus* Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 31 (2), 63-66.
- [28] Haimed M., 2007. Biodiversité fongique du Maroc: Etude des champignons Basidiomycètes du Plateau Central et des Jardins Exotiques. Thèse de Doctorat, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kénitra, Maroc, 278p.
- [29] Haimed M., Nmichi A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Douira A., 2013. Bibliographic inventory of Moroccan Central Plateau fungi. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 18(2): 2723-2749.
- [30] EL Kholfy S., EL-Assfoury A., Belahbib N., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Douira A., 2011. Etude de huit espèces fongiques du genre *Agaricus* dont trois nouvelles pour le Maroc : *Agaricus bresadolanus*, *A. campestris* var. *pilatianus* et *A. praeclaresquamosus* Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 33(2) : 47-52.
- [31] Larouz B., El kholfy S., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Douira A., 2012. Bibliographic inventory of middle atlas fungi: Catalogue of Middle Atlas fungal flora.
- [32] Ouabbou A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Douira A., 2012. Etude de quelques récoltes de *Crepidotus* (Fr.) Quélet sur *Eucalyptus* sp. (Nord-Ouest du Maroc) *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 6(3): 1029-1039
- [33] Outcoumit A., El Kholfy S., Touhami Ouazzani A., Douira A., 2014. bibliographic inventory of tangier fungi: catalogue of the *basidiomycetes* fungal flora *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* ISSN, 2231-4490
- [34] Ajana M., EL-Assfoury A., El Kholfy S., Haimed M., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Douira A., 2014. *leotia lubrica* (scop .) pers., a new species of ascomycetes in the moroccan rif . Mohamed Ajana et al., *Intl. J. Compr ehén. Res. in Bio. Sci*, 1(4): 53-56
- [35] Chliyah M., Touati J., Selmaoui K., Ouazzani Touhami A., Filali-Maltouf A., El Modafar C., Moukhli A., Benkirane R., Douira A., 2015. Bibliographic inventory of the endomycorrhizal species associated with the olive tree (*Olea europaea* L.) ISSN (online), 2320-4257.
- [36] Nounsi A., Outcoumit A., Talbi Z., Touati J., Ait Aguil F., El Asri A., Ouazzani Touhami A., Benkirane R., Douira A., 2015. Effect of endomycorrhizal inoculation on the growth of *Eucalyptus* plants ISSN (online), 2320-4257.
- [37] Sghir F., Touati J., Chliyah M., Selmaoui K., Ouazzani Touhami A., Filali-Maltouf A., El Modafar C., Moukhli A., Oukabli A., Benkirane R., Douira A., 2014. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Phoenix dactylifera* in Morocco . *Int. J. Pure App. Biosci*, 2 (6):1-11
- [38] Ghazi N. Al-Karak, 2013. Application of mycorrhizae in sustainable date palm cultivation *Emir. J. Food Agric*, 25 (11): 854-862.
- [39] Abdul-Wahid F. M., Mohsen E.I., Mohammed A.I.M., 2010. Endomycorrhizal Fungi Of Arid And Semiarid Areas Of North-Sinai, Egypt, 39 (1), P-P. 101-117
- [40] Kachkouch W., Touati J., Ouazzani Touhami A., Filali-Maltouf A., El Modafar C., Moukhli A., Oukabli A., Benkirane R., Douira A., 2014. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Olea europaea* in three regions of Morocco (Tafilalt, Zagora and Taounate). *Int. J. Pure App. Biosci*, 2 (5): 178-195
- [41] Bouamri R., Dalpé Y., Serrhini M.N., 2014. Effect of seasonal variation on arbuscular mycorrhizal fungi associated with date palm. *Emir. J. Food Agric*, 26 (11): 977-986.
- [42] Al-Yahya'ei M.N., Oehl F., Vallino M., Lumini E., Redecker D., Wiemken A., Sharma A., Batra N.G., 2014. Diversity of Arbuscular of Mycorrhizal Fungi Associated With The Rhizosphere Of *Phoenix dactylifera*. In semi-Arid Soils. *Jan*, 5(1): (B) 819 – 826.
- [43] Symanczik S., Błaszowski J., Gerard C.B., Andres W., Al-Yahya'ei M.N., 2014. Three new species of arbuscular mycorrhizal fungi discovered at one location in a desert of Oman: *Diversispora omaniana*, *Septoglomus nakheelum* and *Rhizophagus arabicus* .*Mycologie*, 106 (2): 243-259
- [44] Sharma N., Neha G., Batra N.G., 2014. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of *Phoenix dactylifera* L. in semi-arid soils. *Int. J. Pharm. Bio. Sci.*, 5(1): 819 – 826
- [45] Sabet Y., 1940. Mycorrhizal habit in the Date Palm (*Phoenix dactylifera* Linn.). *Nature*, London, 165: 782-783
- [46] Zegaye F., Khalid A., Hasnaoui A., Caid Serghini H., El Amrani A., 1997. Ectomycorrhization of Date Palm and Carob Plants. *Jacobson K. Journal of Arid Environment*. 35: 59-75.
- [47] Khaliel A.S., Abou-Heilah A.N., 1985. Formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae in *Phoenix dactylifera* L., cultivated in Qassim region, Saudi Arabia. *Pak. J. Bot*, 17 (2): 267-270
- [48] Oihabi A., 1991. Étude des endomycorhizes à vésicules et arbuscules sur le Bayoud et la nutrition du palmier dattier. Thèse de doctorat d'État, Marrakech, Maroc, 117 p

- [49] Al-Wahaibi M.H., Khaliel A.S., 1994. The effect of Mg and CA, K and P content of date palm seedlings under mycorrhizal conditions. *Mycoscience*, 35: 213-217.
- [50] Dalpé Y., de Souza F.A., Declerck S., 2005. Life Cycle of *Glomus* Species in Monoxenic Culture. Dans: *Biology of arbuscular mycorrhizal fungi under in vitro culture*. Eds: Declerck, S, Fortin JA, Strullu, DG, Springer-Verlag, Germany, 49-71
- [51] Kennedy L.J., Tiller R.L., Stutz J.C., 2002. Associations between arbuscular mycorrhizal fungi and *Sporobolus wrightii* in riparian habitats in arid South-western North America. *J. Arid Environ*, 50: 459- 475
- [52] Muthukumar T., Udaiyan K., 2002. Arbuscular mycorrhizal fungal composition in semi-arid soils of Western Ghats, southern India. *Curr. Sci*, Vol. 82, No. 6, 25: 624-628
- [53] Friberg S., 2001. Distribution and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in traditional agriculture on the Niger inland delta, Mali West Africa. *CBM: Skriftserie*, 3: 53-80.
- [54] Stutz J.C., Coperman R., Martin C.A., Morton J.B., 2000. Patterns of species composition and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in arid regions of southwestern North America and Namibia, Africa. *Can. J. Bot*, 78: 237-245.
- [55] Haas J.H., Menge J.A., 1990. VA-mycorrhizal fungi and soil characteristics in avocado (*Persea americana* Mill.) orchard soils. *Plant and Soil*, 137: 181-190
- [56] Blaszkowski J., Tadych M., Madej T., 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomales*, *Zygomycota*) of the Bledowska desert, Poland. *Societatis Botanicorum Poloniae*, Vol. 71: No. 1: 71-85.
- [57] Rabatin S.C., Stinner B.R., 1991. The significance of vesicular arbuscular mycorrhiza fungi macroinvertebrate interactions in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27: 195-204
- [58] Stahl P.D., Christensen M., 1991. Population variation in the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* breadth of environmental tolerance. *Mycological Research*, 95: 300-307.
- [59] Verma N., Tarafdar J.C., Srivastava K.K., Panwar J., 2008. Arbuscular Mycorrhizal (AM) Diversity in *Prosopis cineraria* (L.) Druce Under Arid Agroecosystems. *Agricultural Sciences in China*, 7(6):754-761.
- [60] Jacobson K.M., 1997. Moisture and substrate stability determine VA- mycorrhizal fungal community distribution and structure in an arid grassland. *Journal of Arid Environments*, 35: 59-75.
- [61] Boddington C.L., Dodd J.C., 2000. The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. I. Field studies in an Indonesian ultisol. *Plant Soil*. 218: 137–144
- [62] Johnson N.C., 1993. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae. *Ecol Appl*, 3: 749–757
- [63] Toljander J.F., Santos-Gonzalez J.C., Tehler A., Finlay R.D., 2008. Community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria in the maize mycorrhizosphere in a long-term fertilization trial. *FEMS Microbiol Ecol*, 65:323–338
- [64] Helgason T., Daniell T.J., Husband R., Fitter A.H., Young J.P.W., 1998. Ploughing up the wood-wide web? *Nature*, 394:431.
- [65] Oehl F., Wiemken A., Sieverding E., 2003. *Glomus spinuliferum*, a new ornamented species in the Glomales. *Mycotaxon*, 86: 157–162
- [66] Gemma J.N., Koske R.E., Carreiro M., 1989. Seasonal dynamics of selected species of VA mycorrhizal fungi in sand dune. *Mycol Res*, 92: 317–321
- [67] Sturmer S.L., Bellei M.M., 1994. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. *Can J Bot*, 72: 359–363
- [68] Stutz J.C., Morton J.B., 1996. Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscular mycorrhizal fungi in arid ecosystems. *Can J Bot*, 74:1883–1889
- [69] Kaushal S., 2000. Influence of edaphic factors on VAMF spore population and root colonization in *Acacia nilotica* in Rajasthan. *J. Mycol. Plant Pathol*, 30: 386-388.

تحليل بعض المتغيرات الكينماتيكية وعلاقتها بدقة أداء الضرب الساحق بالريشة الطائرة

[Some Bio Kinematic variables analysis and their relation to accurately performance the beating crushing badminton]

فردوس مجيد أمين و آيسن يوسف توفيق

جامعة ديالى – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة، العراق

Ferdous Majeed Ameen and Iassn Yousef Tawfiq

University of Diyala, College of Education and Sport Sciences, Iraq

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

ABSTRACT: Through an experience of researchers in the area of game Badminton biomechanics, they found a vulnerable for the squad Diyala University badminton in accuracy of and directing crushing blow, is illustrated by through an ease of response to the overwhelming blow faced by the our players, and in the areas be close on the opponent and in places of is inaccurate, plus other fitness requirements, , And the goal is identify some variables points Kinematic body noted by the crushing performance the beating skill, And also to identify the relationship between some variables AKinematic accurately crushing the beating performance. The of researchers adopted on the descriptive approach and great number of players four, statistical data was processed on system (SPSS), The most important conclusions is a relationship were not significant correlation between some variables AKinematic and accuracy crushing blow and of higher body mass center of moment beating, hat variable angle Milan trunk, significant impact on increasing the speed the racket peripheral speed badminton.

KEYWORDS: AKinematic, badminton.

ملخص: من خلال خبرة الباحثين في مجال لعبة الريشة الطائرة البايوميكانيك، وجدوا ضعفا للاعبين منتخب الجامعة ديالى بالريشة الطائرة في دقة وتوجيه الضربة الساحقة، وأتضح ذلك من خلال سهولة الرد على الضربة الساحقة التي يوجهها لاعبيها. وفي مناطق تكون قريبة على الخصم. وفي أماكن غير دقيقة، بالإضافة إلى المتطلبات البدنية الأخرى. وكان الهدف هو التعرف على بعض المتغيرات الكينماتيكية لنقاط الجسم لحضة أداء مهارة الضرب الساحق. وكذلك التعرف على العلاقة بين بعض المتغيرات الكينماتيكية ودقة أداء الضرب الساحق. واعتمد الباحثين على المنهج الوصفي وبالغ عدد اللاعبين أربعة. وتم معالجة البيانات الإحصائية على نظام (SPSS). وأهم الاستنتاجات هو علاقة ارتباط غير معنوية بين بعض المتغيرات الكينماتيكية ودقة الضربة الساحقة والمتمثلة بارتفاع مركز كتلة الجسم لحظة الضرب، أن لمتغير زاوية ميلان الجذع، أثر كبير في زيادة السرعة المحيطية للمضرب وسرعة الريشة.

كلمات دلالية: الكينماتيكية، الريشة الطائرة.

1- المقدمة:

تعد لعبة الريشة الطائرة إحدى ألعاب المضرب والتي تتطلب أعدادا بدنيا ومهاريا عالي المستوى بغرض الوصول إلى المستويات العليا لما تمتاز به من سرعة الحركة والارتداد والتنقل السريع بين الساحة الأمامية والخلفية للملعب والمحافظة على قوة الأداء طوال فترة اللعب لتحقيق الفوز حسب ما تفرضه متطلبات المنافسة. **إما مشكلة البحث** من خلال خبرة الباحثين لاحظوا وجود ضعف لاعبي منتخب الجامعة ديالى بالريشة الطائرة في دقة وتوجيه الضربة الساحقة. وأتضح ذلك من خلال سهولة الرد على الضربة الساحقة التي يوجهها لاعبيها. وفي مناطق تكون قريبة على الخصم. وفي أماكن غير دقيقة، بالإضافة إلى المتطلبات البدنية الأخرى. ولكون الضربة الساحقة هي المهارة الهجومية الرئيسة في الريشة الطائرة، والتي تعد من أكثر الضربات استخداماً في اللعب الفردي والزوجي. **وكان هدف** منه هو التعرف على بعض المتغيرات الكينماتيكية لنقاط الجسم لحضة أداء مهارة الضرب الساحق. والتعرف على العلاقة بين بعض المتغيرات الكينماتيكية ودقة أداء الضرب الساحق.

2- منهج البحث وإجراءاته الميدانية:**1-2 منهج البحث:**

إن طبيعة المشكلة المراد دراستها هي التي تحدد منهج البحث المُتبع، والمنهج هو الطريق الذي يتبعه الباحث في دراسته لحل مشكلة البحث (وجبه محجوب، 1993، 181)، لذا اعتمد الباحثون على المنهج الوصفي.

2-2 عينة البحث:

شمل مجتمع البحث لاعبي منتخب جامعة ديالى بالريشة الطائرة للرجال، والبالغ عددهم أربعة لاعبين، وحُدِّدوا من قبل مدربو منتخب جامعة ديالى للريشة الطائرة. اختيروا بالطريقة العمدية لخدمة البحث، إذ تُعد العينة الجزء الذي يمثل مجتمع الأصل أو النموذج الذي يجري عليه الباحث مجمل ومحور عمله (محمد زاهد، 1986، 42).

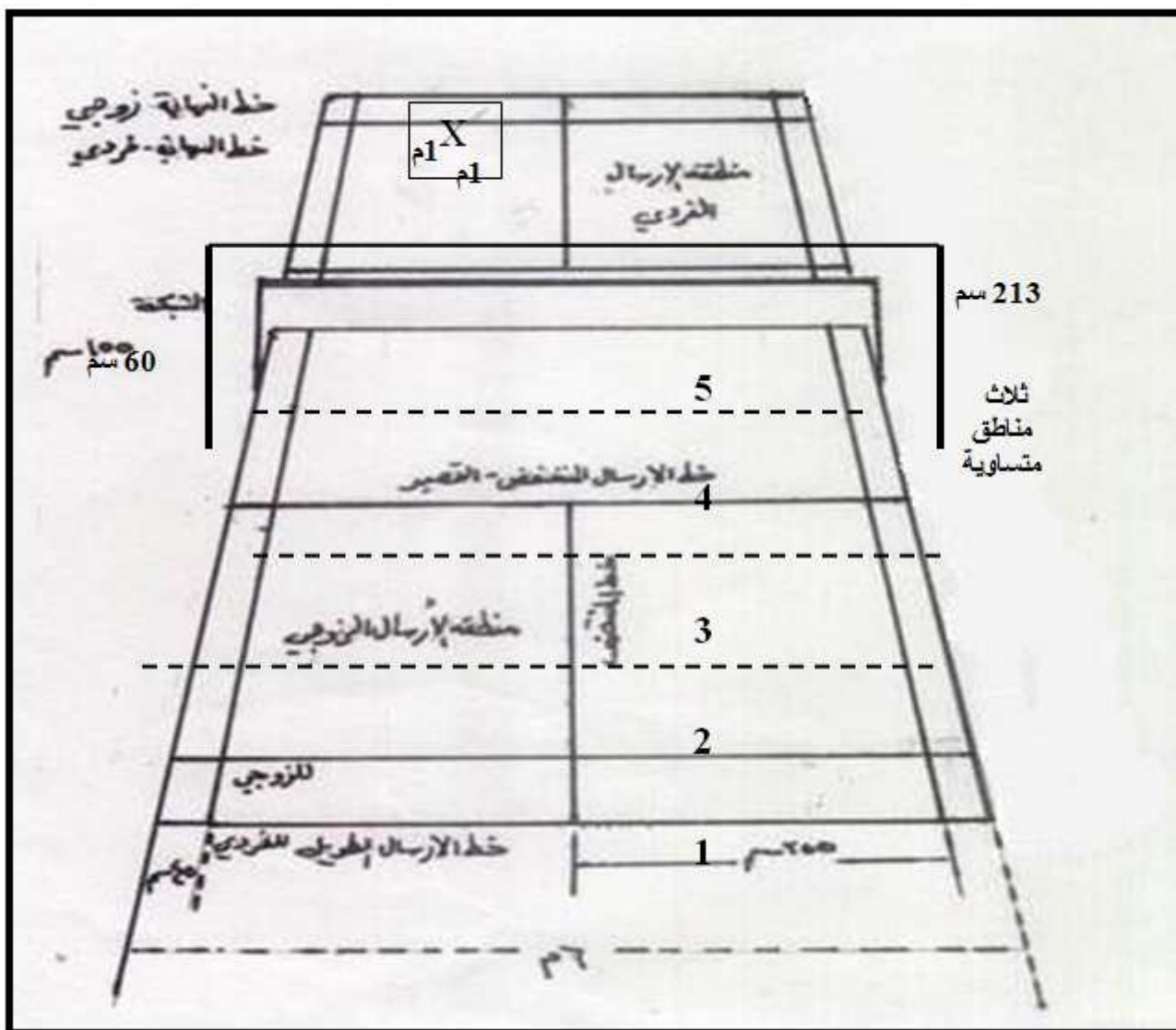
3-2 وسائل جمع المعلومات الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- المصادر العربية والأجنبية، استمارة اختبار أداء مهارة الضرب الساحق بالريشة الطائرة.
- الاختبارات المهارية، فريق العمل المساعد.
- مضرب ريشة نوع (Yonex) عدد (4)، ريشة طائرة نوع (Yonex) عدد(8)، ملعب ريشة طائرة نظامي مع ملحقاته، قوائم إضافية بارتفاعات (2.500) سم لغرض الاختبار، شريط لاصق ملون.
- كاميرا تصوير فيديو نوع (Castio Exilim Ex-FHZO) يابانية الصنع عدد (1) ذات سرعة (1000) صورة في الثانية + حامل ثلاثي، جهاز حاسوب (لآب توب) نوع (DELL- INSPIRON-1440).
- حبل لغرض إجراء الاختبار، مقياس رسم بطول (1 م)، مصباح كبير للإضاءة عدد (2)، كراسي.

4-2 إجراءات البحث:**1- المتغيرات الكينماتيكية للضربة الساحقة:**

- 1- ارتفاع مركز كتلة الجسم: وهي نقطة ارتفاع مركز كتلة الجسم عن الأرض لحظة الطيران للأعلى عند أداء الضربة الساحقة.
- 2- زاوية ميلان الجذع: هي الزاوية المحصورة بين خط الجذع (من نقطة مفصل الكتف إلى نقطة مفصل الورك) مع الخط الأفقي المار بنقطة مفصل الورك
- 3- زاوية الذراع: هي الزاوية المحصورة بين خط الكتف (من نقطة مفصل الرسغ إلى نقطة مفصل الكتف) مع خط الجذع (من نقطة مفصل الكتف إلى نقطة مفصل الورك).
- 4- سرعة الريشة: وتقاس من لحظة خروج الريشة من مضرب اللاعب الضارب إلى لحظة سقوطها (المسافة المستقيمة للريشة بين المضرب والأرض).

2- اختبار الضربة الساحقة (Ray, 1987, 35-49) French & Stater Smash Test



5-2 التجربة الرئيسة:

صُوِّرَت التجربة الرئيسية لعينة البحث بتاريخ 28 / 1 / 2015 الساعة العاشرة صباحا من يوم الأربعاء في (جامعة ديالى – في قاعة مديرية الأنشطة الرياضية والبدنية)، إذ تُبْنِت آلة التصوير التي تقع على بعد (375 سم) عن اللاعب، وبشكل مستقيم لجانب اللاعب وهي تصور الأداء الحركي للاعب، أيضا مسؤوليه عن تصوير الأداة والمضرب للاعب، وكان ارتفاع بؤرة العدسة للكاميرا عن مستوى سطح الأرض هو (95 سم)، وقد صُوِّر مقياس الرسم قبل البدء بالتجربة الرئيسية، وهو يساوي كل (82.5 بكسل).

6-2 المعالجات الإحصائية:

استخدم الباحثون نظام الـ (SPSS) في معالجة البيانات الإحصائية.

1-3 عرض نتائج المتغيرات البدنية وتحليلها ومناقشتها.

جدول (1)

يبين قيم الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية ومعامل الارتباط ونسبة الخطأ

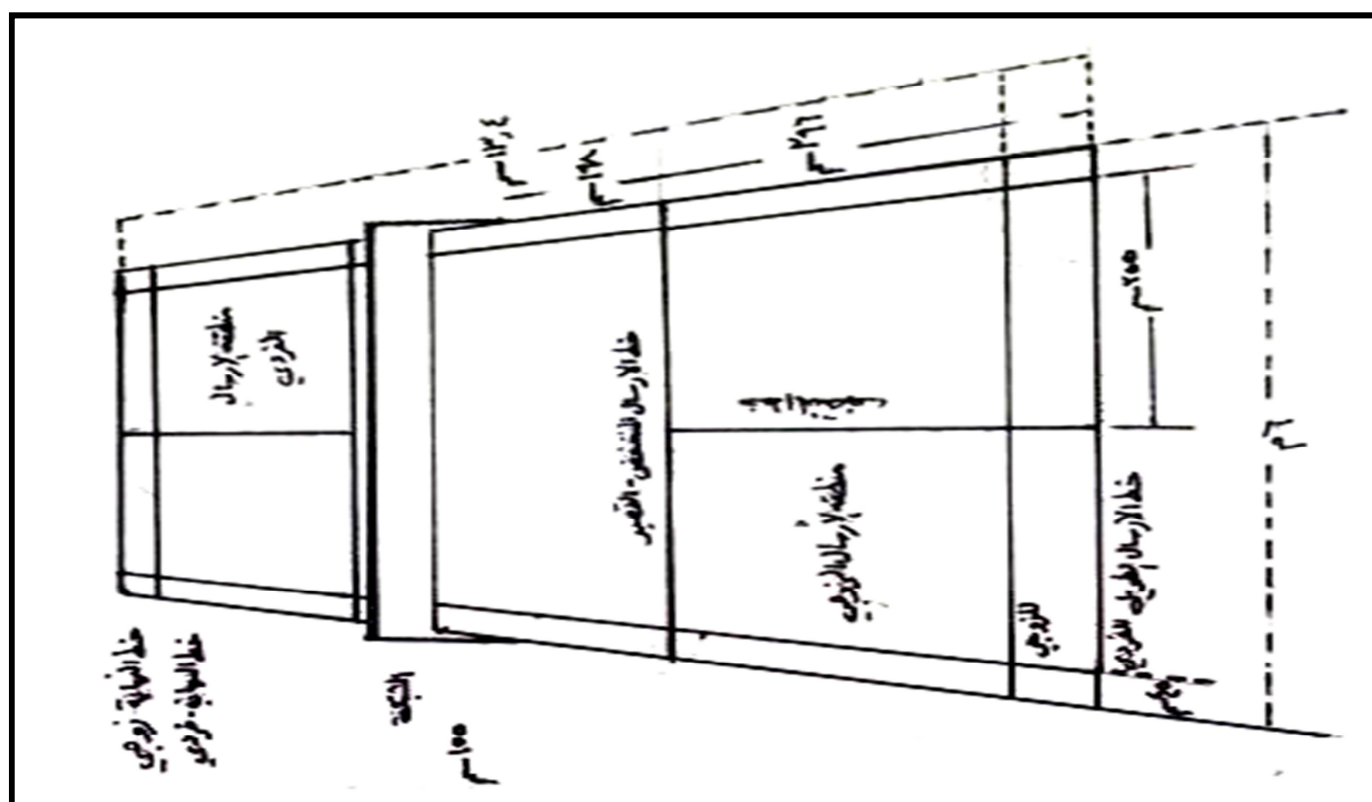
المتغيرات	س	ع	العينة	معامل الارتباط	نسبة الخطأ
الدقة	2.100	1.294	20.000		
سرعة الريشة	49.107	9.008	20.000	-0.133	0.577
ارتفاع مركز ثقل الجسم	145.486	19.280	20.000	0.312	0.181
زاوية ميل الجذع	18.900	10.592	20.000	0.162	0.495
زاوية الذراع	165.250	6.766	20.000	-0.117	0.622

* مناقشة النتائج:

من خلال النتائج التي تم استخراجها وجد الباحث إن جميع المتغيرات التي تم استخراجها غير معنوي حيث نسبة الخطأ كان 0.05 بينما النتائج كانت أعلى من هذه النسبة وهذا ما يشير إلى لاعبي منتخب الجامعة لديهم ضعف في التكنيك.

4- الاستنتاجات

1. هناك علاقة ارتباط غير معنوية بين بعض المتغيرات الكينماتيكية ودقة الضربة الساحقة والمتمثلة بارتفاع مركز كتلة الجسم لحظة الضرب.
2. استنتج الباحث أن لمتغير زاوية ميلان الجذع، أثر كبير في زيادة السرعة المحيطية للمضرب وسرعة الريشة.
3. استنتج الباحث أن لمتغير زاوية الذراع، أثر كبير في دقة توجيه الريشة وسرعتها المحيطية.
4. إن النقل الحركي المتناسق بين أجزاء الجسم له تأثير كبير في نقل القوة عن طريق مفاصل الجسم، ثم إلى المضرب، ثم إلى الأداة بشكل انسيابي، وبدون ضياع في القوة، وهذا يؤدي إلى زيادة في سرعة انطلاق الريشة.
5. كان أداء لاعبي منتخب جامعة ديالى متوسط أو دون الوسط في المحاولات العشرة وهذا يستوجب على المدربين بذل جهد في التدريب للوصول للاعبين إلى المستوى المطلوب.



ملعب الفردي - الزوجي



المرحلة التحضيرية



مرحلة الطيران



مرحلة الضرب

المصادر

- وجيه محجوب: طرائق البحث العلمي ومناهجه. بغداد. (دار الحكمة للطباعة, 1993).
- محمد زاهد سعيد وآخرون: أصول البحث العلمي. ط1. بغداد. 1986.

REFERENCES

- [1] Ray Collins & Patrick Hedges, 1987, Op. Cit, P. 35-49.

Distribution spatiale des infrastructures hydrauliques dans la commune de Kandi au nord du Bénin

[Spatial distribution of the hydraulic infrastructures in the municipality of Kandi in the North of Benin]

Djafarou ASSOUMA ISSA¹, Christophe Sègbè HOUSSOU¹, Abib Guimmongui SABI OROU BOGO², and Sabi Bédari BIO-YO²

¹Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales 01 BP : 526 Cotonou, Bénin

²Laboratoire de Cartographie (LaCarto), DGAT/FLASH : 10 BP : 1082 Cotonou – Houéyiho, Bénin

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

ABSTRACT: The difficulties of access to drinking water in the municipality of Kandi are especially related on the unequal distribution of the hydraulic infrastructures and the frequent breakdowns of some of these works. This bad spatialization of the hydraulic works, added to under information and the low-income of the households decrease the accessibility of the majority of these households to the sources of water of required quality.

The objective of this research is to study the accessibility of the populations to the hydraulic works in the municipality of Kandi. In a specific way, it was a question of inventorying the types of works available, of mapping them and of analyzing their spatial distribution.

The adopted methodological approach is based on the one hand on the data collected starting from data sheets of the regional service of hydraulics of Alibori and an investigation of ground having allowed to collect the geospatial data bound to the works. On the other hand, the polygon of Thiessen was generated from the software Arc Gis 10.3 to arrest better the spatial cover of its hydraulic infrastructures.

The obtained results allowed to appreciate the degree of accessibility of the populations to the hydraulic infrastructures in this municipality.

KEYWORDS: Drinking water, hydraulic works, accessibility, spatial cover, Kandi.

RÉSUMÉ: Les difficultés d'accès à l'eau potable dans la commune de Kandi sont surtout liées à l'inégale répartition des infrastructures hydrauliques et aux pannes fréquentes de certains de ces ouvrages. Cette mauvaise spatialisation des ouvrages hydrauliques, ajoutée à la sous information et le faible revenu des ménages diminuent l'accessibilité de la majorité de ces ménages aux sources d'eau de qualité requise. L'objectif de cette recherche est d'étudier l'accessibilité des populations aux ouvrages hydrauliques dans la commune de Kandi. De façon spécifique, il s'est agi d'inventorier les types d'ouvrages disponibles, de les cartographier et d'analyser leur distribution spatiale.

La démarche méthodologique adoptée est basée d'une part sur les données collectées à partir des fiches techniques du Service Régional de l'Hydraulique de l'Alibori et une enquête de terrain ayant permis de collecter les données géo-spatiales liées aux ouvrages. D'autre part, le polygone de Thiessen a été généré à partir du logiciel Arc Gis 10.3 pour mieux appréhender la couverture spatiale de ces infrastructures hydrauliques.

Les résultats obtenus ont permis d'apprécier le degré d'accessibilité des populations aux infrastructures hydrauliques dans cette commune.

MOTS-CLEFS: Eau potable, ouvrages hydrauliques, accessibilité, couverture spatiale, Kandi.

1 INTRODUCTION

L'eau, encore appelée « l'or bleu », joue un rôle capital pour la santé humaine : sans eau, il n'y aura pas d'êtres humains sur terre [1]. Malgré la disponibilité de cette ressource dans certaines régions du Bénin et l'avancée remarquable des technologies dans le domaine de la production et la distribution de l'eau de consommation, l'inégalité d'approvisionnement à cette denrée alimentaire indispensable se creuse davantage [2]. Pendant des siècles, cette ressource précieuse fut consommée avec parcimonie [3]. Mais au XX^{ème} siècle, la population mondiale a triplé et a multiplié ses prélèvements par six [3]. L'agriculture intensive, l'industrialisation, la production d'électricité, l'urbanisation et l'hyperconsommation de l'eau mettent une pression sur les réserves d'eau de sorte que le rythme des prélèvements dépasse souvent celui de la reconstitution [1]. Ces activités ont pour conséquence la détérioration de la qualité des eaux. Le problème de « l'or bleu » se pose différemment d'une région à l'autre. Si dans les pays du Nord, se manifeste de plus en plus une prise de conscience de la nécessité de réduire le gaspillage de l'eau et de limiter les impacts des rejets d'eaux usées dans l'environnement, dans les pays du Sud, l'accès à l'eau est encore difficile. Les rivières, les marigots, les puits domestiques demeurent encore les sources directes d'approvisionnement en eau ([1], [4]). Selon [5], un être humain sur deux ne dispose pas d'eau courante à domicile ; près d'un sur cinq n'a pas l'eau potable en raison de sa pollution et ou de sa contamination; près d'un sur deux ne dispose d'aucun système d'assainissement domestique. L'accès à une eau de boisson saine est incontestablement bénéfique pour la santé [6]. L'accès à l'eau potable et à l'assainissement représente un combat quotidien pour des centaines de milliers de citoyens qui vivent principalement dans les pays en développement ([7], [8], [5]). Selon un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé [9], 1,1 milliards de personnes soit 17% de la population mondiale n'ont pas accès à de l'eau potable et 2,6 milliards soit 42% de la population mondiale n'ont pas accès à un assainissement adéquat. Si l'accès à l'eau potable, notamment dans les zones rurales et semi-rurales, constitue un facteur primordial dans le développement économique, l'amélioration du niveau de vie des populations et leur stabilisation en zone rurale [10], alors les questions de contamination des sources d'eau hypothèquent dangereusement cet accès au mieux-être pour ces populations. Le problème d'accessibilité à l'eau potable dans la commune de Kandi se pose en termes de mauvaise répartition spatiale des ouvrages hydrauliques [11]. Au niveau du centre urbain, la non satisfaction des demandes en instance d'abonnement au réseau d'adduction d'eau potable de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) préoccupe tant les élus locaux que les populations bénéficiaires. La situation est encore alarmante au niveau des zones périphériques. Les populations s'adonnent aux puits forés à domicile ou parcourent de longue distance à longueur de journée en quête d'eau potable. Dans les zones rurales de la commune non couvertes par le réseau d'adduction d'eau de la SONEB, les populations exploitent les ouvrages hydrauliques mis en place par la Direction Générale des Eaux. Les difficultés d'accès à l'eau potable sont surtout liées à l'insuffisance des ouvrages d'approvisionnement en eau potable et aux pannes fréquentes de certains de ces ouvrages dues non seulement à leur exploitation abusive mais aussi au manque de maintenance [12]. L'insuffisance d'ouvrages hydrauliques entraîne une affluence autour des ouvrages d'eau surtout en saison sèche. Cette situation est souvent à la base de quelques conflits notés entre les différents usagers de l'eau. Par ailleurs, l'usage de plusieurs puisettes et autres objets à la fois pour la collecte de l'eau dans les puits affectent considérablement la qualité de l'eau [4]. Malgré les efforts salutaires du gouvernement béninois de doter toutes les localités du pays, quelques communes dont celle de Kandi peinent toujours à s'approvisionner en eau de qualité requise surtout en période sèche. Cette recherche vise à étudier le niveau d'accessibilité des populations aux sources d'approvisionnement en eau potable.

2 SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU SECTEUR D'ÉTUDE

La commune de Kandi située au Nord du Bénin est comprise entre 2°54' et 3°26' de longitude Est, 10°95' et 11°59' de latitude Nord (figure 1).

Elle couvre une superficie de 3.421Km², soit environ 13% de l'ensemble du département Borgou-Alibori [13]. Elle est limitée au Nord par les communes de Karimama et Malanville, au Sud par la commune de Gogounou, à l'Est par la commune de Ségbana et à l'Ouest par celle de Banikoara.

Selon les résultats du quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH₄), la population de la commune de Kandi est estimée à 177 683 habitants en 2012 avec une densité moyenne de 51,93 habitants/Km².

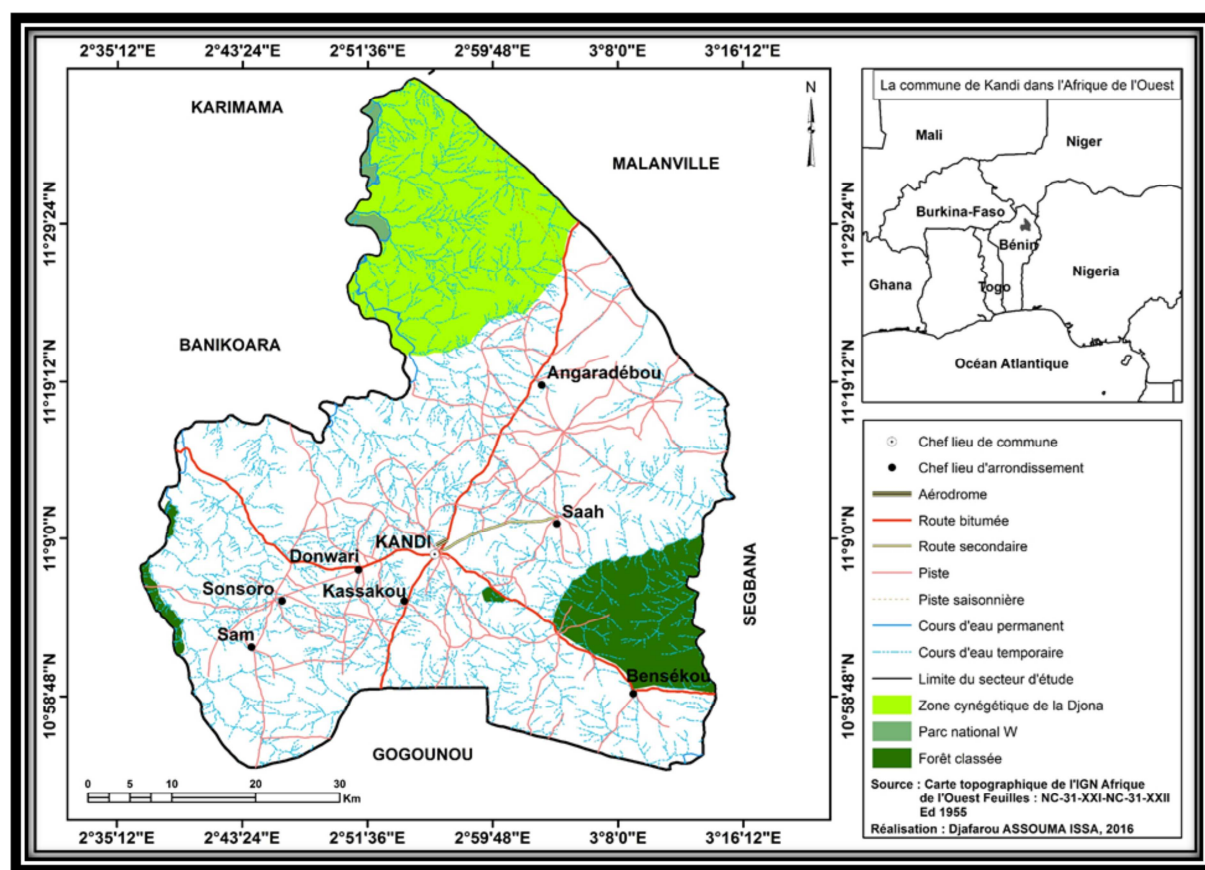


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Kandi

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 MATÉRIEL ET COLLECTE DE DONNÉES

Le logiciel d'analyse SIG d'Arc Gis 10.3 a été utilisé pour le traitement des fichiers de formes (limites d'arrondissement et de commune) de 2010 du Centre National de Télédétection (CENATEL). Les cartes topographiques (NC-31-XXI, NC-31-XXII) analogiques de 1955 (1^{ère} édition) à l'échelle de 1/200 000 comportant la zone d'étude obtenues à l'Institut Géographique National (IGN) Bénin ont été scannées sous format Tiff (Tagged Image File Format). Les fichiers numériques résultants ont été importés dans le logiciel ILWIS 3.3 pour des opérations de mosaïquage. Après l'importation et l'affichage du fichier numérique dans le logiciel ILWIS, ce dernier a été géo-référencé. Cette correction géométrique a permis de faire passer l'image d'un système de coordonnées ligne/colonne à un système de coordonnées géographique lui permettant d'être superposable à d'autres couches de données. A la fin des corrections, le fichier (image géo référencée) a été exporté sous format compatible au logiciel Arc Gis 10.3. Ce processus a été possible grâce à l'interopérabilité entre les deux logiciels. Ainsi, l'image géo-référencée a été exportée sous format Tiff pour la numérisation des localités, routes et cours d'eau. Par ailleurs, les coordonnées rectangulaires des différents types d'ouvrages hydrauliques ont été prises à l'aide d'un GPS de marque GARMIN (GPSMAP 62s) de résolution spatiale 3m pour leur spatialisation sur le territoire communal. Notons que le GPS a été paramétré et mis dans le système de coordonnées UTM, zone 31N avec pour Datum WGS 1984. Enfin, les données démographiques par arrondissement de la commune de Kandi ont été collectées à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), traitées avec le tableur Excel et convoyées dans l'environnement d'Arc Gis10.3 pour des analyses SIG.

3.2 METHODES DE TRAITEMENT DES DONNEES

Après extraction de la zone d'étude, les coordonnées rectangulaires pour chaque type d'ouvrages hydrauliques ont été projetées sur la carte suivant la syntaxe : « Tools / Add XY data ». Cette opération a permis d'afficher ces infrastructures hydrauliques sur la carte. Les infrastructures hydrauliques ainsi réparties sur le territoire communal sont appréciées par

arrondissement et suivant le poids démographique de chaque localité. Pour mieux apprécier les facteurs démographiques liés à la répartition spatiale des ouvrages hydrauliques, les couches des infrastructures hydrauliques et la densité de population par arrondissement ont été superposées. L'analyse spatiale menée est basée sur les normes en vigueur au Bénin pour une meilleure répartition des infrastructures hydrauliques qui est de 01 point d'eau pour 250 habitants avec une couverture de 1000 m de rayon [14]. La méthode d'analyse spatiale "polygone de Thiessen" a été utilisée dans cette étude pour mieux apprécier la distribution spatiale et la détermination des zones de desserte des infrastructures hydrauliques. En effet, le polygone de Thiessen est une fonction d'interpolation locale utilisant la méthode dite des plus proches voisins [15]. Il découpe l'espace autour des points de base de sorte que chacun d'eux comprenne toutes les positions possibles pour lesquelles il est le plus proche point d'échantillonnage. Cette méthode est couramment utilisée pour mesurer les aires d'attraction des infrastructures hydrauliques. Par contre, les limites de ces polygones s'adaptent difficilement aux variables évoluant de manière progressive [15]. Ils entretiennent l'illusion de phénomènes inchangés entre les limites des polygones et changent de manière brusque à la frontière [15]. Leurs représentations sont contraintes par le respect des surfaces, des contours du territoire et dépendent de la distribution des points [16]. Après la génération du polygone de Thiessen, une requête "select by location" a été appliquée pour extraire les localités contenues dans le polygone. Ces localités sont donc couvertes par les ouvrages hydrauliques de cette zone. Par la suite, la sélection a été inversée pour avoir les localités en dehors du polygone de Thiessen (*Switch selection*) ; c'est-à-dire les zones non desservies/couvertes.

4 RÉSULTATS

4.1 TYPOLOGIE DES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES DANS LA COMMUNE DE KANDI

Les résultats issus du traitement des données et des analyses spatiales opérées ont été représentés sous formes graphiques et de cartes. Ces résultats présentent quatre (04) types d'ouvrages hydrauliques dans la commune (figure 2).

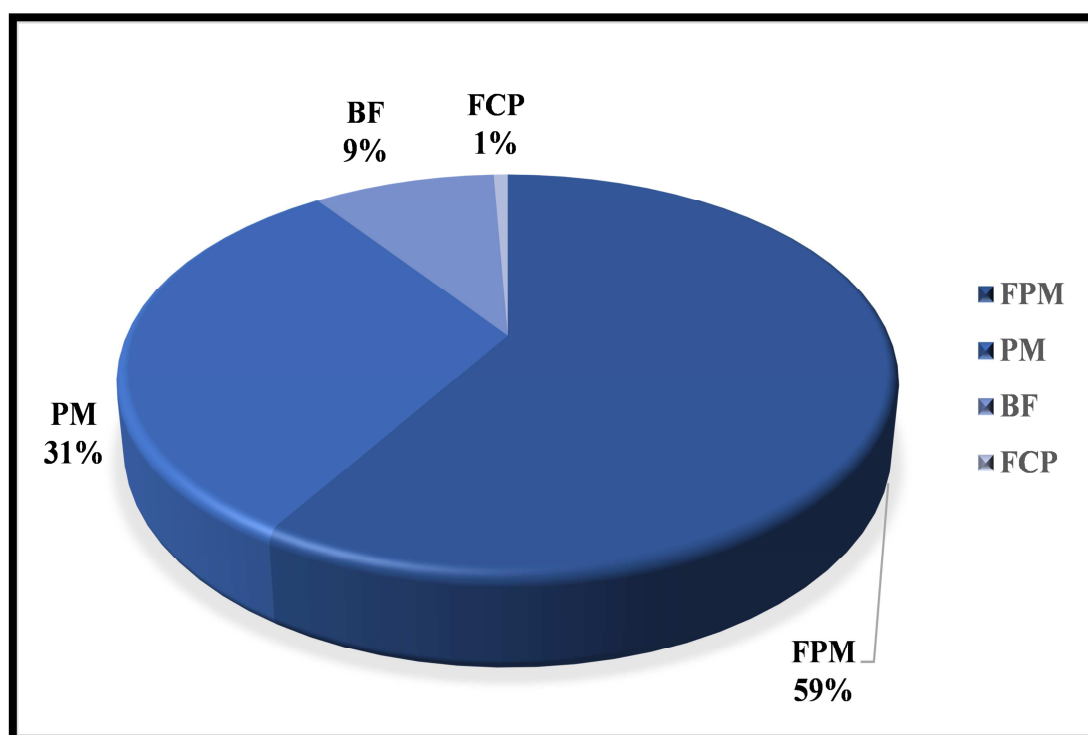


Figure 2 : Proportions des types d'ouvrages hydrauliques dans la commune de Kandi

L'analyse de cette figure 2 montre que 59% des ouvrages hydrauliques de la commune de Kandi constituent des Forages équipés de Pompe à Motricité humaine (FPM), 31% sont des Puits Modernes à grand diamètre (PM), 9% des Bornes Fontaines (BF) et 1% représente des Forages Contre Puits (FCP). Au regard de cette analyse, les autorités étatiques et locales optent plus pour la réalisation des forages (FPM) que des PM et autres ouvrages hydrauliques. Les raisons souvent évoquées sont relatives à la préservation de la qualité de l'eau, aux conditions d'éthiques et aux considérations sociologiques. Les BF et les FCP sont nettement insuffisants. Par ailleurs, le constat fait sur le terrain montre que les conditions d'hygiène et d'assainissement autour de quelques infrastructures hydrauliques sont moins reluisantes et interpellent la conscience des

membres du comité de gestion, des usagers des points d'eau et des autorités locales. Certains ouvrages hydrauliques sont abandonnés, hors d'usage ou non fonctionnels. Ainsi le taux de panne (PM non inclus) est présenté par arrondissement dans la figure 3.

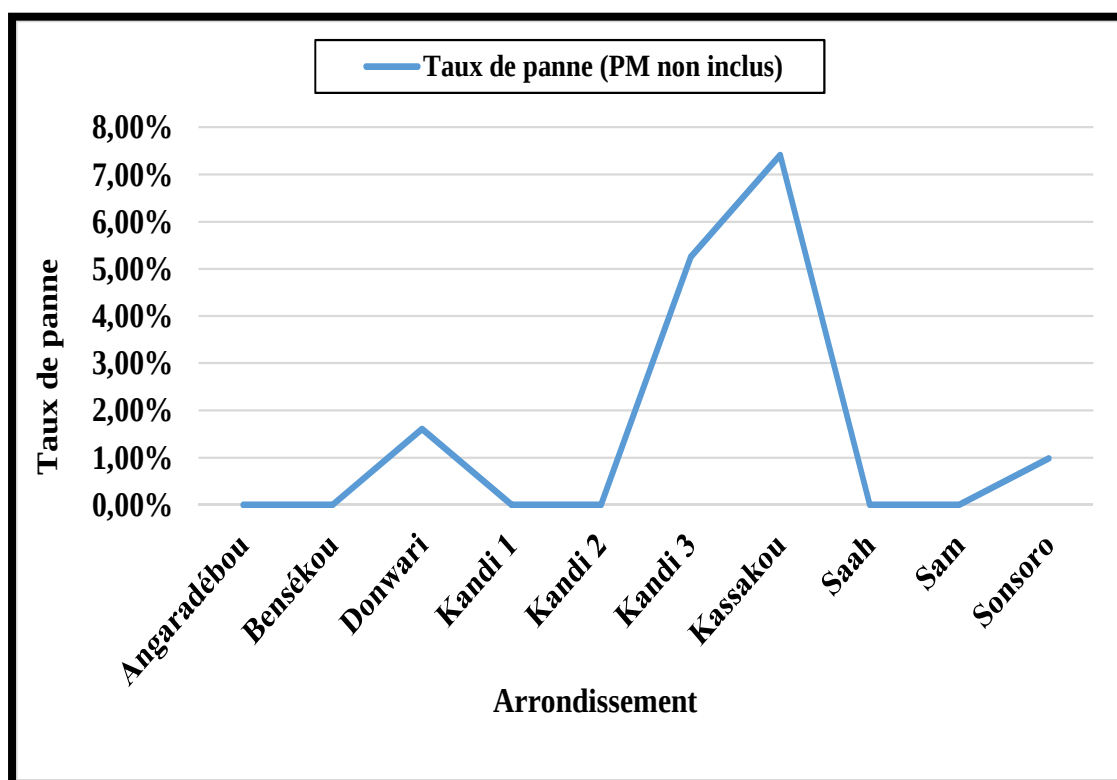


Figure 3 : Proportion des ouvrages hydrauliques en panne (PM non inclus)

Les arrondissements de Kassakou (plus de 7%) et de Kandi 3 (plus de 5%) présentent respectivement les taux de panne en infrastructures hydrauliques les plus élevées (figure 3).

4.2 REPARTITION SPATIALE DES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES DANS LA COMMUNE DE KANDI

La carte des infrastructures hydrauliques a été obtenue suite à l'extraction de la zone de recherche suivie de la projection des coordonnées rectangulaires des ouvrages hydrauliques. Pour distinguer les infrastructures hydrauliques, les différents symboles ont été affectés à chaque type d'ouvrage identifié (figure 4). Cette figure 4 présente la répartition spatiale des ouvrages hydrauliques par arrondissement. Elle montre que les ouvrages sont plus concentrés dans les arrondissements de Sam, de Sonsoro, de Donwari, de Kassakou, de Kandi1, de Kandi 2 et de Kandi 3.

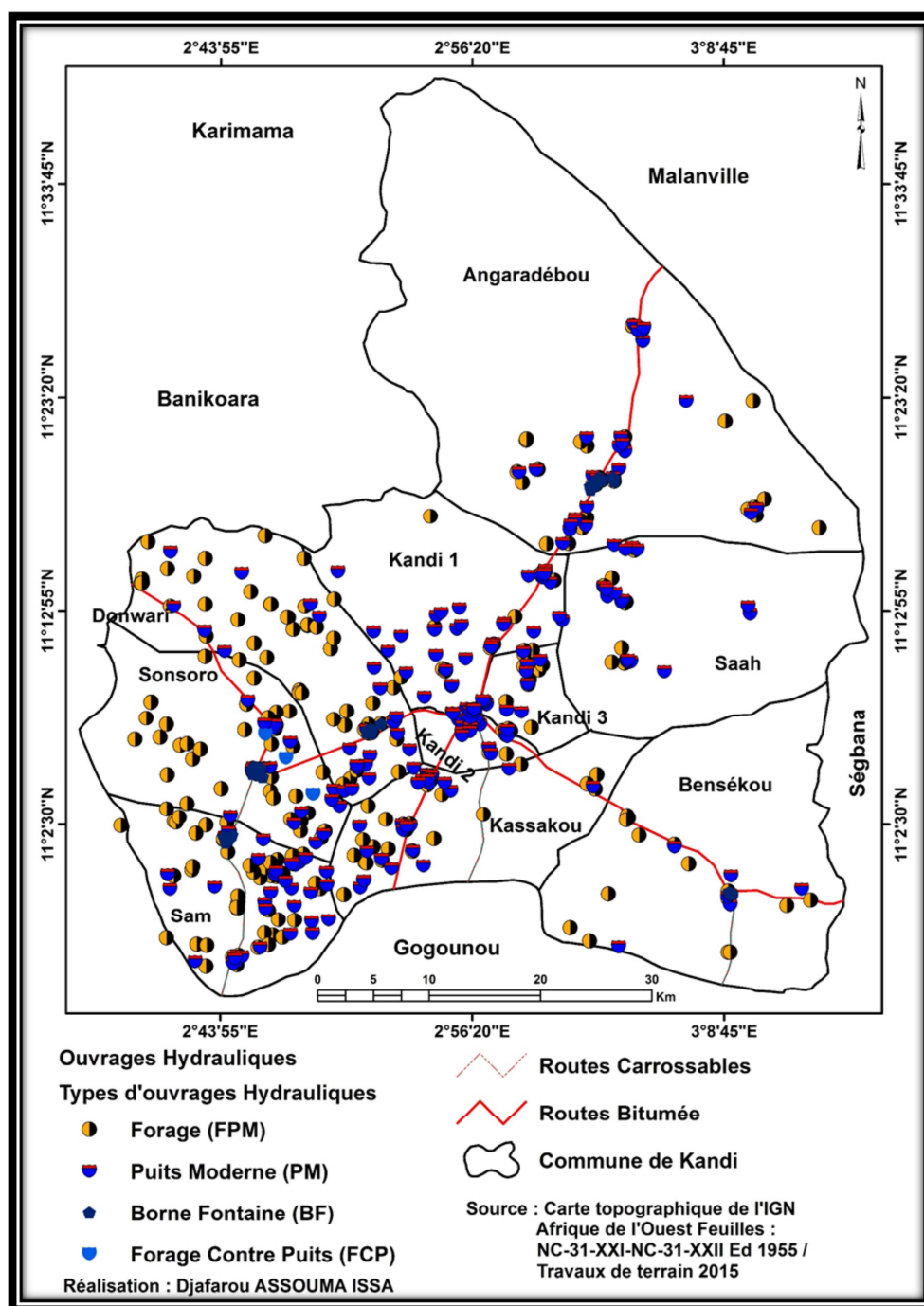


Figure 4 : Répartition spatiale des infrastructures hydrauliques dans la commune de Kandi

Pour mieux appréhender la répartition spatiale des infrastructures hydrauliques sur le territoire communal, une représentation par type d'ouvrage a été réalisée (figure 5, 6 et 7).

4.3 REPARTITION SPATIALE DES POMPES A MOTRICITE HUMAINES (FPM)

Cette figure 5 présente la répartition spatiale des forages par arrondissement. Elle montre que les forages sont plus concentrés dans les arrondissements de Sam, de Sonsoro, de Donwari et de Kassakou. La faible représentation de ces forages dans les arrondissements de Bensékou, de Saah et d'Angaradébou s'explique par le fait que près de 50% du territoire de ces arrondissements sont respectivement occupés par la forêt classée de la Sota dans les arrondissements de Bensékou et de Saah et la zone cynégétique dans l'arrondissement d'Angaradébou.

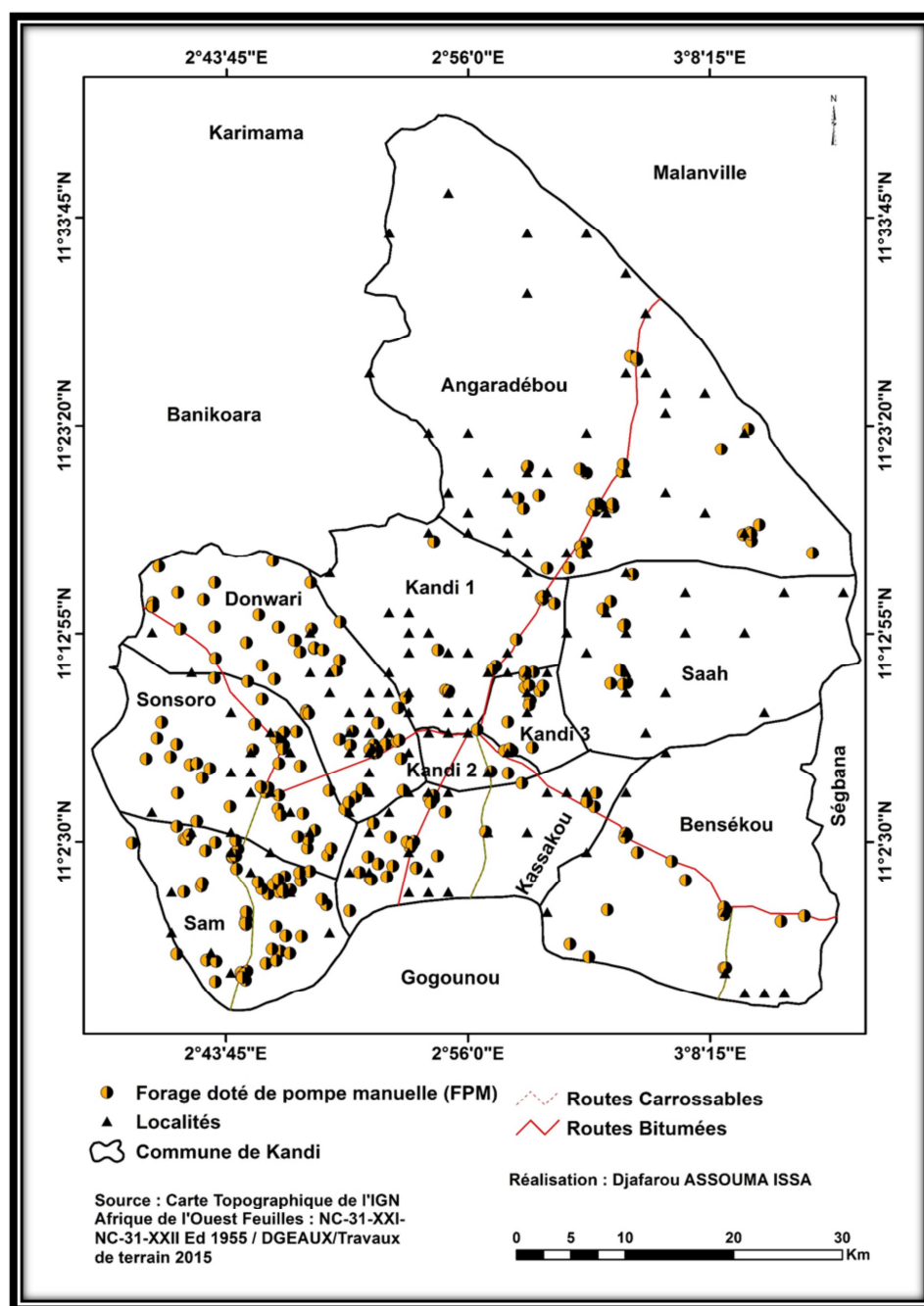


Figure 5 : Répartition spatiale des pompes à motricité humaines (FPM)

La commune dispose également des puits modernes à grand diamètre. La répartition de ces PM est représentée dans la figure 6 ci-dessous.

4.4 REPARTITION SPATIALE DES PUIITS MODERNES A GRAND DIAMETRE (PM)

Les PM sont plus concentrés le long des routes bitumées et dans les arrondissements de Sam, de Sonsoro, de Donwari, de Kassakou, de Kandi 1, de Kandi 2 et de Kandi 3. Les arrondissements de Bensékou, de Saah et d'Angaradébou sont moins couverts par les PM.

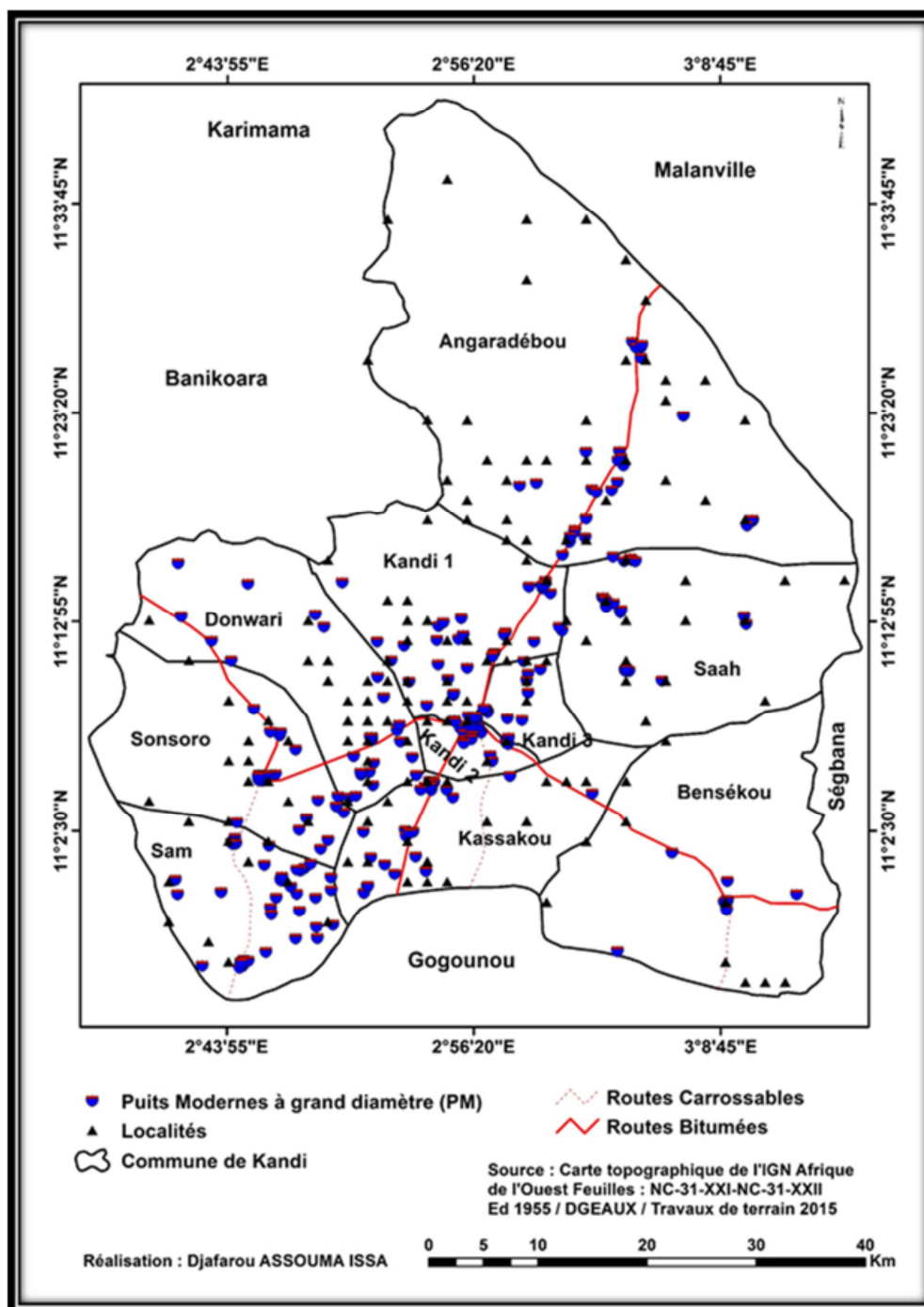


Figure 6 : Répartition spatiale des PM

La présence des Bornes Fontaines (BF) est aussi notée dans la commune. Ces BF sont également d'une importance capitale dans l'alimentation en eau potable des populations. Leur répartition dans l'espace de la commune est représentée dans la figure 7 ci-dessous.

4.5 REPARTITION SPATIALE DES BORNES FONTAINES (BF)

L'analyse de cette figure 7 montre que les Bornes Fontaines (BF) sont érigées dans les chefs-lieux des arrondissements d'Angaradébou, de Donwari, de Sonsoro et de Sam. Le reste des arrondissements est dépourvu de ces BF.

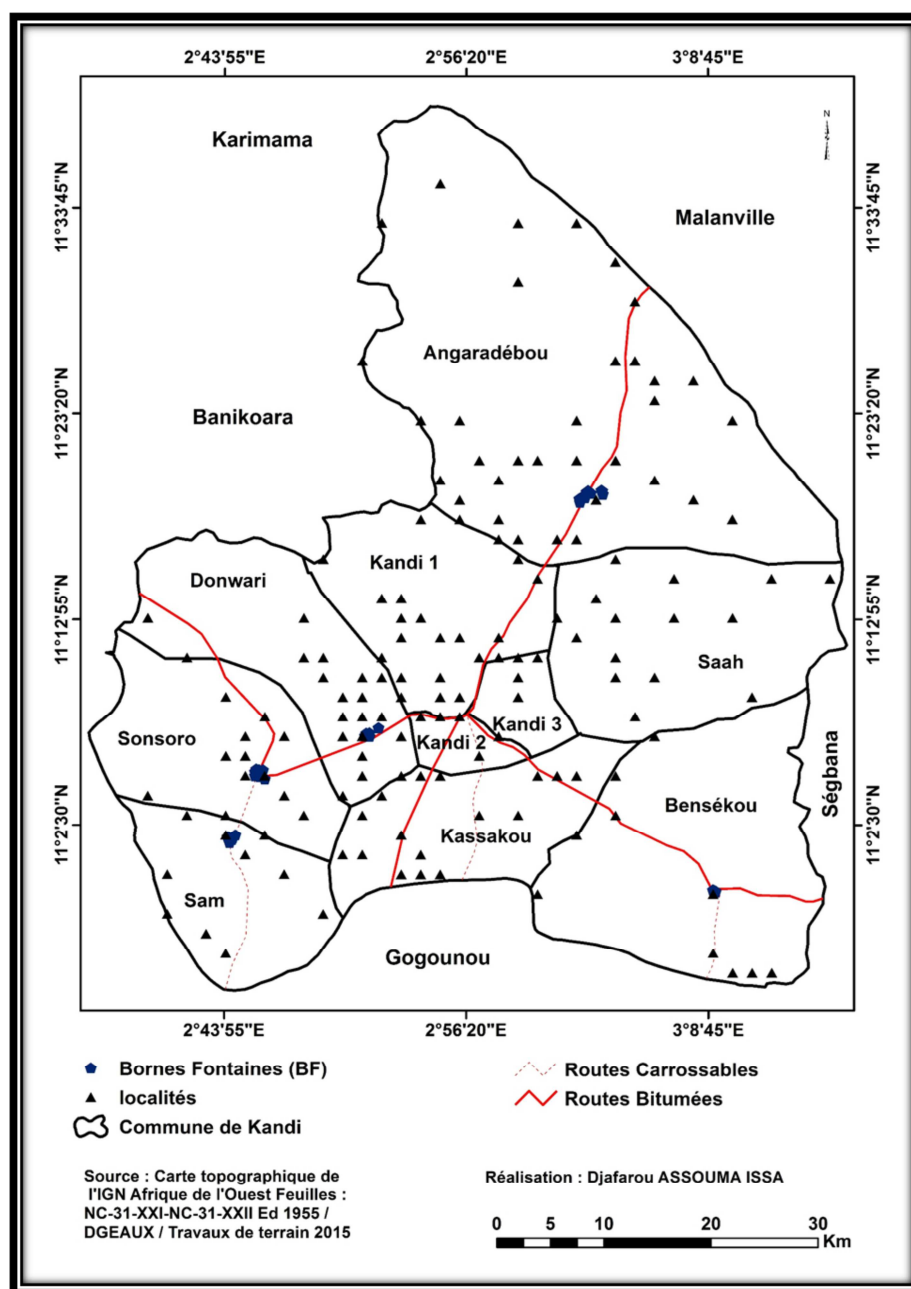


Figure 7 : Répartition spatiale des BF

4.6 REPARTITION DES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES SUIVANT LA DENSITE DE LA POPULATION

Pour apprécier les facteurs démographiques liés à la répartition spatiale des ouvrages hydrauliques, les couches des infrastructures hydrauliques et la densité de population par arrondissement ont été superposées (figure 8).

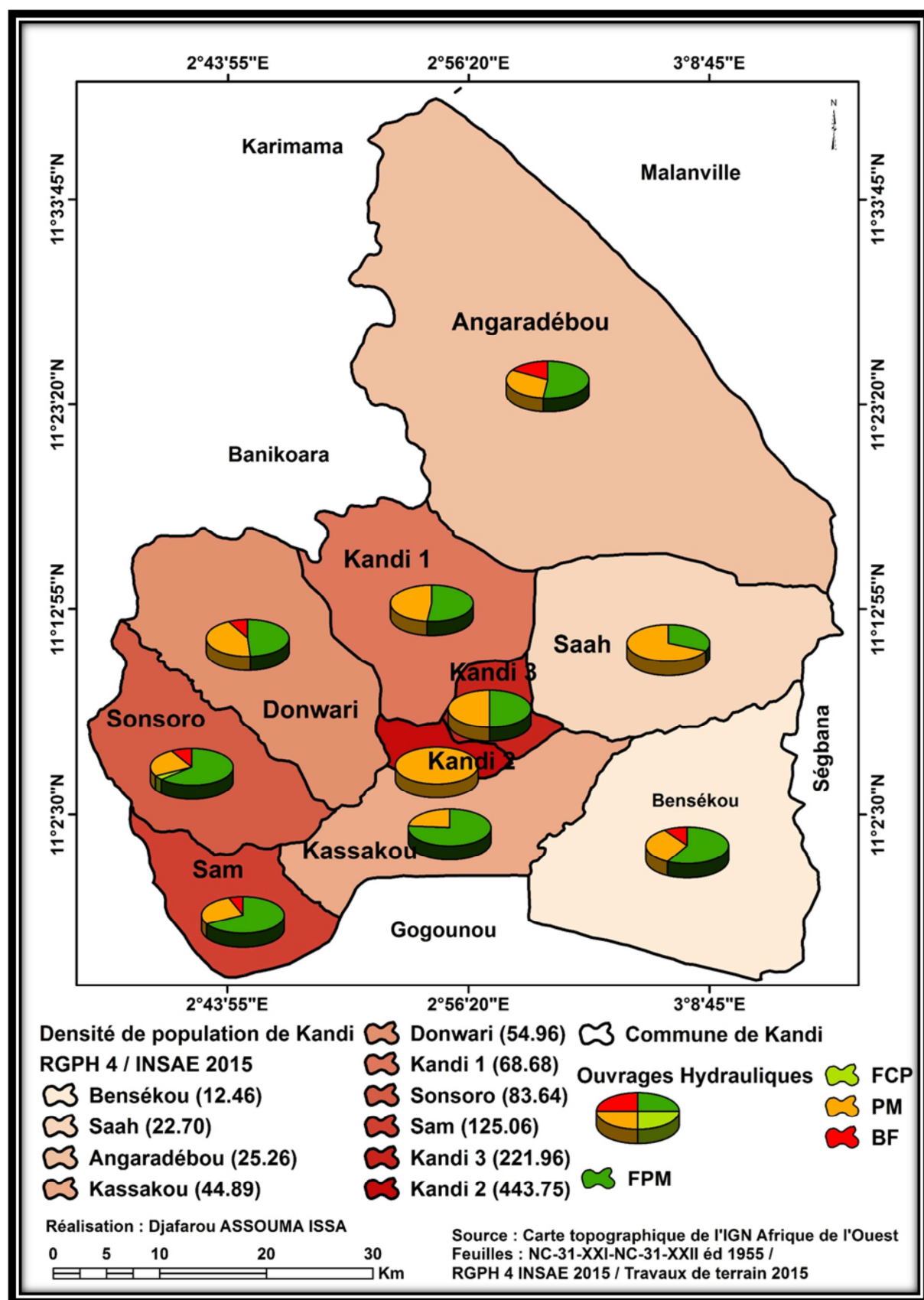


Figure 8 : Relation entre infrastructures et densité de la population

Cette figure 8 met en exergue la concentration des ouvrages hydrauliques en fonction de la densité de la population par arrondissement dans la commune de Kandi. L'analyse de cette figure 8 montre que les arrondissements de Kandi 2 (PM), de Kandi 3 (PM, FPM), de Sam (PM, FPM, BF), de Kandi 1 (PM, FPM), de Sorsoro (FPM, PM, BF, FCP) et de Donwari (PM, FPM, BF) ont une forte concentration humaine et disposent d'une forte concentration des différents types d'ouvrages hydrauliques. Quant aux arrondissements de Saah, de Bensékou, d'Angaradébou, et de Kassakou, ils ont une faible concentration humaine et possèdent une faible concentration d'infrastructures hydrauliques sur leur territoire (figure 8). Seul, l'arrondissement de Sorsoro dispose de Forages Contre Puits (FCP). Par ailleurs, plusieurs types d'ouvrages hydrauliques sont parfois installés au même endroit sur le terrain à cause du poids démographique de ces localités. En principe, selon les normes de la Direction Générale des Eaux (DG Eaux) au Bénin, un (01) point d'eau dessert une population de 250 habitants avec une couverture de 1000 m de rayon. Mais, sur le terrain, le constat est autre, les ouvrages sont trop sollicités et certains ne répondent plus aux attentes des communautés. Du coup, ces ouvrages tombent en panne et sombrent dans une insécurité totale. Pour mieux appréhender la distribution spatiale des infrastructures hydrauliques sur le territoire communal, l'approche de la couverture spatiale a été adoptée.

4.7 COUVERTURE SPATIALE

La génération du polygone de Thiessen est un type d'analyse de proximité ou de voisinage qui a permis d'observer toutes les infrastructures hydrauliques proches de telle ou telle localité par rapport aux autres ouvrages hydrauliques. Un polygone est construit autour de chaque type d'infrastructure hydraulique et comporte les localités proches de cette infrastructure. Cette technique a ainsi permis de délimiter la zone de couverture de chaque infrastructure par localité. Elle a enfin permis de noter de visu les localités défaillantes non couvertes par les infrastructures hydrauliques. Les figures 9, 10 et 11 illustrent le polygone de Thiessen construit autour des infrastructures hydrauliques.

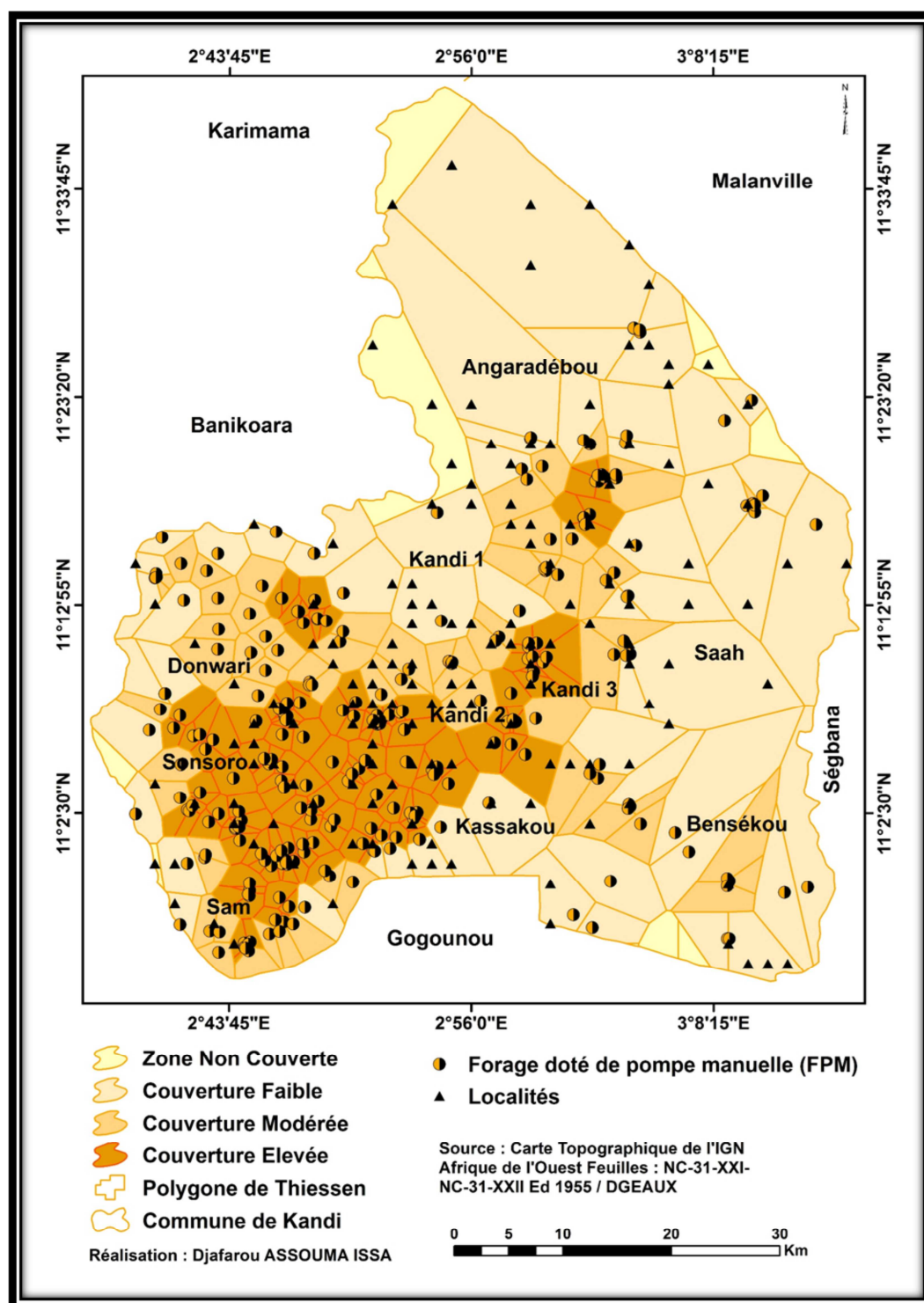


Figure 9 : Couverture spatiale des forages (FPM)

Cette figure 9 met en exergue la couverture des forages (FPM) sur le territoire de la commune de Kandi. L'analyse de cette figure 9 fait apparaître que le sud-ouest et le centre de la commune présentent une bonne couverture des forages (FPM). Par contre, le sud-est et le nord sont faiblement couverts. Cette faible couverture s'explique par la présence de la forêt classée de la Sota au sud-est et de la zone cynégétique de la Djona au nord-ouest. Le polygone de Thiessen a été également appliqué au niveau des puits modernes à grand diamètre (PM) et des bornes fontaines (BF) (figures 10 et 11)

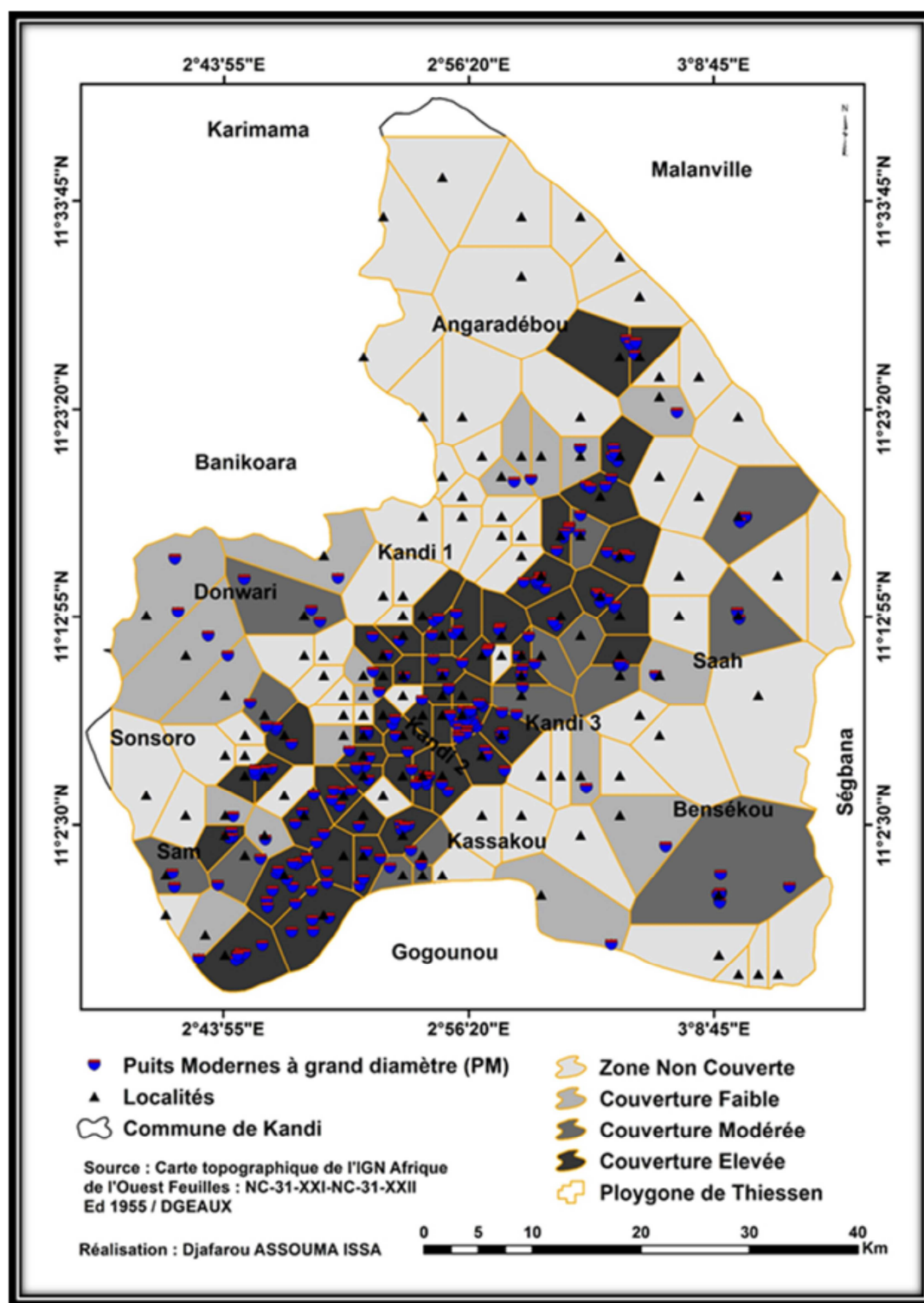


Figure 10 : Couverture spatiale des puits modernes à grand diamètre (PM)

Cette figure 10 présente la situation de la couverture des puits modernes à grand diamètre (PM) sur le territoire communal de Kandi. Elle montre que le sud-ouest, le centre et une partie du nord ont une forte concentration des PM. Le sud-est, une partie du sud-ouest et une bonne partie du nord sont faiblement couverts par les PM. Par endroit dans l'espace communal, on note une couverture moyenne des PM. La présence des bornes fontaines (BF) est notée au niveau des chefs-lieux des arrondissements d'Angaradébou, de Donwari, de Sonsoro et de Sam (figure 11). Les autres arrondissements sont dépourvus de BF.

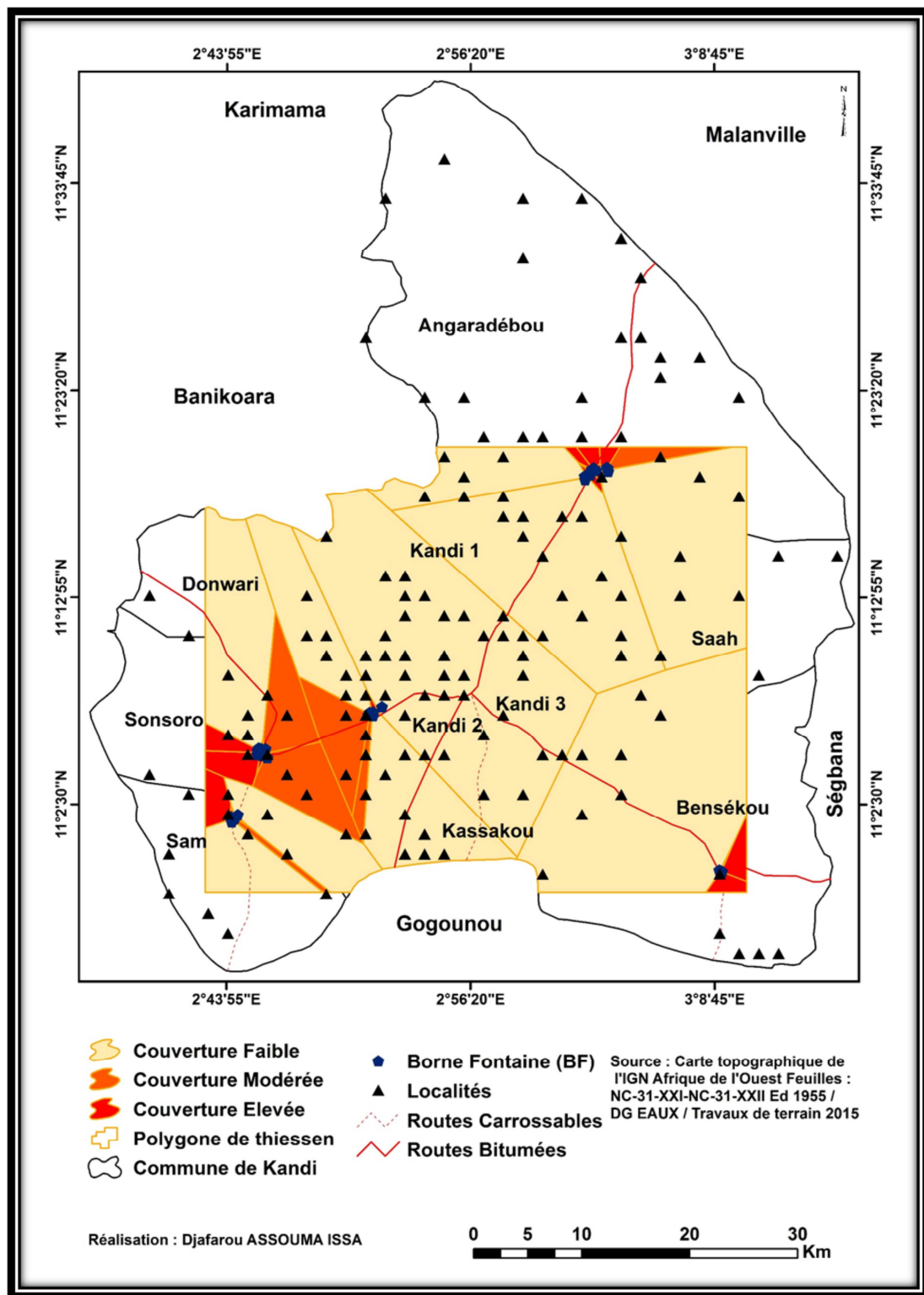


Figure 11 : Couverture spatiale des bornes fontaines (BF)

5 DISCUSSION

5.1 INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES ET LEURS ETATS DANS LA COMMUNE DE KANDI

Les enquêtes socio-économiques sur le terrain enrichissent par les données recueillies au niveau du Service de l'Hydraulique de l'Alibori ont permis de noter quatre (04) types d'ouvrages hydrauliques dans la commune de Kandi à savoir : les forages dotés de pompes manuelles (FPM), les puits modernes à grand diamètre (PM), les bornes fontaines reliées aux adductions d'eau villageoise (AEV) et les forages contre puits (FCP). Les ouvrages hydrauliques sont plus concentrés au sud-ouest et au centre de la commune. Cette situation est liée à la concentration des populations dans ces zones. Par contre, le reste du territoire communal reste moins couvert et ceci à cause de la présence des zones protégées telles que la zone cynégétique de la Djona au nord-est et la forêt classée de la Sota compris entre les arrondissements de Bensékou, de Saah et de Kassakou. Seul l'arrondissement de Sonsoro dispose de forages contre puits (FCP). D'une manière générale, les observations et la collecte des données géo-spatiales effectuées dans la zone de recherche font état d'une mauvaise répartition des ouvrages sur le terrain. Les résultats obtenus sont semblables à ceux de ([22], [11], [10], [17]), qui ont aussi constaté l'inégale répartition des infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè et de Kandi au Bénin, dans la région de Daoukro au centre est de la Côte d'Ivoire, et en République d'Haïti. L'état d'hygiène et d'assainissement autour des ouvrages hydrauliques dans la commune de Kandi sont moins reluisants. En effet, la plupart des forages (FPM) sont en pannes et les usagers parcourent de longue distance à la recherche de l'eau. Les dispositifs de puisage sont sales. La quasi-totalité des puits à grand diamètre (PM) ne possèdent pas de couvercle et quelques-uns qui en possèdent n'assurent pas la fermeture hermétique des puits. Ils laissent des ouvertures par lesquelles les eaux de pluie et autres objets polluants peuvent facilement pénétrer. Les comités de gestion des ouvrages hydrauliques installés pour veiller à l'entretien des zones de franchise ne fonctionnent pas correctement. En conséquence, ces ouvrages sont abandonnés à l'air libre. Malgré les multiples sensibilisations des femmes, certaines continuent à exercer les activités domestiques (lessive, vaisselle) auprès des ouvrages. Elles laissent aussi les enfants s'amuser et déféquer proche de ces ouvrages. Des travaux champêtres (culture vivrière, jardinage...) sont menés dans les périmètres immédiats de protection des ouvrages. De même, les animaux domestiques divaguent dans la zone de franchise. Quelques lieux de dépôt d'ordures ne sont pas loin de certains ouvrages. D'autres ouvrages ne sont pas éloignés des habitations, ainsi les fosses septiques et les latrines peuvent directement les contaminer. Plusieurs recherches menées dans le domaine de l'alimentation en eau potable et assainissement du milieu sont parvenues au même constat. Ainsi une étude dans la ville de Cotonou sur l'amélioration de la qualité de l'eau de puits par [18] est aboutie à la conclusion que la quasi-totalité des échantillons d'eau sélectionnés et analysés sont pollués. Cette pollution serait liée à un certain nombre de facteurs dont essentiellement la nature, la structure du sol et l'insuffisance d'un système d'assainissement adéquat. [6], dans son étude sur la qualité et le mode de gestion de l'eau de boisson dans la sous-préfecture de Grand-Popo est arrivé à la conclusion que les eaux de tous les puits prélevés sont chimiquement et bactériologiquement contaminées. Il ressort de cette étude que la contamination de ces eaux de boisson, provient de certains facteurs comme l'absence d'un système d'assainissement et d'hygiène dans le milieu, le non-respect des conditions d'hygiène lors du recueil de l'eau de puits. Les résultats des travaux de recherche conduite par [19] dans la plaine de Brazzaville ont révélé que les sources de contamination des points d'eau sont les latrines, les fosses septiques, les tas d'immondices et la faible profondeur de la nappe.

5.2 REPARTITION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES DANS LA COMMUNE DE KANDI

Les ouvrages hydrauliques ne sont pas équitablement répartis sur le territoire communal de Kandi. La plupart des ouvrages sont concentrés au sud-ouest et au centre de la commune. Par contre le nord et le sud-est sont pratiquement dépourvus d'ouvrages. En principe, cette spatialisation des ouvrages hydrauliques devrait prendre en compte la démographie, certaines pesanteurs sociologiques et culturelles du milieu et surtout la norme de la Direction Générale des Eaux qui est d'un point d'eau pour 250 habitants. Les observations sur le terrain ont permis de noter la présence de plusieurs infrastructures hydrauliques au même endroit. Un effort devrait être fait en tenant compte de l'avis de la communauté locale (usagers de l'eau, comité de gestion des points d'eau, sages et notables) dans la réalisation des projets d'hydrauliques villageoises. Les mêmes constats ont été relevés par [20] qui suggère dans son étude sur l'irrigation adduction d'eau potable redynamisation économique de tenir compte de l'avis des populations dans la prospection des lieux d'installation des ouvrages hydrauliques. Cette situation permettra d'éviter les difficultés d'approvisionnement en eau potable. C'est le cas des puits modernes à grand diamètre (PM) dont les zones de desserte ne couvrent pas toutes les localités. Par ailleurs, chaque ouvrage devrait supporter en moyenne 2500 habitants alors que pour sa durabilité, il ne peut desservir que 250 habitants [14]. Cette surcharge des usagers crée souvent des files d'attente et des pertes de temps autour des infrastructures d'approvisionnement en eau potable. Ces faits sont renforcés par les travaux de [11], qui a constaté le même scénario dans la ville de Kandi au nord du Bénin. De plus, les travaux de ([21], [15]) ont fait cas d'une mauvaise répartition spatiale des

infrastructures hydrauliques dans les villes de Kandi et de Zè au Bénin. En effet, les travaux de [21] portant sur le Système d'Information Géographique et qualité physico-chimique de l'eau de boisson à Kandi au Bénin sont parvenus aux résultats selon lesquels les infrastructures hydrauliques sont plus concentrées dans le sud-ouest et le centre, mais presque absents dans le sud-est et le nord de la commune de Kandi. Il en résulte parfois des situations de pénurie d'eau et l'orientation des usagers d'eau vers les sources inappropriées. [15] dans leurs travaux ont également montré une inégale répartition des infrastructures hydrauliques sur le territoire de la commune de Zè. En conséquence, les ouvrages sont très insuffisants ; ce qui conduit parfois les communautés à s'alimenter au niveau des rivières et des plans d'eau.

5.3 SIG ET GESTION DES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES

La mise en place d'une base de données géo-spatiales sur les ressources en eau peut aider les autorités à divers niveaux d'avoir une idée sur la répartition spatiale des ouvrages hydrauliques afin de prendre des décisions subséquentes pour améliorer les conditions d'alimentation en eau potable des populations locales [11]. La question de l'accès aux ressources en eau est abordée pour tous à travers le regard porté aux infrastructures pour veiller à leur répartition en tenant compte des normes prescrites par la Direction Générale des Eaux (DG Eaux). Dans cette étude, le SIG a permis d'avoir une idée sur la typologie des ouvrages hydrauliques et leur répartition sur le territoire communal de Kandi. Les résultats obtenus sont semblables à ceux de [22]. En effet, dans leurs études sur une approche SIG pour une analyse spatiale des infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè, l'approche par analyse de proximité en se basant sur les zones tampons (buffer) a été utilisée pour apprécier la distribution spatiale et la détermination des zones de desserte des points d'eau. Les auteurs ont abouti à une inégale répartition des infrastructures sur le territoire communal de Zè. Les constats relevés dans la commune de Kandi rejoignent ceux de ([15], [23]) qui ont montré dans leurs travaux l'importance des systèmes d'informations géographiques dans leurs capacités à prévoir le déficit de ces infrastructures et à assurer la distribution pour améliorer les conditions d'approvisionnement en eau des communautés.

6 CONCLUSION

A l'issue de cette recherche, il est à noter que les infrastructures hydrauliques sont inégalement réparties sur le territoire communal de Kandi. Les résultats des travaux ont montré que le sud-ouest et le centre de la commune de Kandi sont plus couverts en ouvrages hydrauliques. Par contre, le nord et le sud-est sont faiblement couverts. Cette situation entraîne une insuffisance d'ouvrages hydrauliques et conduit parfois les usagers à exploiter les sources d'eau inappropriées. Cette mauvaise spatialisation des ouvrages hydrauliques entraîne une affluence des usagers autour des ouvrages compromettant ainsi la qualité des eaux. Les mauvaises conditions d'entretien de ces ouvrages surtout les puits communautaires favorisent leur contamination par les agents pathogènes. Ce qui est à l'origine de la vulnérabilité des ouvrages hydrauliques et du coup l'éclatement de plusieurs maladies hydriques qui frappent les populations. L'absence d'un système d'information géographique (SIG) dans la mise en place des ouvrages hydrauliques de la commune a été du coup un facteur limitant pour une meilleure gestion de ces infrastructures hydrauliques. Le SIG apparaît comme un véritable outil de planification et d'aide à la prise de décision en matière d'accès à l'eau potable.

REFERENCES

- [1] DEGNIDE A M : Pollution des puits domestiques de Porto-Novo : étude de quelques quartiers situés en bas de pente. Mémoire de DESS en Décentralisation et Gestion des Eaux / IMSP, Université Abomey-Calavi. 74p+Annexes, 2004.
- [2] MAGBONDE A. E : Contribution à l'alimentation en eau potable dans la commune de Sô-Ava : cas de Ganvié dans le contexte de la décentralisation. DESS en Décentralisation et Gestion des Eaux ; IMSP/UAC, 82p+Annexes, 2004.
- [3] THILL, G, EZIN J-P, "L'eau, Patrimoine Mondial Commun : Co-expertise scientifique, participative et gouvernance". Prélude N° 6, Presse Universitaire de Namur, Belgique, 303p 2002.
- [4] ASSOUMA I. D, OUSSOU L. A : Contribution à l'étude des déterminants de l'eau à usages domestique dans la S/P de Kpomassè. Mémoire de Maîtrise Professionnelle de Géographie, DGAT/FLASH/UAC, 67p+annexes, 2001.
- [5] UN-Water / WWAP, "L'eau : une responsabilité partagée". Résumé du 2ème rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau. 52p, 2006.
- [6] ASSANI KPASSELOKOHINTO A. A. M. R : Qualité et mode de gestion de l'eau de boisson dans la sous- préfecture de Grand-Popo. Mémoire IRSP, Cotonou, 125p, 1995.
- [7] HERISCHEN D., RUWAIDA M. S. et BLACKBURN R : Répondre au défi urbain. Population Reports. Série M, Numéro 16. Info Project. Maryland, USA. 23p, 2002.
- [8] CHAPITAUX J. P., HOUSIER S, GROSS P, BOUVIER C et BRISSAUD F : Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. Bulletin de la société de pathologie exotique (Bull. Soc. Pathol. Exot.) Vol. 95, n°2, PP. 119-123, 2002.

- [9] OMS : Directives de qualité pour l'eau de boisson. (Additif au Volume I : Recommandations). OMS, Genève, Suisse, 40 p, 1998.
- [10] KANOHI FULVIE Epse OTCHOUMOU, SALEY MAHAMAN BACHIR, AKE GABRIEL ETIENNE, And SAVANE ISSIAKA : Apport de la télédétection et des SIG dans l'identification des ressources en eau souterraine dans la région de Daoukro (Centre-Est de la Côte D'Ivoire) International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 1 pp. 35-53, 2012.
- [11] ASSOUMA I D : Une approche SIG à l'évaluation de la qualité physico chimique de l'eau de boisson à Kandi au Bénin. Mémoire de DESS/RECTAS Campus Universitaire Obafemi Awolowo, Ilé Ifè, Nigéria, 71p, 2011.
- [12] ASSOUMA I D : Contribution à l'évaluation des risques liés aux usages domestiques de l'eau dans la commune de Kandi. Mémoire de DESS en Décentralisation et Gestion des Eaux / IMSP, Université Abomey-Calavi. 70p+Annexes, 2004.
- [13] DEMON A : Activités humaines et dégradation de l'environnement dans la commune Urbaine de Kandi. Mémoire de Géographie, FLASH / UNB, Abomey-Calavi, 80p, 1991.
- [14] DGH : "Stratégie nationale de l'approvisionnement en eau potable en milieu rural du Benin 2005-2015". République du Benin, 21 p, 2005.
- [15] HOUNGUEVOU S. C. G, TOHOZIN C. A. B, SOUMAH M, TOKO M. I : SIG et distribution spatiale des infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè au Benin. RECTAS, Obafemi Awolowo University Campus. Off Road1, PMB: 5545, Ile-Ife. Osun State, Nigéria. Afrique Science 10(2) 213-227, SSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>, 15p, 2014b.
- [16] HARANG M. "Système de soins et croissance urbaine dans une ville en mutation : Le cas de Ouagadougou (Burkina Faso)", Thèse de doctorat de l'Université de Paris X Nanterre en Géographie de la santé, 507p, 2007.
- [17] EVENS E, et LINDSKOG P : Regards sur la situation des ressources en eau de la république d'Haïti, 27p, 2000.
- [18] COMLANVI F.M : Amélioration de la qualité des eaux de puits dans la ville de Cotonou : Cas de quelques quartiers. Mémoire APE/ CPU/UNB, Abomey-Calavi, 78p, 1994.
- [19] MOUKOLO N : Contrôles systématiques de la qualité des eaux naturelles au Congo : quelques résultats du laboratoire d'hydraulique de l'ORSTIM/DGRST de Brazzaville. Bulletin de liaison du CIEA, N°90, pp11-21, 1993.
- [20] DOYELLE C : Irrigation adduction d'eau potable redynamisation économique, Stage de deuxième année. ISTOM, agro-développement international, Togbota - Bénin, 64 p, 2008.
- [21] ASSOUMA I. D, TOHOZIN C.A.B., AGBO B. F. "Système d'Information Géographique et qualité de physico-chimique de l'eau de boisson à Kandi, Bénin". In Int .J. Bio. Chem. Sci.7(5) : 2165-2177, 2013.
- [22] HOUNGUEVOU S. C. G, TOHOZIN C. A. B, SOUMAH M, ATTOLOU S. F. B : Approche SIG pour une analyse spatiale des Infrastructures hydrauliques dans la commune de Zè, Benin, RECTAS, Obafemi Awolowo University Campus. Off Road1, PMB: 5545, Ile-Ife. Osun State, Nigéria. Journal of Applied Biosciences 73:5949-5958, ISSN 1997-5902, 10p, 2014a
- [23] DUPONT J, J. SMITZ, A. N. ROUSSEAU, A. MAILHOT et G. GANGBAZO, " Utilisation des outils numériques d'aide à la prise de décision pour la gestion de l'eau". Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol 11, p. 5-18, 1998.

THE INFLUENCE OF SELF DIRECTED LEARNING READINESS AND SELF STUDY ON ACADEMIC ACHIEVEMENT OF MEDICAL STUDENTS

N. Juni Triastuti

Faculty of Medicine, Universitas Muhammadiyah Surakarta,
School Building 4th UMS, Gonilan, Kartasura, Central Java, Indonesia
(juni.triastuti@ums.ac.id)

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

ABSTRACT: Self-directed learning readiness (SDLR) is well-known as one of internal factors as well as the amount of time spent for learning that can certainly be used as a predictor for the success of the learning process in which student learning will result in a satisfactory academic achievement. This study analyzes the relationship of SDLR to the medical student's achievement, the relationship of study time towards the student's academic performance of medical students. This study conducted in July 2016 which involved 88 respondents of third level medical students. Data were analyzed using independent t test. There is a correlation between self-directed learning readiness (SDLR) and academic achievement with t value of 0,505 and p value of 0,615 and also there is a correlation between study time and academic achievement with t value of 2,267 and p value of 0,027. In overall, there is significant relationship between self-directed learning readiness and study time on academic achievement of medical students with F : 2,930 and R: 0,254.

KEYWORDS: self-directed learning readiness, study time and academic achievement.

1 INTRODUCTION

The newest paradigm of medical education change the way teaching and learning strategy from Teacher-Centered Learning (TCL) to Student-centered learning (SCL). This paradigm is the basis for all of the Faculty of Medicine to implement SCL. In the traditionally approach to education that is known TCL, lecturer plays dominant role in determining student learning. Lecturers are also very essential in controlling the learning process of students. This will then make the students become inactive. Students tend to rely on materials given by the teachers. As a result, students become less creative in learning what they want to study in more depth.

A finding stated by [1] which mentioned that the first-year students tend to have a lot of problems in the process of adaptation of learning in PBL's learning environment which especially for students from high school who do not normally apply independent learning. Consistent understanding as presented by [2] stated that the first-year students without have the readiness for self-learning will experience anxiety, frustration, and failure to achieve the expected performance. Furthermore, in the theory of Thorndike revealed that students will face learning environment that demands students to be self-reliance and active therefore the learning process will eventually be success. Hence the readiness of students enrolled in the PBL approach is absolutely required to maximize the learning process independently. Student readiness in implementing independent learning will greatly affect the learning process of students in the tutorial in which problems in it serve to provoke creativity and curiosity of students to learn more material related.

The ratio of students accepted to applicant students is quite high which constitute 1: 4 which are expected to attend lessons using PBL systems with a high readiness. However; in reality; there are still complaints from new students who have difficulty in following the lessons and methods of PBL. In addition, tutors are also delivering complaints that some students are still somewhat awkward and less active in the tutorial. This is also evidence that the final test scores are less satisfactory. This problem is prompted by the author to see how the readiness of students in following this lesson using PBL method and

how do they motivate students to follow lessons with PBL method. Researchers assume that a good readiness of students to learn independently during the course will result in a satisfactory achievement. Similarly, the high motivation to learn will result in higher academic achievement as well.

The formulation of the problem in this research is that the relationship of self-directed learning readiness (SDLR) and study time towards students's achievement in the third level medical student. The aims of this study are investigating the relationship between SDLR and the academic achievement of students in the third level of medical students, understanding the relationship between study time and academic achievement of students in the third level. This research is expected to benefit students in developing SDL skills obtaining a better learning process and a satisfactory achievement. For the institutions, from which the research results can be obtained information about SDLR and study time picture of third level medical students and their role in supporting the achievement of students.

Reference [3] expressed the factors that influence SDL including an understanding of the subject matter in advance (prior knowledge), independent learning skills, motivation to learn independently.

Meanwhile, according to [4] revealed that in order to be able to perform self-directed learning, a student must have a competency of self-observation, self-reflection, self-judgment, making their own objective, doing reactivation of existing knowledge, managing learning autonomy (e.g.: time management), building motivation and concentration in learning autonomy to determine their own learning strategies and problem solving strategies, understanding when to seek a help from a friend or tutor. Another research supports the fact that time management for study is likely leading to disturb mental health among students [5] Several research finding also mentioned that student in higher grade having more academic stress in relating with time management [6].

Another reference [7] stated that the competence to perform the SDL in nursing students's learning need an assessment, self and peer evaluation, reflection, information management, critical thinking and critical appraisal. [8],[9] stated that the faculty and learning environment affect the self-directed learning.

Research found that SDLR having influence on academic achievement as mentioned by [10] at the University Of Engineering students which SDLR is limited that only constitute for 5%. Research conducted by [11] stated that there was a positive association between SDLR and student achievement at the University Southern part of Taiwan ($r = 0.21$, $p < 0.05$). Research conducted by [12] on students at the University Southern United States have also found a positive relationship between SDLR and learning achievement ($r = 0.51$; $R^2 = 0.55$, $p < 0.01$).

2 METHODS

This study was a cross-sectional design with the dependent variable of academic achievement using values taken before the revision. The data of independent variables of SDLR taken by distributing questionnaires. Quantitative research data used descriptive statistics and inferential statistics. Descriptive statistics used for investigating average value, standard deviation (SD), minimum and maximum values of the variables of the study. Inferential statistics of independent t test used for determining the relationship of SDLR to learning achievement, relationship of self study time to academic achievement. Relationship within the independent variables to dependent variable using linear regression [13], [14], [15].

The data of SDLR, self study time and academic achievement were taken from third level medical students of the subject of traumatology of academic year of 2016. The subjects were selected randomized of the third year students at the Faculty of Medicine, Universitas Muhammadiyah Surakarta in the academic year of 2016. All subjects who meet the inclusion criteria of the third year students must follow the subject of Traumatology, present at the time of the study and willing to be respondents. Exclusion criteria were the third-year students who were not present at the time of the study and were not collecting or filling questionnaires incomplete.

The data that collected in this study including primary data and secondary data. Primary data was taken by distributing questionnaires to students. The questionnaire used scales including self-directed learning readiness scale to express the variable of self-directed learning readiness developed by [16] and the Questionnaire Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ) developed by the National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning, University of Michigan.

Sub-scale can be taken to follow the needs of researchers [17]. This study only uses subscales 1, 3 and 5 and the translation version already have been tested for validity and reliability by [17]. Secondary data were drawn from the value of Traumatologi third level medical students of the Faculty of Medicine University of Muhammadiyah Surakarta.

Data analysis techniques used in this research is the analysis of quantitative data analysis consisted of descriptive statistics. Then, it will be followed by parametric test of Independent t test. Descriptive statistical analysis aimed to determine the average value, standard deviation (SD), minimum and maximum values of the variables of the study [15].

3 RESULTS AND DISCUSSION

Research investigates of the impact of SDLR and self study time on academic achievement by distributing questionnaires. Questionnaire on self-directed learning readiness to third year students at the Faculty of Medicine of the academic year 2016. Furthermore, the data obtained as follows:

Table 1. Distribution of SDLR scores, self study time and academic achievement (n = 88)

Variable	Mean	Median	Mode	Minimum	Maximum
SDLR	141,92	142	144	96	179
Self Study Time	2,5	2	2	0,5	8
Academic Achievement	56,9	55,93	55,86	37,71	80,95

Data that meeting the inclusion and exclusion criteria were as many as 88. The table above shows that the average student achievement of the third level student is equal to 56,9. Meanwhile, SDLR average score is obtained by 141.92. The average hours for self study time is 2,5 hours. The minimum value the achievement of students is 37,71 while the highest value academic achievement is 80,95. Minimum score of SDLR is 96 while the highest score of SDLR is 179. Meanwhile, the minimum hours of self study is 0,5 hours and the highest hours of self study reported 8 hours. Another study is also similar to this result which stated that students on average spent 1,8 hours daily for study [18], [19].

The results that have been processed with SPSS version 23.0 for Windows and the data were then analyzed using independent t test, revealed as follows:

Table 2. The differences of academic achievement on SDLR score and self study time in hours each day (n = 88)

Variable	N	Mean	t value	p value
SDLR SCORE -ACADEMIC ≥ 56	43	142,65	0,505	0,615
-ACADEMIC < 56	45	141,22		
SELF STUDY HOURS-ACADEMIC ≥ 56	43	2,91	2,267	0,027
-ACADEMIC < 56	45	2,18		
SDLR SCORE - SELF STUDY ≥ 2	68	142	0,334	0,739
- SELF STUDY < 2	20	141,05		

Based on table 2 above, it clearly can be seen that there is a difference score of SDLR based on the academic achievement. It is can be concluded that the students with high academic score have higher SDLR score. It means the higher readiness for self directed learning students tend to achieve higher academic achievement with t value of 0,505 and p value of 0,615. Furthermore, there is also a difference of self study hours based on academic achievement. This, then will lead to a conclusion that students with higher academic score tend to spent their time on self study with t value of 2,267 and p value of 0,027. Another worth mentioning would be that students study more time tend to have higher SDLR with t value of 0,334 and p value of 0,739.

This correlation indicates that the higher the level of self-learning readiness, the higher the student achievement will be. The study is in line with [11] that found a positive association between SDLR learning achievement in students in the University Southernpar of Taiwan ($r = 0.21$, $p < 0.05$). Similar research has also been done by [12] on student Univeritas the southern United States have also found a positive relationship between SDLR learning achievement ($r = 0.51$; $R^2 = 0.55$, $p < 0.01$). Another research conducted by [20] examined the role of learning achievement SDLR freshman at FK UNRI also found a positive relationship between SDLR and achievement of students in the first year. Another finding stated that the more student spent their time for study the more cognitive achievement will obtained [18], [19].

This result is also align with the research that stated the more time student spend for studying the more GPA will obtained [21], [22], [23]. Similar study also mentioned that the longer study time the better academic result will be [24].

Another study stated that self directed learning has significant relationship to academic performance [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30].

Table 1. Multilinear regression of SDLR scores and self study time to influence academic achievement (n = 88)

Variable	F calculated	F table (significance 5%)	R calculated	R table (significance 5%)
Influence of SDLR and self study time to academic achievement	2,930	3,96	0,254	0,213

From these data of table 3 above, F calculated obtained 2,930 is lower than F table 3,96 which means the factors of SDLR and self study time have linearity to academic achievement. In other word from the linearity test can be concluded that the regression is linear. This means that SDLR together with self study time having an influence on academic achievement. This finding is also supported by R calculated that account for 0,254 is higher than R table 0,213 which has a meaning of there is a positive and significant influence in the amount of 0,254 to the academic achievement.

4 CONCLUSION

Based on the result, it is found that there is a significant correlation between self-directed learning readiness (SDLR) and study time towards academic achievement.

REFERENCES

- [1] Yoshioka T, Suganuma T, pliers AC, Matsushita S, Manno S, Kozu T. Facilitation of problem finding among first-year medical school students undergoing problem-based learning. *Teach Learn Med.* (Internet), spring; 17 (2), pp.136-41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15833723>. 2005
- [2] Knowles M. Self-directed learning. *A Guide for Learners and Teachers.* Cambridge, NY: Cambridge Adult Learning Pearson Education; 1975.
- [3] Artist A, Harris E. Self-directed learning and sales force performance: an integrated framework. *J Personal Selling Sales Management*; 27 (1) :9-24. 2007
- [4] Bohne A, Faltin N, Wagner B. *Self-directed Learning and Tutorial Assistance in a Remote Laboratory*, Learning Lab Lower Saxony (L3S) in Interactive Computer Aided Learning Conference, September 25-27, Austria (2002) Available from; <<http://www-lta.disco.unimib.it/quac/docs/unifi.forms.2003.pdf>>.
- [5] Ang, R. P., & Huan, V. S. Academic expectations stress inventory:Development, factor analysis, reliability, and validity. *Educational and Psychological Measurement*, 66(3), 522–539. doi:10.1177/0013164405282461. 2006.
- [6] Le, T. T. T. Stress in learning activity and coping ways of last year students at high school In Vietnamese]. *Journal of Psychology, Vietnam*], 4(121), 22–27. Retrieved from <http://www.vjol.info/index.php/TLH/article/viewFile/5803/5505>. 2009
- [7] Patterson C, Crooks D, Lunyk-Child O. A new perspective on competencies for self-directed learning. *J Nurs Educ.*; 41 (1): 25-31, 2002.
- [8] Slevin OD, MC Lavery. Self-directed learning and student supervision. *Nurs Educ Today.*; 11 (5) :368-77, 1991.
- [9] Mifflin BM, Campbell CB, Price DA. A conceptual framework to guide the development of self-directed, Lifelong Learning in problembased medical curricula. *Med Educ*; 34 (4) :299-306, 2000.
- [10] Litzinger, TA., Wise, JC., Lee, SH. Self-directed Learning Readiness Among Undergraduate Engineering Students. *Journal of Engineering Education.* [Online] Available: http://findarticles.com/p/articles/mi_q-3886/is_200504/ai_n13636319/pg_10,2005.
- [11] Chung, Y.C. *The effect of self-directed learning readiness in the asynchronous learning distances.* Unpublished master's thesis. The National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan, 2001.
- [12] Corbel, J. R. *Online technologies self-efficacy, self-directed learning readiness, and locus of control of learners in a graduate-level web-based distance education PROGRAM.* Unpublished doctoral dissertation. The University of Houston, Houston, TX. 2003.
- [13] Sugiyono. *Statistics for Research.* Alfabeta. Bandung. Indonesia.2011
- [14] Creswell, *Research Design: Qualitative and Quantitative Approaches*, Sage Publications, London. ,1994.
- [15] Johnson & Christensen, *Educational Research: Quantitative, Qualitative and Mixed Approaches*, Sage Publications, United States of America, 2008.

- [16] Fisher M, King J., Tague, G. Developmen of a self-directed learning readiness scale for nursing education. *Nurse Education Today* [Internet], 21516-25. 2001.
- [17] Suhoyo, Y. *Efficacy Comparison between Computer-based Learning (CBL) and the Lecture as Teaching Basic Principles of Bioethics at the Faculty of Medicine of New Students*. Master of Science Thesis Medical Education Faculty of Medicine, University of Gadjah Mada. Yogyakarta, 2008.
- [18] Todd R., S., And Ralph S.,TR., *The Causal Effect Of Studying On Academic Performance*, Working Paper 13341 Available From : [Http://Www.Nber.Org/Papers/W13341](http://www.Nber.Org/Papers/W13341). National Bureau Of Economic Research 1050 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02138 August 2007.
- [19] Cullinan B.E, Independent Reading and School Achievement. *Research Journal of the American Association of School Librarian* Volume 3 ISSN: 1523-4320 New York University www.ala.org/aasl/slr, ,2007.
- [20] Zulharman, *The Role of Self Directed Learning Readiness in First Year Student Learning Achievement Faculty of Medicine, University of Riau*. Thesis, University of Gadjah Mada, 2008.
- [21] Pham T.T.B. *Study Burden, Academic Stress And Mental Health Among High School Students In Vietnam* MD, MPH,Disertasi, Quensland University of Technology,2015.
- [22] Steven McMullen. *The Impact of Homework Time on Academic Achievement* The University of North Carolina at Chapel Hill, , 2007.
- [23] Bosu R.S., Students' Time Allocation to School Activities and its Effect on Academic Performance in Senior High Schools.*The International Journal Of Humanities & Social Studies* (ISSN 2321 - 9203) Vol 3 Issue 7.www.theijhss.com, 2015.
- [24] Bodkyn C., and Stevens F., Self-directed learning, intrinsic motivation and student performance.*Caribbean Teaching Scholar* Vol. 5, No. 2, , 79–93 November 2015.
- [25] Dina N., and Haron S., Information Retrieval, Self Directed Learning And Academic Performance Among Facebook Users. *Journal Of Asian Behavioural Studies*, Volume 3, Number 11, July/August 2013.
- [26] Hendricks E., Carson, *Self-Directed Learning And Academic Achievement In Secondary Online Students*. Dissertation. The University Of Tennessee At Chattanooga. Tennessee, 2012.
- [27] Cazana, Andreea B., *Self-directed learning, personality traits and academic achievement*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 127 (2014) 640 – 644. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.327. Available online at www.sciencedirect.com., 2014.
- [28] Chou, P.,. Effect of Students' Self-Directed Learning Abilities on Online Learning Outcomes:Two Exploratory Experiments in Electronic Engineering. *International Journal of Humanities and Social Science* Vol. 2 No. 6 [Special Issue – March 2012]
- [29] Hsu Y.C., Shive M., The Effect Of Self Directed Learning Readiness On Achievement Comparing Face To Face And Two Way Distance Learning Instruction. *Int'l J Of Instructional Media* Vol.32(2), 2005.
- [30] Kan'an, A., & Osman K. The Relationship between Self-Directed Learning Skills and Science Achievement among Qatari Students. *Creative Education*, 6, 790-797. <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2015.68082>. 2015.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ACTIVITE PASTORALE EN ZONE DE MONTAGNE: CAS DE LA COMMUNE DE TANGUIETA EN REPUBLIQUE DU BENIN

[CLIMATE CHANGE AND PASTORAL ACTIVITY IN MOUNTAIN AREA: CASE OF THE DISTRICT OF TANGUIETA, REPUBLIC OF BENIN]

Abdoul-Ramane ABDOULAYE

Département de Géographie et Aménagement du Territoire,
Université de Parakou, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines,
Parakou, Benin

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

ABSTRACT: In the district of Tanguieta, the rise of temperature, the change in rain occurrence and extreme meteorological scales, have an impact on the different components of the pastoral system. Mountains confer each area, each valley a particular identity, giving the biodiversity additional dimensions. The present research work contributes to a better apprehension of the impact of the climate variability on the pastoral activity in the district of Tanguieta. The methodology used here goes through two steps: in the one hand, it is concerned with the literature related to the climate change issue, and its impacts on the pastoral activity in mountain area; in the other hand, it deals with investigations carried out with people working in the area about the impacts of the climate change on that pastoral activity, together with the spontaneous adaptations made by the breeders. This methodology has been completed by the PEIR analysis. Analysis of the climate parameters shows the global lowering tendency of rains with a series of exceeding or watery years (1950-1969) and a series of shortfall or dry years (1970-2010). Then, a global tendency of increased temperature and a growing wind speed is recorded. Finally, the early drying up of water and the lack of natural fodder have provoked some disease vectors in animals, and pastoring problems to the breeders.

KEYWORDS: Biodiversity, Tanguiéta, climate parameters, impacts, pastoral activity, drying up.

RESUME: Dans la commune de Tanguiéta, la hausse des températures, le changement des régimes de pluie et les épisodes météorologiques extrêmes influent sur les différentes composantes du système pastoral. Les montagnes confèrent à chaque lieu, chaque vallée, une identité particulière, et donc donnent à la biodiversité des dimensions supplémentaires. Cette étude contribue à une meilleure connaissance de l'impact des variabilités climatiques sur l'activité pastorale dans la commune de Tanguiéta. La démarche méthodologique repose sur les deux étapes suivantes : d'une part, celle de la littérature traitant de la question du changement climatique et de ses incidences en zone de montagne sur l'activité pastorale; d'autre part, celle d'enquêtes conduites auprès d'acteurs locaux portant sur les impacts du changement climatique sur ladite activité et les adaptations spontanées mises en œuvre par les éleveurs. Cette démarche a été complétée par l'analyse PEIR. L'analyse des paramètres climatiques révèle, la tendance générale des hauteurs de pluies à la baisse avec une série des années excédentaires ou humides (1950-1969) et une série des années déficitaires ou sèches (1970-2010). On note ensuite, une tendance générale de la température à la hausse et une augmentation de la vitesse du vent. Et enfin le tarissement précoce des cours d'eau et le manque du fourrage naturel ont engendré certains vecteurs de maladies chez les animaux et des difficultés de pâturage chez les éleveurs.

MOTS-CLEFS: Biodiversité, Tanguiéta, paramètres climatiques, impacts, activité pastorale, tarissement.

1 PROBLEMATIQUE

La question du changement et de variation climatiques préoccupe depuis quelques temps les scientifiques en raison de leurs conséquences immédiates et durables sur l'environnement biophysique et économique [1]. Les changements climatiques menacent la résilience des écosystèmes végétaux dont dépend le bétail qui est la source de revenu dominantes pour soutenir les moyens de subsistance [2]. L'Afrique subsaharienne est particulièrement vulnérable au changement climatique car elle souffre déjà d'une température élevée, de précipitations moins prévisibles et de pression écologique considérablement plus forte que d'autres continents [3]. L'étude des rythmes climatiques sur le développement a montré que les fluctuations climatiques entraînent une modification des systèmes culturels et ébranlent les écosystèmes économiques et tout le tissu social [4]. La péjoration pluviométrique a provoqué des crises sociales et économiques conjoncturelles [5]. Le Bénin dispose d'un vaste étendu de pâturage estimé à environ 7 à 8 millions d'hectares [6] essentiellement localisés dans le septentrion et au centre. La partie Nord-Ouest du pays constitue une zone transfrontalière entre les transhumants du Burkina-Faso et du Bénin. La tendance pluviométrique dans les départements Mono-Couffo connaît une baisse et ceci influence non seulement l'activité agricole mais aussi sur les autres activités socio-économiques dont l'activité pastorale qui a besoin des ressources en fourrage et en eau [7]. Le constat général fait est qu'il y a une diminution de la hauteur annuelle des pluies, le démarrage tardif et la fin précoce de la saison pluvieuse. Ce sont là les traits caractéristiques de la modification du système climatique. Les éleveurs de bétail sont menacés par l'augmentation des sécheresses la baisse des précipitations et la hausse de températures [8], [9], [10]. Ces indicateurs indiquent les conséquences des rythmes climatiques sur l'élevage du bétail entraînant la mort des animaux, compromettant leur état de santé, affectant l'accès au marché à bétail et réduisant les ressources disponibles en fourrage et en eau. La taille des troupeaux ne justifie donc plus le recours à des transhumances longues et lointaines, durant la saison sèche ; non seulement le bétail a des difficultés de trouver de l'eau pour se désaltérer car tous les cours d'eau à l'exception des grands fleuves tarissent précocement, mais aussi le fourrage disparaît. Ceci est donc lié à la variabilité du rythme climatique qui se caractérise par la baisse de la pluviométrie et /ou à la mauvaise répartition des précipitations. La variabilité des conditions climatiques a rendu plus difficile la gestion des ressources en eau à l'intérieur du pays.

De nombreux travaux ont porté sur la vulnérabilité et adaptation de l'élevage de bétail aux changements climatiques. [11], dans la commune de Matéri, a fait l'état des menaces que subit le bétail aux changements climatiques à Matéri qui est d'ailleurs une commune frontalière à la commune de Tanguiéta. Ceci confirme la quintessence et la pertinence de la question de l'influence du rythme climatique sur l'activité pastorale dans la commune de Tanguiéta.

A cet effet, il convient d'étudier sur la base des séries d'observations et des données statistiques l'implication du climat sur l'activité Pastorale qui est la deuxième activité économique dans la commune Tanguiéta après l'agriculture. L'analyse de l'évolution des paramètres climatiques en relation avec l'activité pastorale dans le Nord-Ouest du Bénin (Tanguiéta) est d'un intérêt capital pour une région où la production animale ainsi que les ressources hydriques constituent les enjeux économiques majeurs des populations locales et par voie de conséquences, de la lutte contre la pauvreté.

L'objectif de la présente étude est de Contribuer à une meilleure connaissance de l'impact des variabilités climatiques sur l'activité pastorale dans la commune de Tanguiéta. De façon spécifique il s'agit :

- d'analyser l'évolution des paramètres climatiques dans la commune de Tanguiéta;
- de caractériser les systèmes pastoraux dans la commune de Tanguiéta;
- d'analyser l'influence du rythme climatique sur l'activité pastorale dans la commune de Tanguiéta ;

2 DEMARCHE METHODOLOGIQUE

2.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE DU MILIEU D'ÉTUDE

Située dans la partie septentrionale à l'extrême Ouest du Bénin, entre 1°50'58" et 1°55'19 longitude Est et 10°24'43" et 10°27'57" de latitude Nord (figure 1). La commune de Tanguiéta couvre une superficie de 5.456 km² soit 4,71% du territoire national. Subdivisé en cinq arrondissements, elle est traversée par la route Inter-états Bénin - Burkina Faso. La commune de Tanguiéta est entourée des montagnes de la Chaîne de l'Atacora et limitée au Nord par le Parc de la Pendjari, au Sud par les communes de Toucountouna et de Boukombé, à l'Ouest par les Communes de Matéri et de Coby, à l'Est par les communes de Toucountouna, de Kérou et de Kouandé.

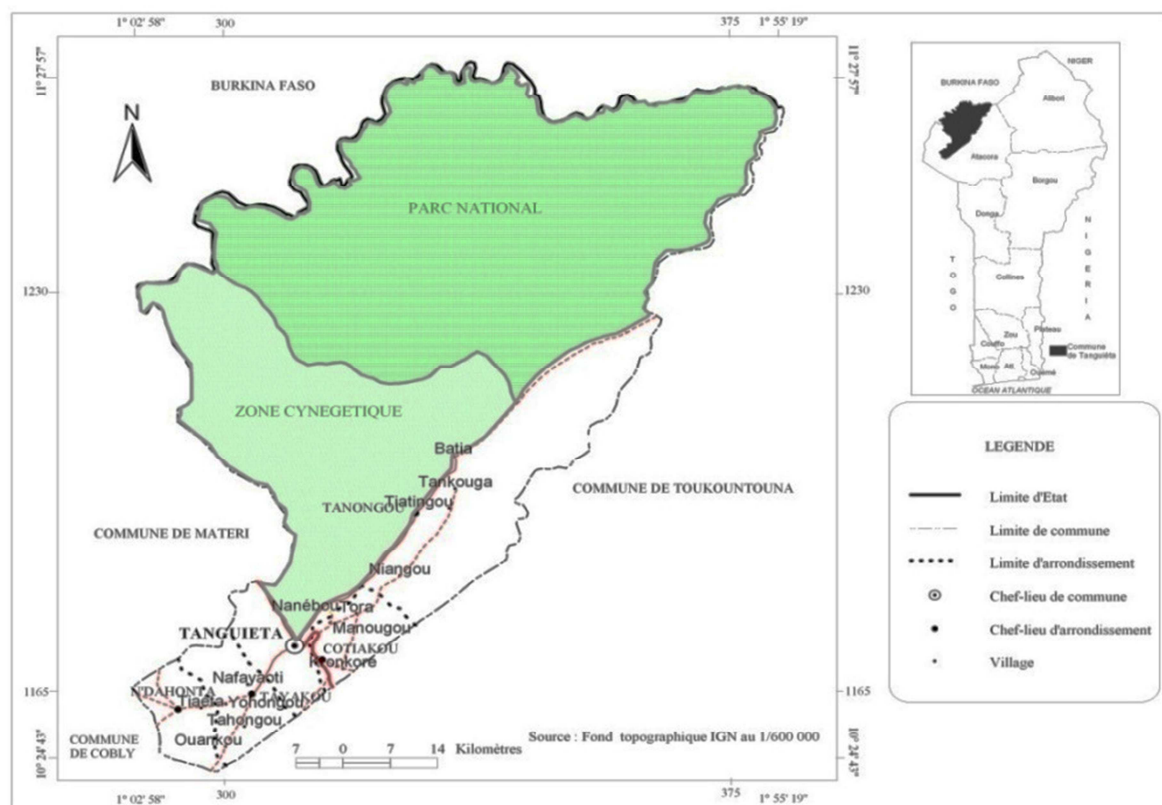


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Tanguiéta

Le climat de la commune de Tanguiéta est de type soudano-sahélien avec une saison pluvieuse qui va de mai à novembre et une saison sèche qui s'étend de novembre à mai. Pendant la saison sèche on observe l'harmattan de novembre à février suivie d'une grande chaleur jusqu'en mai. La température varie tout le long de l'année entre 18,9 °C et 37,6 °C. La plus forte amplitude thermique est observée pendant l'harmattan entre les nuits et les jours. Les précipitations sont abondantes dans les mois d'Août et de Septembre. La pluviométrie annuelle oscille entre 827 mm et 1898 mm sur la période 1950-2010 et la moyenne des précipitations sur la même période est de 1269,73 mm Ce climat est favorable à l'activité pastorale.

La végétation de la commune de Tanguiéta comprend des savanes arborées et arbustives. L'exploitation agricole et les feux de brousse ont mis à nues plus de 50 % des terres. Seule la zone allant de l'arrondissement de Cotiakou à Tanongou abrite encore des forêts galeries et le parc national de la Pendjari. La végétation dense jadis a cédé la place à une savane arbustive, herbacée et clairsemée sous l'influence de l'agriculture et de l'installation des habitations. Les grandes essences forestières qu'on y rencontre sont surtout le manguier, le fromager, le néré, le karité, le baobab et le rônier [12]. La présence des essences forestière et l'herbacée est un atout pour l'activité pastorale.

Le relief accidenté de Tanguiéta est favorable à un réseau hydrographique dense organisé autour de la Pendjari, principal cours d'eau de la commune (figure 2). La Pendjari fait une boucle depuis l'Est de la commune pour aboutir à la commune de Materi à l'Ouest après avoir traversé le parc dans le nord. Les autres rivières de la commune sont des affluents de la Pendjari. On peut citer: Magou, Tchoutchoubou, Tanongou, etc. Les chutes de Tanguiéta et de Tanongou sont des points d'eau remarquables de la commune. Ces cours d'eau constituent un atout pour le pastoralisme.

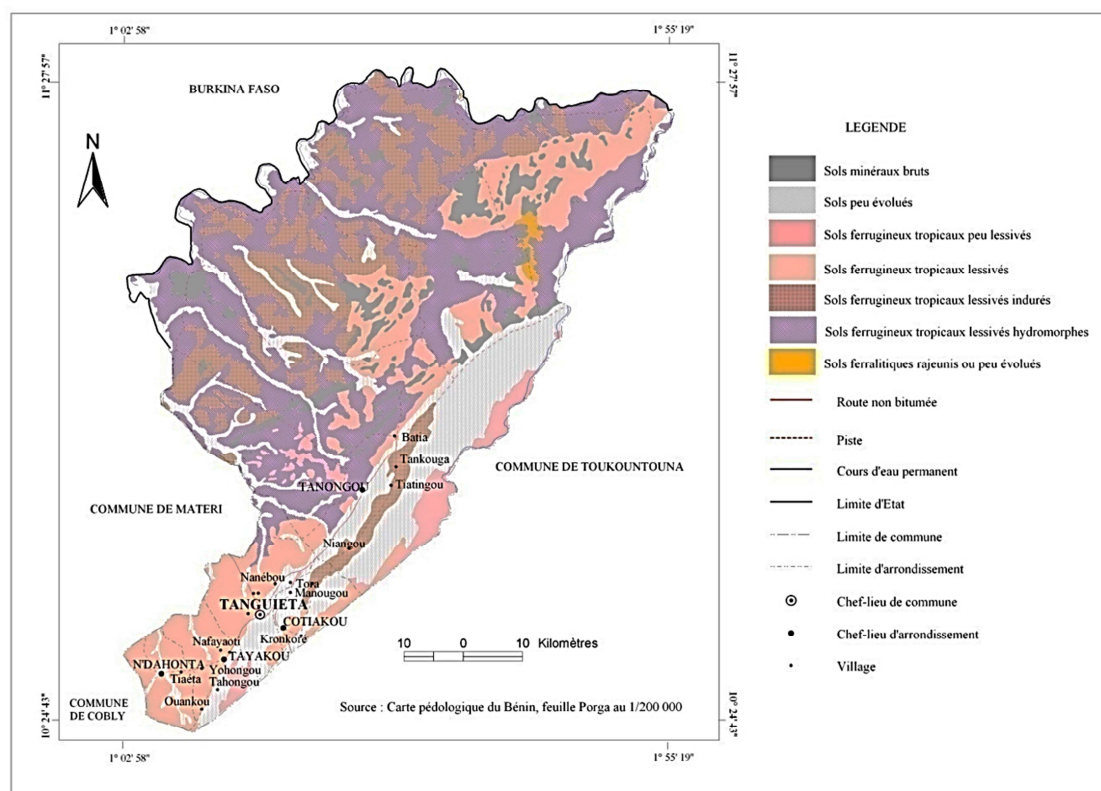


Figure 3 : Carte pédologique de la commune de Tanguiéta

A l'instar des autres communes du pays, la commune de Tanguiéta a une population caractérisée par une forte proportion de jeunes. Cette population est beaucoup plus rurale (63% de l'effectif total de la population suivant le [13] qu'urbaine. C'est une population en forte croissance car elle a évolué de la manière suivante : 40 430 habitants en 1992 ; 54.719 habitants en 2002, et 73 731 habitants en 2013 (RGPH4). Il y existe une diversité de groupes socioculturels qui cohabitent et œuvrent pour le développement de la commune. Une forte disponibilité des groupes et des individus œuvre pour une cohésion culturelle. Il est dénombré quinze groupes socioculturels ou ethnies dans la Commune de Tanguiéta. Il s'agit des Natimba, Waaba, Yorouba, Zerma, Haousatché, Peulhs, Dendis, Batombou, Fon, Bèbèlibè, Betammaribè, Gourmatchéba, Kountimba et Mossis. Seuls les (Dendi, Batombou, Fon et Zerma) ne pratiquent pas du tout l'élevage.

2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

Dans le souci d'atteindre les objectifs fixés, une démarche méthodologique à plusieurs étapes a été adoptée.

2.2.1 MATÉRIELS

Ils sont constitués des questionnaires, des fiches de collecte, un carnet pour les prises de note, d'un guide d'entretien, d'une grille d'observation, d'un GPS et d'un appareil photo pour la prise de vues. Le résumé des données, périodes et source se trouve dans le tableau 1.

Tableau 1 : Nature et source des données

N°	DONNEES	PERIODE	SOURCE
01	Pluviométrie	1950-2010	Station synoptique de Natitingou
02	Température	1970-2010	Base de données ASECNA Cotonou
03	Vent	1950-2010	Base de données ASECNA Cotonou
04	Qualitatives (connaissance du rythme climatique)	2002-2012	Enquêtes du terrain
05	Caractéristiques des systèmes pastoraux	2002-2012	Direction départementale de l'élevage Atacora/Donga
06	Influence de l'activité pastorale sur le rythme climatique	2002-2012	Direction départementale de l'élevage Atacora/Donga

2.2.2 MÉTHODES

2.2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Cette partie est consacrée à la recherche des travaux antérieurs relatifs à la question du climat et des activités économiques et aux enquêtes de terrain.

TECHNIQUES DE COLLECTE DES DONNÉES

Dans le souci de recueillir le maximum de données fiables, les techniques suivantes ont été utilisées :

- l'observation directe et les entretiens structurés, qui ont permis de discuter avec les personnes ressources surtout avec les responsables de l'élevage dans la commune de Tanguiéta ;
- la méthode du choix raisonné a permis d'identifier les ménages des pasteurs et des personnes pouvant fournir des informations fiables relatives à la présente recherche ;
- la technique d'immersion est utilisée pour prendre contact avec les autorités locales qui facilitent les contacts avec les populations et l'établissement d'une certaine familiarité et la confiance avec les enquêtés, l'ambiance nécessaire pour l'obtention des informations fiables ;
- la Méthodes Active de Recherche Participative (MARPP) a été utilisée pour collecter les informations dans le respect du savoir de la communauté et enfin ;
- les focus groupes ont permis de vivre des débats parfois contradictoires.

Pour mener à bien l'enquête, la détermination d'un échantillon s'avère indispensable. Le groupe cible est constitué de ménages éleveurs, des élus locaux, des vétérinaires et des personnes ressources provenant des milieux associatifs comme les ONG. La technique du choix raisonné a été utilisée pour l'identification des personnes ressources enquêtés répondant aux critères suivants:

- avoir une certaine expérience dans le domaine d'élevage
- être chef de ménage et avoir été bouvier, un éleveur de bétail ;
- avoir vécu régulièrement dans la localité au cours des trente dernières années ;
- être pasteur transhumant ayant traversé la commune les dix dernières.

L'échantillon est défini dans les cinq (5) arrondissements de la commune de Tanguiéta. L'unité de sondage est le troupeau qui est représenté par le chef de ménage et /ou son pasteur. La taille de l'échantillon est déterminée par la formule de [14] :

$x = Z_{\alpha}^2 \times \frac{P}{f^2}$; x est la taille de l'échantillon; $Z_{\alpha} = 1,96$ écart réduit correspondant à un risque α de 5 % ; $P = \frac{n}{N}$ avec P = proportion des ménages éleveurs de bétail des cinq arrondissements (n) par rapport au nombre de ménages dans la commune (N). Le tableau 2 présente la répartition (effectifs et pourcentage) de l'échantillon par arrondissement.

Tableau 2 : Caractéristiques de l'échantillon utilisé (105 enquêtés)

Arrondissements	Eleveurs	Personnes ressources	Vétérinaires	pourcentage de l'échantillon (%)
Cotiakou	16	02	00	17
N'dahonta	20	03	00	22
Taïacou	15	02	00	16
Tanongou	20	05	01	24
Tanguiéta	15	05	03	21
Total	86	17	04	100

Source : enquête de terrain, septembre 2013

2.2.2.2 TRAITEMENT DES DONNÉES

Il consiste au recoupement et au groupage des informations obtenues de la documentation. Les données obtenues sont ici dépouillées et codifiées et ensuite traitées à l'ordinateur grâce aux logiciels de traitement des données : Microsoft Excel est utilisé pour la réalisation des figures ; pour apprécier l'évolution des paramètres climatiques et l'influence de celle-ci sur l'activité pastorale. Le logiciel Word a été utile pour la saisie.

MÉTHODES D'ANALYSE

Elles permettent d'analyser la tendance pluviométrique et d'en déduire les conséquences sur l'activité pastorale. Le calcul de certains paramètres pluviométriques s'avère indispensable pour déterminer la dynamique pluviométrique. Il s'agit ici des précipitations, les températures et le vent.

Moyenne arithmétique

Elle est utilisée pour calculer les moyennes des températures, la hauteur des pluies par la formule suivante : $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ avec X_i la hauteur des pluies de l'année i , n le nombre d'année sur le nombre d'année considérée (1950-2010) pour les données pluviométriques et du vent, et (1970-2010) pour les températures.

Ecart-type

Ce paramètre mesure la dispersion par rapport à la valeur moyenne. Il permet donc de connaître le degré de la variabilité. Le calcul de l'écart type a permis de standardiser les données et de les transformer en anomalie centrées et réduites.

Il se définit par: $\sigma(x) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ est la valeur maximale des précipitations ; $\bar{x}$ est la moyenne de la série pluviométrique considérée (1950-2010) ; $\sigma(x)$ est l'écart type de la série.

Valeurs centrées réduites

Les indices pluviométriques permettent de distinguer sur un graphe les années excédentaires et les années déficitaires. Les tendances pluviométriques et thermiques interannuelles sont déterminées en utilisant la formule

$$\lambda = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad x_i \text{ est la valeur annuelle des précipitations}$$

$\bar{x}$ est la moyenne de la série pluviométrique considérée (1950-2010), $\sigma(x)$ est l'écart type de la série, λ est la valeur centrée réduite.

Les tendances ont été mises en évidence par une droite de régression de type : $y = ax + b$; elle est obtenue par le calcul de la pente α qui est un coefficient directeur.

ANALYSE DES PARAMÈTRES CLIMATIQUES

Le rythme pluviométrique annuel a été analysé à partir de la distribution des années humides et des années sèches. Dans cette étude, une année humide ou une année sèche a été déterminée par rapport à l'indice de Lamb (1999), l'écart à la moyenne normalisé par l'écart type qui s'exprime par : $I(i) = (P(i) - P) / \sigma$ où $P(i)$ représente le cumul moyen annuel obtenu par poste ou station pour l'année i ; P et σ représentent respectivement, la moyenne et l'écart-type de la série considérée. Ainsi, une année est considérée comme stable si son indice est compris entre - 0,1 et + 0,1. Elle est dite humide si son indice

est supérieur à 0,1 et sèche en deçà de - 0,1. Les tendances sont mises en évidence par une droite de régression de type : $y = ax + b$; elle a été obtenue par le calcul de la pente a , qui est le coefficient directeur.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Les résultats de cette étude ont été analysés à l'aide du modèle Pression-Etat-Impact-Réponses (PEIR). La figure 4 présente le modèle d'analyse et d'interprétation des résultats PEIR.

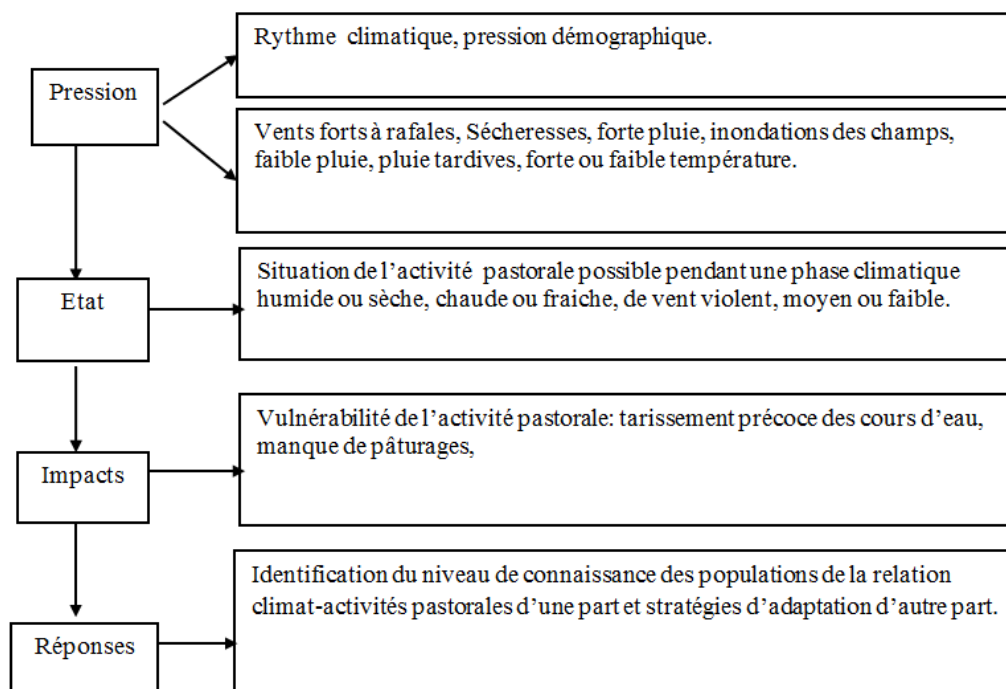


Figure 4 : Modèle d'analyse et d'interprétation des résultats

3 RESULTATS

Les résultats se présentent en trois rubriques à savoir : l'évolution des paramètres climatiques (les traitements statistiques de quelques paramètres climatiques : pluies, températures et vent) ; l'analyse des différents systèmes pastoraux et enfin l'influence du rythme climatique sur l'activité pastorale dans la commune de Tanguiéta.

3.1 ANALYSE DES PARAMETRES CLIMATIQUES DANS LA COMMUNE DE TANGUIETA

3.1.1 VARIABILITE PLUVIOMETRIQUE DANS LA COMMUNE DE TANGUIETA

La commune de Tanguiéta jouit d'un climat soudano-guinéen de type atacorien ayant un régime unimodal. Il est caractérisé par deux saisons à savoir une saison pluvieuse et une saison sèche. La figure 5 présente le régime pluviométrique moyen sur la période 1950-2010.

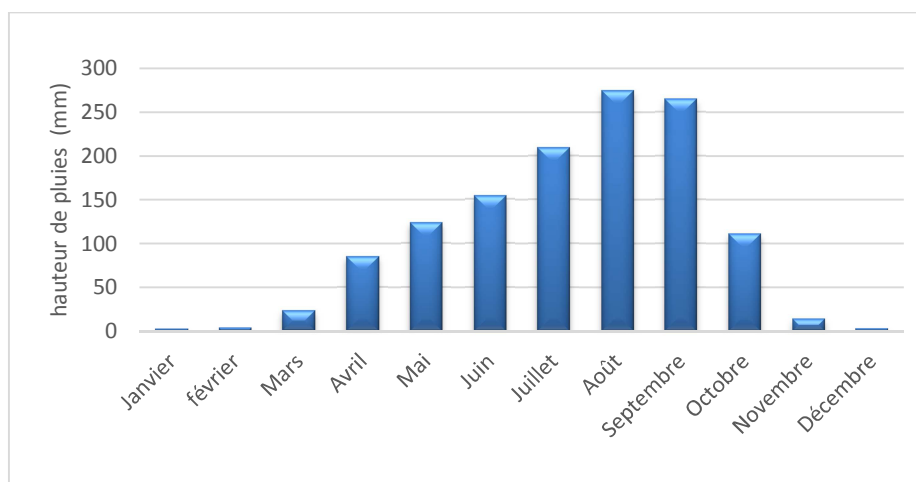


Figure 5 : Régime pluviométrique de la station de Tanguiéta (1950-2010)

Source : ASECNA Cotonou, (2013)

De l'analyse de la figure 5, il ressort que les mois les plus humides à la station de la commune de Tanguiéta sont les mois d'Août et de Septembre

ANOMALIES PLUVIOMÉTRIQUES

Le climat dans la commune de Tanguiéta est marqué par une forte variabilité interannuelle des pluies qui se traduit par une succession d'années excédentaires et d'années déficitaires et est suivie d'un retour à des pluviométries proches de celles des années 1950 et 1960, à partir des années 2000. La figure 6 présente des anomalies standardisées et la moyenne mobile sur 5 ans de la pluviométrie dans la commune de Tanguiéta de la période 1950 à 2010.

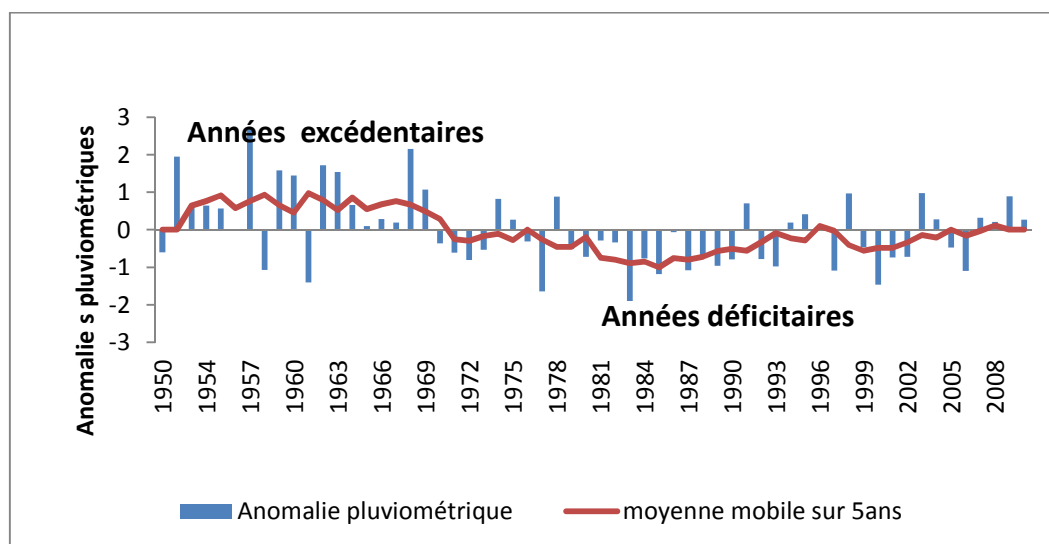


Figure 6 : Anomalies pluviométrique Tanguiéta (1950 – 2010)

Source : Données statistiques d'ASECNA, 2013

L'analyse de la figure 6 permet d'identifier deux types d'années: les années humides et les années sèches. Les années humides sont celles au-dessus de la moyenne (0 mm) et les années sèches sont en dessous de cette moyenne (0 mm). La courbe des anomalies pluviométriques de la période 1950-2010 montre l'alternance des années excédentaires et des années déficitaires. La séquence des années sèches ou déficitaires pour l'ensemble retenues pour cette étude, est relativement plus longue que la séquence humide.

3.1.2 RYTHME THERMOMÉTRIQUE DE TANGUIÉTA (1970-2010)

Les températures moyennes mensuelles et annuelles calculées à partir des données de températures sur la période 1970-2010 ont permis de déterminer le rythme de l'évolution de la température moyenne dans la commune de Tanguiéta. La figure 7 montre le régime thermométrique de la station de Tanguiéta.

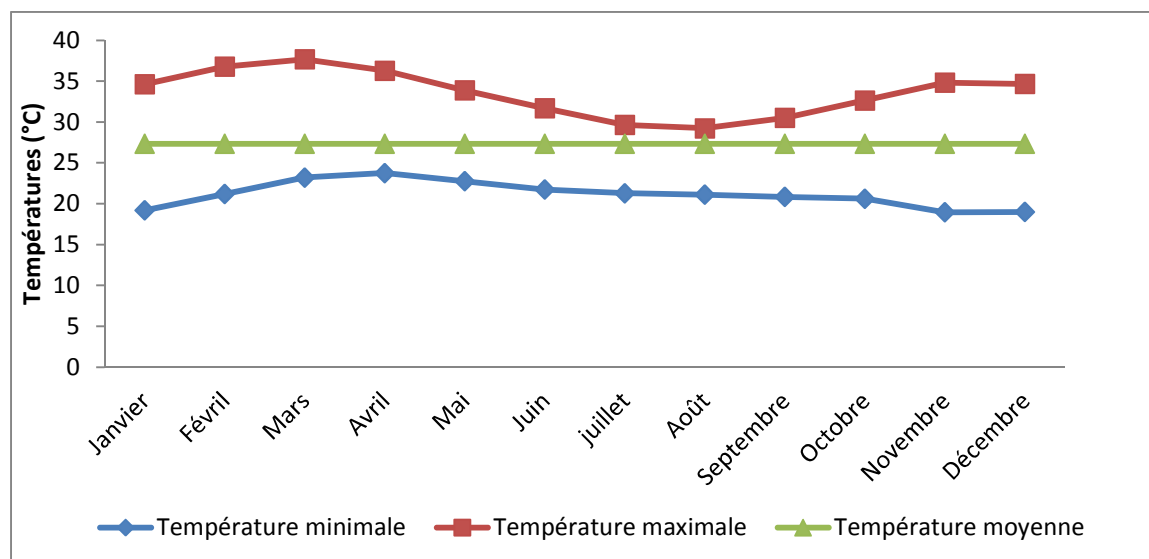


Figure 7 : Régime thermométrique de Tanguiéta (1970-2010)

Source : Données statistiques d'ASECNA, 2013

L'analyse de la figure 7 montre l'évolution du rythme mensuel des températures maximales, moyennes et minimales au cours de la période 1970-2010 sous trois phases d'une part, la période la plus chaude qui est entre janvier et mai.

3.1.2.1 RYTHMES INTERANNUELLES DES TEMPÉRATURES A LA STATION DE TANGUIÉTA (1970-2010)

La figure 8 montre la tendance des températures à la station de Tanguiéta.

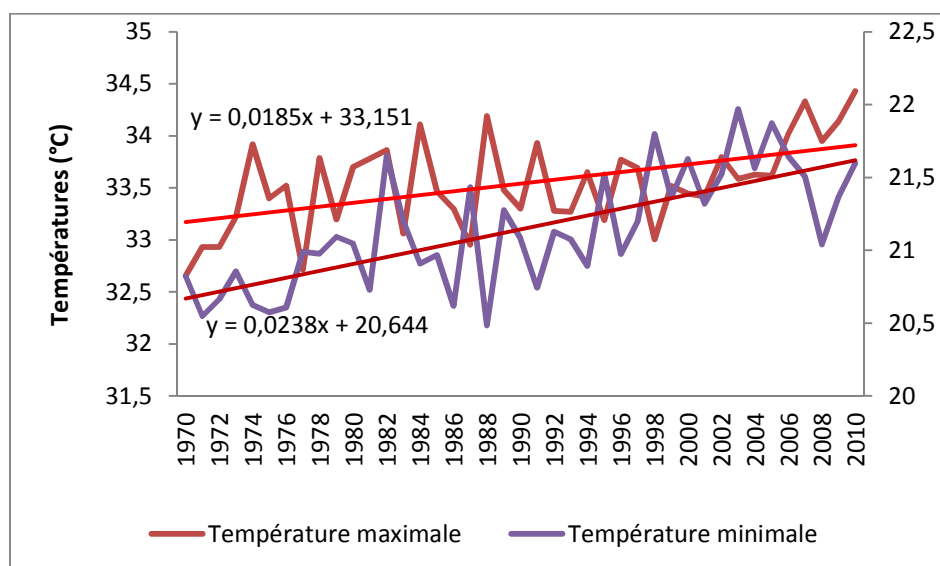


Figure 8 : Tendance des températures (1970-2010) à Tanguiéta

Source : Données statistiques d'ASECNA, 2013

La figure 8 montre respectivement l'évolution des températures maximales et minimales à la station de Tanguiéta. Les températures maximales sont caractérisées par une tendance générale à la hausse. La courbe de tendance d'équation $Y = 0,018 + 33,15$ montre une légère évolution des températures maximales. Les températures maximales ont évolué de 32,6 à 34,4 °C soit une hausse de 1,8 °C entre 1970 et 2010.

3.1.3 RYTHME DU VENT A LA STATION DE TANGUIETA (1950-2010)

Le vent est un paramètre climatique très important autant que les paramètres précédents. Le déficit ou l'excès de la vitesse du vent a de répercussions sur les activités économiques en générale et sur l'activité pastorale en particulier. La figure 9 présente le régime intermensuel des vents à la station de Tanguiéta sur la période de 1950 à 2010.

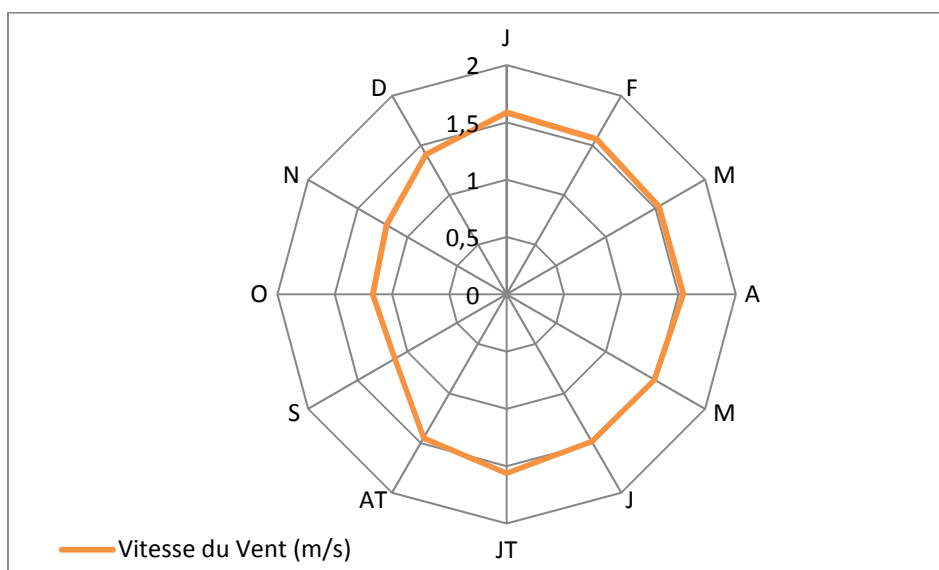


Figure 9: Régime intermensuel des vents à la station de Tanguiéta

Source : ASEENA, 2013

De l'analyse de cette figure il ressort que la plus grande vitesse est enregistrée dans le mois de Janvier avec 1,6 m/s et la plus faible vitesse est enregistrée en Septembre avec une moyenne de 1,1 m/s. la vitesse des vents n'est donc pas uniforme. Tout comme les précédents paramètres climatiques le vent a connu une variation intermensuelle par sa vitesse sur la période 1950-2010.

La vitesse du vent a évolué depuis 1950 à nos jours. La figure 10 illustre le rythme interannuel de la vitesse des vents à la station de Tanguiéta.

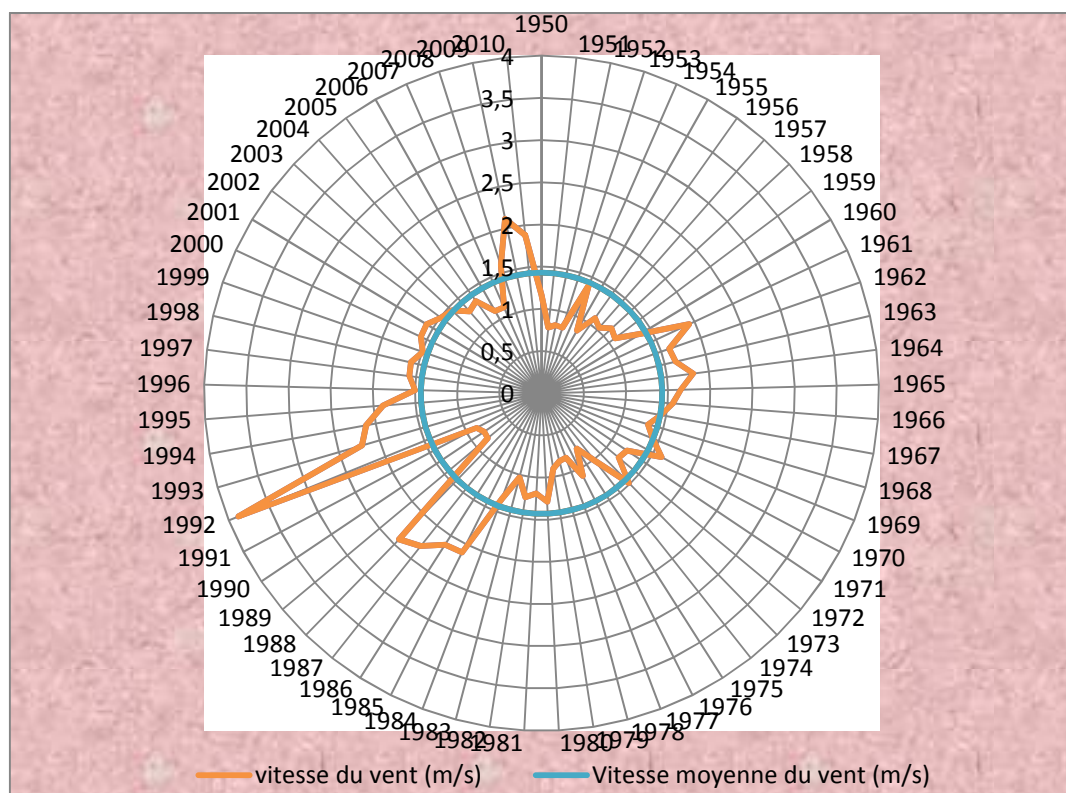


Figure 10 : Rythme interannuel de la vitesse des vents à la station de Tanguiéta (1950-2010)

Source : Données statistiques d'ASECNA, (2013).

Il ressort de l'analyse de cette figure que la vitesse de vents connaît une évolution tendancielle à la hausse. La moyenne est de 1,4m/s. la courbe de la tendance linéaire permet de diviser la séquence (1950-2010) en deux périodes à savoir la période déficitaire (en dessous de la moyenne) 1950 à 1979 et la période excédentaire (au-dessus de la moyenne) 1980 à 2010.

3.2 ANALYSE DES SYSTEMES PASTORAUX DANS LA COMMUNE DE TANGUIETA

Cette partie aborde les systèmes pastoraux de la commune de Tanguiéta selon le rythme du climat, l'importance de l'élevage, la taille du cheptel.

3.2.1 TYPOLOGIE DES SYSTÈMES PASTORAUX

Quatre systèmes d'élevage ont été identifiés. Le tableau 3 présente les différents types de systèmes pastoraux dans la commune de Tanguiéta.

Tableau 3 : Caractéristiques des différents systèmes d'élevage.

Systèmes	Conduite de l'alimentation	Race et taille du troupeau	Résidence	Pratiques agricoles (%)
Intégré	Stockage des résidus de récolte Pas de complémentation minérale Pas de mobilités annuelles (les animaux restent toute l'année dans le terroir villageois)	Coexistence de plusieurs races Effectifs : 4-30	Village (Samongou, Tora, Mamoussa, Tiélé, Yarika, Biacou et Nanfayoti)	100
Agropastoral	Stockage des résidus de récolte Complémentation minérale Mobilités annuelles (30-100 km)	Race : Bororodji et somba Effectifs : 30-50	Campement fixe (Nanimbou,)	
Pastoral à point fixe	Complémentation minérale Mobilités annuelles (50-100 km)	Race : Bororodji Effectifs : 50-100	Campement fixe et mobile	33
Pastoral nomade	Complémentation minérale Mobilités annuelles (50-200 km)	Race : Bororodji Effectifs : 50-150	Mobile	0

Source adapté de [15]

Le système d'élevage intégré constitue l'exemple-type de l'intégration de l'agriculture et de l'élevage : les animaux valorisent les résidus de culture tout en fertilisant les champs, soit directement avec leurs déjections, soit par épandage de poudrette de parc, mélange de terre et de bouse séchée ramassé dans les lieux de parage nocturne des animaux ; l'agropastoralisme et le pastoralisme à point fixe se caractérisent par la combinaison de deux types d'habitat, l'un fixe et l'autre mobile. Le premier associe d'une manière structurelle les activités agricoles et pastorales alors que, dans le second cas, la fixité ne renvoie pas nécessairement aux activités agricoles. Dans ce système, les troupeaux passent la majeure partie de l'année à l'extérieur du campement fixe, avec une présence dans le campement fixe de quelques semaines à deux mois. Cette délocalisation des troupeaux n'incite pas les éleveurs à s'adonner aux activités agricoles car les espaces autour des cases ne sont pas fumés, ce qui montre qu'en milieu pastoral les activités agricoles sont avant tout une stratégie de valorisation de la fumure animale. Enfin, le pastoralisme nomade utilise exclusivement l'habitat mobile avec des tentes.

3.2.1.1 SYSTÈMES AGRO-PASTORAUX ET INTÉGRÉ

Les contraintes climatiques obligeant de nombreux pasteurs à se sédentariser et associant désormais l'agriculture à l'élevage. Plus de 60 % du cheptel de la commune de Tanguiéta est régi par ces systèmes qui exploitent les résidus agricoles en complément des pâturages naturels d'après les résultats de l'enquête auprès des éleveurs. Le pastoral à point fixe et le pastoral nomade font 40 % du cheptel de la commune. Il est à noter que l'élevage fournit du fumier, de l'énergie, ainsi qu'une réserve de capital. Les acteurs ne mènent aucune activité spécifique d'élevage. Ils élèvent parfois 5 à 10 bœufs en moyenne pour la culture attelée et des petits ruminants. Mais avec la sédentarisation progressive des transhumants dans la commune de Tanguiéta (Tanguiéta, Nanimbou, Pèssègou, Taïacou, Cotiakou Sampayoti Samongou et de N'dahonta) la situation semblent avoir beaucoup évolué ces dernières années. Par effet de contact, de nombreux agriculteurs capitalisent dans le gros bétail (bovin) et se retrouvent avec des effectifs de l'ordre de 10 à 30 têtes pour la majorité des exploitants.

3.2.1.2 SYSTÈME PASTORAL

Ce système est caractérisé par la mobilité annuelle (50-100 km) avec un nombre de bovin plus important allant de 50 à 100 têtes. Il est caractéristique des régions à vocation agricole car un agriculteur et un pasteur ne peuvent cohabiter dans la paix affirme un éleveur transhumant à Taïacou. C'est un élevage transhumant qui est le déplacement alternatif et saisonnier des animaux. La variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie et la pression démographique avec l'augmentation des superficies agricoles dans ces milieux rend aléatoire la disponibilité des ressources alimentaires pour les animaux. Ainsi, la mobilité des animaux et leurs éleveurs est motivée par la recherche de pâturages, de points d'eau, mais également par la fuite des conflits qui conduisent au commerce d'animaux. La distance et l'amplitude des déplacements sont très variables et peuvent se dérouler dans la même commune ou entre communes limitrophes (Matéri, Cobly, Porga, Toucountouna, Boukombé...).

3.2.2 CARACTÉRISTIQUE DE L'ÉLEVAGE

Le cheptel de la commune de Tanguiéta comprend diverses espèces animales domestiques (bovins, ovins, caprins, porcins, volaille...). Les Peuls dans la commune de Tanguiéta sont pour les 90 % gardiens de troupeaux. Dans la commune de Tanguiéta, la race *geteedi* ou race du Borgou ainsi que la race *donkaaji* ou *sombaaji*, connue sous le nom de race Somba sont les deux races de bovins dominantes. Le croisement de ces deux races existe; en certains endroits comme à Biacou, Pèssègou et Tanguiéta, on observe une influence du zébu plus ou moins prononcée. Les *geteedi* apparaissent dans la littérature comme souche métisse de la race N'dama, tandis que les *sombaaji*, de taille inférieure, entrent dans la catégorie du bétail à cornes courtes d'Afrique occidentale. Ces races sont considérées par les Peulhs comme particulièrement résistante aux maladies et bien adaptées à son environnement. De manière générale, d'autres races sont connues et occupent donc une place tout à fait négligeable comme la race bororo.

3.2.2.1 BŒUFS DE RACE SOMBA

La race Somba n'a rien à avoir avec les 'Sombas' peuple de l'Atacora. Le nom provient des éleveurs peulhs 'sombaaji'. La photo 1 montre les bœufs de la race Somba dans la commune de Tanguiéta.



Photo 1 : Bœufs de race Somba
Prise de vue Ramane, Aout 2016

C'est la race de bœufs la plus résistante aux maladies dues aux rythmes climatiques. Elle supporte mieux la chaleur que d'autres races d'après 60 % des éleveurs enquêtés. C'est aussi la race de bœufs dominante de la commune à cause de sa forte productivité au moins un vœu par an si les conditions climatiques sont bonnes

3.2.2.2 BŒUFS DE LA RACE BORORO

Cette race de bœuf est la propriété des Peulhs dans la commune de Tanguiéta, elle est plus importante économiquement à cause de sa taille et de la quantité de lait qu'elle produit. C'est une race qui résiste plus à la chaleur par rapport aux autres races. Il existe cependant une race hybride. C'est la race issue de l'accouplement par exemple d'une bœuf race Somba et Borgou et vice versa. Cette race d'animaux supporte mieux les intempéries et résiste aux infections liées aux rythmes climatiques selon 65 % des éleveurs.

3.2.3 IMPORTANCE DU CHEPTEL

L'Élevage occupe une place prépondérante dans le dispositif de production du secteur agricole. Il se situe à la seconde position après la production végétale en termes de ressources naturelles potentiellement exploitables et convertibles en devises. Par ailleurs, l'élevage contribue aux services de l'Agriculture et ce, à travers le fumier, la force de traction et de transport notamment dans les zones cotonnières superflus.

3.2.4 EVOLUTION DU CHEPTEL

Le cheptel comprend les diverses espèces animales domestiques conventionnelles (bovins, ovins, caprins, porcins, et volailles). Depuis le dernier recensement de 1995 pour les bovins et en juin 1990 pour les autres espèces, aucun comptage systématique des animaux n'a été réalisé dans le département de l'Atacora et plus précisément dans notre secteur d'étude. Les données sont donc restées identiques, mais à partir de 2009 une estimation des agents du terrain donne les effectifs des animaux conventionnels plus ou moins proche de la réalité. Par ailleurs les chiffres donnés par la direction de l'élevage paraissent aussi trop élevés par rapport à la réalité du terrain. Le taux d'accroissement annuel de bovins est de 4 %. L'effectif de bovins en l'an deux-mille était de 7680 têtes dans toute la commune de Tanguiéta. Les figures 11 et 12 montrent respectivement l'évolution des bovins de 2000 à 2011 à Tanguiéta (estimation de la direction de l'élevage Atacora) et le nombre de bovins dans la commune de Tanguiéta obtenu par les agents de terrain (vétérinaires au cours de la campagne de vaccination) en 2010.

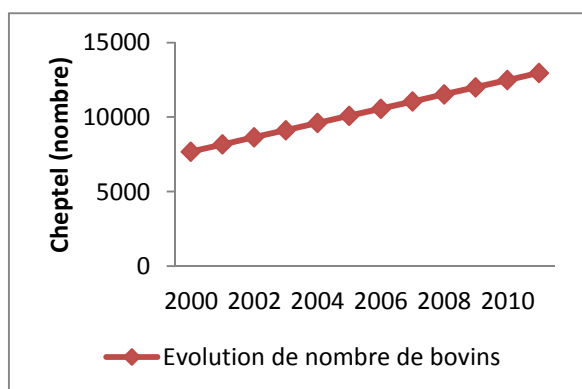


Figure 11 : Evolution du cheptel

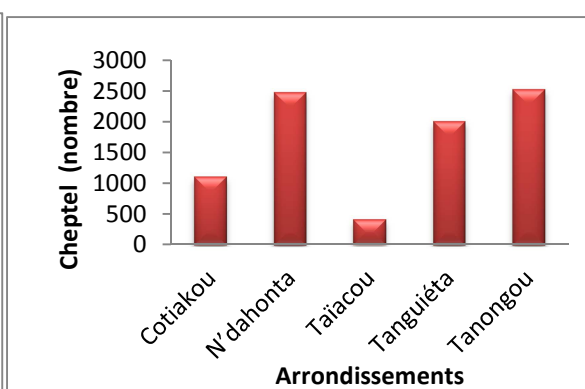


Figure 12 : Répartition spatiale des bovins

Source de données CARDER Natitingou, 2016

Source de données CARDER Natitingou, 2016

La figure 12 montre l'effectif du cheptel dans la commune de Tanguiéta et par arrondissement. L'arrondissement de Tanongou vient en tête avec 2520 têtes de bœufs suivi de N'dahonta avec 2480 têtes, Tanguiéta 2000 têtes, Cotiakou 1100 têtes et Taïacou avec 400 têtes de bœufs. Les enquête ont révélé que la commune en 2013 compte huit mille cinq cent (8500) têtes de bovins, seize mille cinq cent (16500) têtes de caprins, huit mille six cent (8600) têtes d'ovins, six mille sept cent (6700) porcs, vingt-huit mille (28000) volailles, deux cent cinquante-six (256) ânes et sept (07) chevaux. Plusieurs facteurs expliquent cette répartition inégale du cheptel dans la commune de Tanguiéta : il s'agit entre autre de la disponibilité des espaces pastoraux; de la présence des cours d'eau, de la nature du sol (capacité de rétention d'eau).

3.3 CONSEQUENCES DU RYTHME CLIMATIQUE SUR L'ELEVAGE DE BOVINS

Cette partie fait l'état de lieux des sources d'eau disponibles, présente les conséquences du climat sur l'activité pastorale et sur les éleveurs dans la commune de Tanguiéta.

3.3.1 SOURCES D'EAU DISPONIBLES DANS LA COMMUNE DE TANGUIETA

3.3.1.1 MARES

Ce sont des points d'eau non permanent qu'on rencontre au cours de la saison pluvieuse. Celles-ci facilitent la vie aux éleveurs qui n'ont plus à parcourir des vingtaines voire des cinquantaines de kilomètres pour abreuver leurs bétails. 98 % de la population enquêtée ont témoigné que ces mares s'assèchent immédiatement que les précipitations cessent, c'est-à-dire à la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre dans la commune de Tanguiéta. Après cet assèchement la vie devient très difficile pour les pasteurs et agropasteurs de la commune car il faut dorénavant faire recours aux cours d'eau où qu'ils soient et quel que soit la distance.

La commune de Tanguiéta est alimentée par la Pendjari et ses affluents. Les cours d'eau les plus remarquables sont les suivants : la rivière de Tanongou qui est alimentée par la chute de Tanongou (permanente) ; la rivière de Magou (non permanente) dans l'arrondissement de N'dahonta ; la rivière de Tchoutchoubou (non permanente) dans l'arrondissement de Tanguiéta, la rivière de dèkè-téré (non permanent) à Tora dans l'arrondissement de Cotiakou ; la rivière de poumbou (non permanent) et la rivière de kounnin.

Le seul barrage sur trois qui est aujourd'hui plus moins permanent est celui de Nanfayoti ; celui de Biacou n'est pas permanent il tarit donc en cours du mois d'Avril et le troisième en reconstruction à Sépounga est dans l'arrondissement de Tanguiéta. Les deux premiers barrages (Nanfayoti et Biacou) sont dans l'arrondissement de Taïacou.

3.3.2 CONSEQUENCES DU RYTHME CLIMATIQUE SUR LE PASTORALISME

3.3.2.1 RYTHME CLIMATIQUES ET SANTÉ BOVINE

Les enquêtes ont révélé que l'état de santé des animaux est fonction du rythme du climat dans la commune de Tanguiéta. Cette activité subit les effets des épizooties fréquentes qui déciment le cheptel. Les maladies les plus rencontrées sont : la pasteurellose bovine, la péripneumonie contagieuse bovine (PPCB), la peste des petits ruminants, le charbon bactérien, l'hétoparasitose et l'endoparasitose. Les soins vétérinaires sont encore mal prodigués. Les bovins sont plus soignés que les petits ruminants et la volaille. Il n'existe pas de pharmacie vétérinaire dans la commune. Toutefois les vaccinateurs villageois formés par le CeCPA et par quelques ONG dans certains villages sont plus ou moins opérationnels. Les variations de températures et les niveaux d'humidité plus élevés affectent les conditions de vie des animaux. D'importants vecteurs de maladies animales vont de pair avec l'humidité (par exemple, la trypanosomiase qui est l'une des maladies hydriques les plus sérieuses affectant la vie en Afrique sub-saharienne). Le tableau 4 résume les différents types de maladies selon les saisons.

Tableau 4 Différentes maladies selon le rythme du climat

N°	Périodes	Types de maladies ou infections
01	Saison sèche	Diarrhée ; Fièvre aphteuse ; Paludisme ; Péripneumonie bovine ; Pasteurellose bovine ; Pseudo-hydro-tellurique.
02	Saison pluvieuse	la babesiose ; la balanite ; le panaris ; la morsure de serpent ; la trypanosomiase, l'hétoparasitose et l'endoparasitose

Source : CARDER-Tanguiéta, 2015

3.3.2.2 RYTHME CLIMATIQUE ET ALIMENTATION DU BÉTAIL

• Saison pluvieuse

Le potentiel fourrager est important dans le territoire pastoral et les troupeaux bovins sont confinés aux pâturages du terroir villageois. L'alimentation du bétail est assurée presque exclusivement par les pâturages naturels. Ces pâturages produisent suffisamment de biomasse pendant la saison pluvieuse au point où il est noté une sous exploitation du pâturage disponible. Les mouvements des troupeaux sont alors régis par la disponibilité en herbe et en eau des différentes unités du territoire. Les graminées précoces, annuelles et vivaces des zones basses et hydromorphes avant leur engorgement et après le retrait des eaux et celles des zones de plateaux constituent alors l'offre fourragère à exploiter par les troupeaux au cours de leurs déplacements.

• Saison sèche

En saison sèche en revanche, l'offre fourragère présente certaines particularités que les éleveurs prennent en compte pour l'alimentation du troupeau. En effet, au début de la saison sèche, les animaux bénéficient encore des formations végétales des zones hydromorphes que les eaux viennent de libérer et aussi des résidus de récolte dans les champs. Mais, au fur et à mesure que la saison sèche s'installe, la propagation des feux de brousse est plus intense et la biomasse dans les champs, les jachères et les savanes, sont consommées. L'offre fourragère des pâturages naturels, dans les jachères et les savanes, s'épuise alors progressivement. L'état nutritionnel des animaux dans les troupeaux en est affecté ainsi que les productions qui sont à leur plus bas niveau. Les animaux sont amaigris et doivent surmonter la période de soudure à la faveur de longs déplacements dans le territoire pastoral. La plupart des éleveurs quittent la zone pour une longue transhumance dans les zones avoisinantes des forêts. Ils y restent parfois malgré les interdictions pour ne revenir qu'en début de saison pluvieuse. En saison sèche on observe un déficit fourrager ; l'essentiel du fourrage consommé par le bétail

provient de l'émondage et l'étêtage des arbres. Les sources d'alimentation sont nombreuses et varient suivant les saisons. En saison pluvieuse les espèces les plus utilisées par les éleveurs sont: le *Andropogon gayanus* (Sénonré) premier aliment nutritif des bœuf ; *Pennisetum polyshtachion* (Yata) ; *Andropogon chinensis* (Sordjè) et *Impérata cylindrica* (sodjore). Ces quatre herbes sont utilisées durant toute l'année. Il suffit de faire le feu de brousse pour obtenir après une semaine de nouvelles repousses. Il n'y a pas une pratique des cultures fourragères, les éleveurs se contentent donc du pâturage naturel et de la fenaïson.

3.3.2.3 RYTHMES CLIMATIQUES SOURCE DE CONFLITS ENTRE AGRICULTEURS ET PASTEURS

Les bas-fonds deviennent de plus en plus les lieux par excellences de pâtures. Les projets d'aménagements ne tiennent pas compte des besoins de l'élevage privant celui-ci des ressources naturelles des bas-fonds (pâturage et eau). Le développement des cultures de contre saison rend encore plus grand l'impact de l'agriculture sur la disponibilité du pâturage. Les zones de pâturage dans les bas-fonds se rétrécissent. Les pasteurs ne trouvant plus de fourrage naturel volontairement laisse entrer leur troupeau dans les champs non récoltés ou des jardins dans les bas-fonds. Ces actes entraînent parfois des conflits sanglants entre éleveurs et agriculteurs et sont responsables de la maltraitance des éleveurs dans la commune de Tanguiéta. Les peulhs sont traités de « sous hommes » et étrangers dans leur propre pays. A partir du mois de novembre les difficultés chez les pasteurs commencent, même si les herbes ne sont pas sèches elles fleurissent déjà et ne contiennent plus des matières nutritives et provoquent même parfois la diarrhée chez les animaux selon 69 % des enquêtés. Le rythme actuel du climat a des conséquences sur l'activité pastorale ce qui n'encourage pas les éleveurs et sont obligés de combiner l'élevage à l'agriculture ou abandonne carrément cette activité pour se donner au petit commerce de divers. Nombreux parmi ces pasteurs sont obligés de vendre leurs animaux pour assurer la survie des ménages, trouver de l'argent pour donner la main d'œuvre pour cultiver leurs champs et abandonnent ainsi l'activité pastorale. D'autres au contraire abandonnent progressivement la mobilité et se sédentarisent, s'adonnant à la fois à l'élevage et à l'agriculture.

3.3.2.4 IMPACT DU RYTHME CLIMATIQUE SUR LES ELEVEURS

L'importance du climat pour l'activité pastorale se fait fortement ressentir pendant la saison sèche où les éleveurs sont à la quête de l'herbe. Ils sont donc contraints au pâturage aérien où ils s'exposent aux accidents comme : la chute des arbres, les noyades et des morsures des reptiles venimeux qui portent atteinte à la vie des éleveurs. Le tableau 5 récapitule les accidents resté en mémoire entre 2002 et 2012.

Tableau 5 : Caractéristiques des accidents de pâturage dans la commune de Tanguiéta

Année	Types d'accidents	Blessé(s)	Mort (s)
2002	Deux Chutes de l'arbre et une noyade	03	01 par noyade
2003	Chute de l'arbre	01	00
2004		00	00
2005		00	00
2006	Chute de l'arbre	01	00
2007	Chute de l'arbre	02	01
2008		00	00
2009	Chute de l'arbre	01	00
2010	Chute de l'arbre	04	00
2011		0	00
2012	Chute de l'arbre	02	01
TOTAL		14	03

Source : Enquête de terrain, 2015

Le tableau 5 montre les conséquences du pâturage aérien qui consiste à grimper sur les arbres et couper les branches afin que le bétail trouve des feuilles à brouter (l'émondage du fourrage ligneux). Ainsi sur une période de dix ans il y a eu quatorze accidents qui sont restés dans la mémoire des éleveurs. Il y a treize qui ont chuté de l'arbre et deux en sont morts. Une personne est morte par noyade dans une rivière « sacrée » Tanongou dans l'arrondissement de Tanongou. Les accidents ont une influence sur l'économie des pasteurs d'autant plus que les pasteurs sont contraints de vendre au moins un bœuf

mal nourrit pour soyer le malade. Les photos 2 à 5 montrent l'état des ressources pastorales (fourrage naturel et ressource en eau) selon le rythme climatique dans la commune de Tanguiéta.



Photo 2 : Etat des ressources pastorales Août



Photo 3: Etat des ressources pastorales mi-septembre



Photo 4 : Etat de fourrage en Février 2014

Prise de vues Ramane, 2014



Photo 5 : Emondage d'Acacia africana en Mars 2014

Prise de vues Ramane, 2014

Ces photos (2 à 5) font la synthèse de l'état des ressources pastorales selon le rythme climatique. Les photos 2 et 3 prises en août et en septembre montrent respectivement l'abondance du fourrage naturel et de la ressource en eau. La photo 4 prise en février montre le devenir du fourrage naturel dans la commune après le passage des feux de brousse. La photo 5 prise en mars montre le type de pâturage qui s'impose aux pasteurs de la commune de Tanguiéta au cours de la saison sèche.

4 DISCUSSIONS

4.1 ANALYSE DES PARAMETRES CLIMATIQUES DANS LA COMMUNE DE TANGUIETA

L'analyse des anomalies pluviométriques de Tanguiéta montre que la première période (1950-1969) est marquée par une fréquence élevée des années humides (85 %) tandis que la deuxième période 1970-1995 est plutôt caractérisée par une fréquence élevée des années sèches (80 %) et la dernière période (1995-2010) est marquée par une reprise sporadique des précipitations. C'est dans ce contexte pluviométrique difficile que les besoins en eau s'accroissent. Cette tendance baissière de la pluviométrie est confirmée par les travaux de [16] qui stipulent que de façon générale, ces baisses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années.

De l'analyse du régime thermométrique de Tanguiéta de (1970-2010), il ressort que la température moyenne a augmenté considérablement de 27,33 °C en janvier à 37,67 °C en mars. Cette période est marquée par une forte chaleur et rend difficile les activités pastorales. La période la plus humide de l'année est constituée des mois juin, juillet, août et septembre où les maximas oscillent entre 30° et 29 °C tandis que les températures minimales oscillent entre 20° et 21 °C. Ceci confirme les travaux [17]. Celui-ci constate que les mois de juillet Août et Septembre enregistrent les ETP les plus faibles varient entre 103 et 108 mm Cette période correspond au cœur de la saison des pluies où la température est aussi faible. Il constate aussi que la plus faible valeur des températures est enregistrée en Août 23 °C où subséquemment l'ETP est minimale (103 mm).

La température minimale tout comme la température maximale connaît une évolution à Tanguiéta. Elle a varié de 20,5 à 21,6 °C soit une hausse de 1,1 °C. Cela confirme par ailleurs les données du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat, [18], sur le phénomène global du réchauffement de la planète. Cette tendance à la hausse est imputable aux activités humaines, [19] et certainement des répercussions sur l'activité pastorale. Ce qui confirme les enquêtes de terrain où 76 % des enquêtés ont affirmé que ces dernières décennies deviennent de plus en plus chaudes et le bétail en souffre. Tanguiéta à l'instar des autres communes du Bénin connaît le réchauffement du climat.

En somme il y a eu une évolution de tous les paramètres climatiques analysés. Les précipitations ont connu une évolution générale à la baisse sur la période d'étude (1950-2010), manifesté par le tarissement précoce des cours d'eau et la diminution du fourrage naturel. Les températures au contraire connaissent une évolution tendancielle à la hausse où les températures minimales s'élèvent à 22 °C et 37 °C pour les températures maximales. La vitesse du vent bien aussi inconstante connaît une évolution générale à la hausse dans la commune de Tanguiéta. Ceci confirme [20] qui a montré qu'il y a une réduction de la saison des pluies avec des précipitations très irrégulières et imprévisibles qui ne permettent plus à la biomasse de boucler leur cycle. La saison sèche a connu une modification avec la hausse sensible des températures. Cette situation reste un handicap pour l'activité pastorale.

D'autre part, la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (1992) précise que certaines zones, dont les zones de montagne, risquent de souffrir plus que d'autres du réchauffement climatique : « les petits pays insulaires, les pays ayant des zones côtières de faible élévation, les zones arides ou semi-arides, les zones sujettes aux inondations, à la sécheresse et à la désertification, ainsi que les écosystèmes montagneux fragiles sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques ».

4.2 ANALYSE DES SYSTEMES PASTORAUX DANS LA COMMUNE DE TANGUIETA

Dans les systèmes quatre systèmes d'élevage existants à Tanguiéta, la disponibilité alimentaire commande les mouvements des troupeaux qui définissent des modes de production nomades ou transhumants. La mobilité qui est à la base de ces systèmes permet de tirer le meilleur parti des conditions de pâture et de disponibilité en eau, variables selon la saison. Le mode de vie des pasteurs est donc fortement dépendant des contraintes qu'impose le rythme du climat à l'élevage du bétail. Les quatre systèmes énumérés par [15] existent dans la commune de Tanguiéta. Les plus remarquables sont les systèmes intégrés et pastoraux.

Le cheptel de la commune est caractérisé par plusieurs races de bovin. Plusieurs systèmes pastoraux sont adoptés pour minimiser les impacts du rythme climatique pour la survie de l'activité. On note les systèmes intégré, pastoral et agropastoral. Le cheptel est reparti de façon inégale dans différents arrondissements de la commune et connaît une augmentation à cause des transhumants venus des communes voisines et /ou des pays limitrophes comme le Burkina-Faso et le Togo.

En zones de montagne, les enjeux sont à nouveau spécifiques, puisque les modèles prévoient que pour un réchauffement de +1° C, la biodiversité devrait théoriquement se déplacer de 150 m en altitude, contre 180 km vers le nord en plaine [21]. En d'autres termes, le déplacement des conditions de vie des espèces sera plus vite perceptible et enregistré en montagne qu'ailleurs. De manière générale, si la capacité d'adaptation des espèces à leurs nouvelles conditions de vie va être déterminante pour leur survie, dans les espaces montagneux, leur adaptation renvoie en particulier à leur capacité à migrer rapidement en altitude. Or, compte tenu de la richesse floristique et faunistique des Alpes, cette spécificité mérite d'être prise en considération de manière anticipée afin d'éviter les dommages associés à la disparition d'espèces rares (propres aux écosystèmes de montagne) ou protégées (288 espèces végétales rhône-alpines supplémentaires à la liste nationale du Conservatoire botanique national sont classées « espèces protégées »).

4.3 CONSEQUENCES DU RYTHME CLIMATIQUE SUR L'ELEVAGE DE BOVINS

Toutes les rivières de la commune de Tanguiéta tarissent au plus tard au cours des mois de Février et Mars. D'après 90 % des enquêtés, ces rivières étaient toutes permanentes il y a de cela 20 ans. Pour 67 % des enquêtés ce tarissement serait dû à la baisse de la pluviométrie et de l'évolution à la hausse des températures facteurs déterminant de l'évaporation. Les sources artificielles essentiellement constitués des barrages à vocation agropastorale et des surcreusements dans la commune de Tanguiéta qui devraient servir de relais pour abreuver le bétail tarissent avant les rivières de la commune. Les maladies bovines sont différentes selon le rythme du climat. Tout excès ou déficit de quelques paramètres impact directement la santé des bêtes. Seuls les animaux chanceux ne sont souvent pas atteints selon 61% des éleveurs. Ces mêmes observations ont été confirmées par plusieurs travaux scientifiques dont quelques-uns sont référencés dans la présente étude.

Au Bénin, la prospérité des activités nécessite l'usage des ressources en eau. Cette dépendance étroite de la pluviométrie dont l'irrégularité et la mauvaise répartition spatio-temporelle sont manifestes ces dernières années. Ceci est à l'origine de manque de fourrage et le tarissement précoce des points d'eau pour l'abreuvement du bétail [18]. Le changement climatique avec la réduction de la saison des pluies ne permet pas la biomasse de boucler leur cycle [20]. La saison sèche a connu une modification avec la hausse sensible des températures. Cette situation reste un handicap pour l'activité pastorale. La grande sécheresse climatique observée vers les années 1970 a conduit à des graves problèmes d'assèchement et de désertification dans la zone soudano-sahélienne [22]. La diminution de la précipitation en hauteur et en durée et par conséquent un raccourcissement des périodes de végétation s'en est suivie [23]. Cette situation en plus de l'augmentation de la taille du cheptel met à mal l'activité pastorale et rend pénible la vie des pasteurs. Le développement de l'élevage se trouve de plus en plus compromis par les changements climatiques qui imposent une migration accélérée des sociétés pastorales de la zone sahélienne vers les zones de savanes et leur sédentarisation autour des niches écologiques les plus favorables, telles que les bas-fonds ou les aires protégées [24]. Au Nord du Bénin, des études réalisées révèlent que la forme de gestion des ressources naturelles et de gestion des troupeaux bovins suivant les saisons est dynamique et très flexible et qu'une analyse prévisionnelle de la gestion des ressources fourragères peut être établie à partir des formes de gestion possibles [25]. En effet, pendant toute la saison sèche, l'alimentation des ruminants domestiques dans les départements de l'Atacora et Donga est assurée grâce aux résidus de récolte et de pâturage dans les zones inondables (bas-fonds et vallées). La baisse des précipitations a entraîné à la fois un déficit de production fourragère et un manque d'eau pour l'abreuvement du bétail, en particulier les mares qui occupent une place stratégique dans les sociétés pastorales [26]. Le phénomène de désertification a rendu les conditions de vie des pasteurs extrêmement précaires surtout avec l'accroissement du cheptel et l'extension des domaines exploités. L'offre fourragère des pâturages naturels est de plus en plus réduite avec la dégradation des formations végétales combinées aux changements climatiques dont les effets sont observés depuis bientôt trois décennies. La baisse relativement brutale de la pluviométrie a entraîné une diminution sensible des ressources en eau et des productions qui en dépendent [16].

Dans la commune de Tanguiéta, il a été observé que le rythme climatique est responsable de la naissance des différents systèmes pastoraux dans la commune Tanguiéta. Les travaux de [27], confirment cette observation. En effet, l'auteur stipule dans ses travaux que la hausse des températures, le changement des régimes de pluie et les épisodes météorologiques extrêmes influents sur les différentes composantes du système. Le Cirad évalue l'ensemble des impacts induits chez les animaux par le stress thermique (diminution de la production ou de la reproduction, mortalité du cheptel) la modification des ressources fourragères locales due à l'augmentation des températures et des teneurs en CO₂, ou encore la baisse des surfaces de pâturage disponibles dans certains territoires, notamment en Afrique subsaharienne.

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude une évolution dans l'espace et dans le temps des paramètres climatiques dans le secteur d'étude. En effet, au cours de ces dernières décennies, les pasteurs ont enregistré de profonds bouleversements ayant traits aux facteurs climatiques de leur milieu. Pour la pluie, les données ont montré qu'il y eu mauvaise répartition spatio-temporelles des pluies ajouté à une petite récession des pluies dans les années 1971-1995 et un retour progressif à la normale en 1995-2010. La commune a connu une augmentation de 1,8 °C de température moyenne. Ce rythme climatique met à mal l'élevage de bovins. Cette analyse a été révélatrice de l'évolution tendancielle générale des paramètres climatiques. Il est enregistré une baisse des précipitations avec un déficit de pluie sur la période 1971-1995. Les températures connaissent une évolution à la hausse et une augmentation de la vitesse du vent. Les enquêtes socio-anthropologiques ont confirmé les analyses statistiques des données climatologiques même si elles semblent parfois subjectives. La variation des paramètres climatiques a des impacts sur l'activité pastorale et sur le tissu social des éleveurs. La baisse de pluviométrie entraine le tarissement précoce des cours d'eau et sur le fourrage naturel, engendre certains vecteurs de maladies chez les animaux.

L'élevage pastoral demeure totalement tributaire de la localisation des pâturages et de celle des points d'eau qui en conditionne l'accès. Or les ressources fourragères, quantitativement et qualitativement, sont extrêmement dispersées dans l'espace et fluctuantes dans le temps. La recherche conjointe du fourrage et de l'eau met en œuvre des pratiques pastorales diversifiées, fondées sur une mobilité de plus ou moins grande amplitude et sur une adaptation des rythmes quotidiens et saisonniers à la distribution des disponibilités alimentaires. La strate herbacée, qui représente l'essentiel des ressources fourragères du cheptel bovin, est constituée presque exclusivement d'espèces annuelles à cycle court. Dès le mois de Novembre, le stock fourrager de saison sèche est en place et décroît ensuite progressivement, de manière centrifuge à partir des points d'eau disponible. Au fur et à mesure de l'avancée de la saison sèche, les troupeaux bovins s'éloignent de plus en plus des points d'eau pour accéder au pâturage encore disponible. La pluviométrie est néanmoins suffisante pour l'élevage. Les températures maximales quotidiennes atteignent régulièrement 38° C. L'activité pastorale est favorable dans cette commune à cause de la clémence des paramètres climatiques caractéristiques du climat atacorien. Entre les travaux du GIEC sur le réchauffement climatique et les critiques qui en sont faites aujourd'hui par les « climato-sceptiques », la confusion, le doute et l'incertitude ont fini par s'installer quant à l'ampleur des défis climatiques contemporains à relever. L'échec du sommet de Copenhague en décembre 2009 et les résultats des âpres négociations de Cancun qui viennent de s'achever montrent en effet les difficultés rencontrées pour donner suite au protocole de Kyoto. Si l'incertitude qui prévaut aujourd'hui tient en partie à la complexité des phénomènes climatiques observés et à leur interprétation, il semblerait également que l'on n'ait pas suffisamment souligné l'importance des jeux d'échelles et la nécessité de toujours replacer les questions liées au climat dans le temps, l'espace et les contextes locaux. L'incertitude croissante qui caractérise le contexte politique, économique et climatique dans lequel évolue l'élevage rend incontournable l'analyse et l'évaluation des capacités d'adaptation des systèmes d'élevage, c'est-à-dire de leurs capacités à résister à des perturbations de toute nature et à s'inscrire dans une dynamique d'évolution sur le long terme. Les concepts de flexibilité et de résilience permettent de guider l'exploration des fondements de ces capacités d'adaptation tant en fermes que via la modélisation.

REFERENCES

- [1] DOUKPOLO B. Variabilité et tendance pluviométrique dans le Nord-Ouest de la Centre-Afrique : enjeux environnementaux. DEA dans la catégorie Géographie à l'UAC Bénin, 80 P. 2007
- [2] DOUGILL H. ; DUTEUTRE G., KAMIL H. et LE MASSON A. Étude sur les sociétés Pastorales au Tchad, PSSP, CIRAD/EMVT – VSF; 84 p. 2010
- [3] IPCC. Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Rapport spécial sur l'Evaluation de la vulnérabilité en Afrique. Island Press, Washington, 53 p.2007a
- [4] BOKO M. Climat et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythme de développement. Thèse d'Etat ès lettres, Dijon 607 p.1988
- [5] ALPHONSE O. Vulnérabilité et adaptation de l'élevage au bétail aux changements climatiques dans la commune de Matéri, Mémoire de Maîtrise, FLASH/ UAC ; 64 p.2013
- [6] AGONISSA D. ; SINSIN Productivité et capacité de charge des pâturages naturels au Bénin. *Revue Elev. Méd. Pays trop* 51(3) :239-246.1998
- [7] COFFI G. Répartition spatiale des pluies dans le Mono, Mémoire de Maîtrise, FLASH/UAC; 90 p.2008
- [8] GIEC. Pauvreté et changements climatiques : Rapport sur Réduire la vulnérabilité des populations pauvres par l'adaptation aux changements climatiques. Berlin Media Company, Allemagne, 43 p.2001b
- [9] BOKO M. Recherche sur les tendances thermométriques du Bénin. Colloque de l'AIC, Strasbourg 1996; p. 317-345. 1996
- [10] HOUNDENOU C. Péjoration climatique en milieux Maïsicoles au Sud du Bénin en Afrique de l'Ouest. In Climat et Développement N°2. UAC / FLASH / DGAT / LECREDE, p : 26-35. 2006
- [11] OSSINRA S. Vulnérabilité et adaptation de l'élevage du bétail aux changements climatiques dans la commune de Matéri. Mémoire de Maîtrise en géographie physique, FLASH/DGAT/UAC Bénin, 64 p.2013
- [12] TCHEGNON P. Monographie de la commune de Tanguiéta, Bénin, 68p. 2005
- [13] INSAE. Recensement Général de la Population et de l'Habitat édition 4. 2013
- [14] SCHWARTZ D. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 4^e édition Editions médicales Flammarion, Paris, 314 p.1995
- [15] DJENONTIN A. Interactions élevage-environnement : adaptation des modes d'élevage des bovins à l'extension des espaces cultivés au Nord-est du Bénin. Mémoire DEA, université d'Abomey-Calavi, faculté des sciences agronomiques; FLASH/UAC ; 138 p.2005
- [16] VISSIN E. Contribution à l'étude de la variabilité des précipitations et des écoulements dans le bassin béninois du fleuve Niger. Mémoire de DEA, Université de Bourgogne, Dijon. 49 p. 2001

- [17] ADAMOU A. Problèmes d'approvisionnement en eau des populations dans l'arrondissement de Cotiakou ; mémoire de Maîtrise de Géographie ; FLASH/UAC, 83 P.2012
- [18] GIEC. Bilan 2001 des changements climatiques. Rapport de synthèse. GIEC, Genève, Suisse. 114 p.2001a
- [19] IPCC. Effets du réchauffement du système climatique dans le monde. Rapport de séminaire ; 19 p. 2007
- [20] YEMADJE A. Transhumance dans la région des monts-koueffe au Bénin, Mémoire de Maîtrise, FLASH/UAC ; 96 p.2003
- [21] Seguin B. Les changements climatiques et les impacts observés sur les écosystèmes terrestres. *Rendez-vous techniques de l'ONF. Hors-série Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques*, 3, 3-8.2007
- [22] MBAYE Y. Contraintes du pastoralisme face du changement climatique ; article ; 9 p. 2013
- [23] HOUINATO M. Phytosociologie écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts Koueffe (Bénin). Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles ; 315 p.2012
- [24] AGODO L. Migrations de populations dans la commune de Savalou: impacts socio-économiques Mémoire de Maîtrise; FLASH/UAC ; 75 P.2009
- [25] DOUMA A. ; De HAAN. Gestion des ressources naturelles et de gestion des troupeaux bovins au Nord du Bénin ; rapport ; 76 p.1997
- [26] REOUNODJI F. Initiatives «élevage comme moyen de subsistance dans le bassin du lac Tchad» ; Rapp de séminaire, 65 p.2001
- [27] MATHIEU Vigne *et al.*. Contraintes sur l'élevage dans les pays du Sud : les ruminants entre adaptation et atténuation. *In: Torquebiau E. Changement climatique et agricultures du monde*. Collection Agricultures et défis du monde, Cirad-AFD. Editions Quae, p 123-136.2015

Biodiversité des ophidiens (Reptilia) du village Basukwambula (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo)

[Ophidians biodiversity of Basukwambula village (Tshopo Province, Democratic Republic of the Congo)]

Akuboy Bodongola Jeannot¹, Badjedjea Babangenge¹, Angoyo Ayikuli¹, Chuma Mondenga¹, Katembo Wasingya Eric², Kosele Kada Jonathan¹, Justin A. Asimonyio¹, Emmanuel Lengbiye Moke³, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua³

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

²Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo

³Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

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

ABSTRACT: The Democratic Republic of the Congo alone possess about 181 species of ophidians belonging to 59 genera and 7 families. Kisangani city and surrounding area are a "hot spot" of several zoological groups already studied; while the biology and ecology of ophidians remain unknown in this ecoregion. From the perspective of dominance we got 0.1136 for all species with a high value in the species *Boaedon olivaceus* followed by the species such as *Dipsadoboa viridis* and *Hapsidophrys lineatus* while other remaining species: *Atractaspis irregularis*, *Causus sp.*, *Grayia ornata*, *Boulengerina annulata*, *Telothornis kirtlandii*, *Bitis nasicornis* and *Naja melanoleuca* are less represented in our sample. The representativeness in the total number of individuals collected, the taxa, genera and families were respectively 25; 14; 13 and 4. The family of Colubridae is best represented with 65% of species followed by the family of Viperidae and Elapidae each respectively with 14% of species while that the family of Atractaspididae is less represented 7% of species. The Simpson index gives us 0.8864; the probability that two individuals from the sample are randomly of different species; Shannon Wiener index is 3.4831, which stipulates that the drill Basukwambula is very diversified in species; the equitability value is 0.2328. This index shows a statistically insignificant value; because some species of Ophidians captured in Basukwambula forest are represented by only one specimen in our collection.

KEYWORDS: Snakes, biodiversity, Uma forest, Tshopo province, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: La RD Congo à elle seule possède environ 181 espèces des ophidiens répartis en 59 genres et 7 familles. La ville de Kisangani et ses environs est une zone de « hot spot » de plusieurs groupes zoologiques déjà étudiés ; Alors que la biologie et l'écologie des ophidiens restent encore mal connus dans cette écorégion. Du point de vue dominance nous avons obtenu 0,1136 pour l'ensemble des espèces avec une valeur élevée chez l'espèce *Boaedon olivaceus*; suivi des espèces telles que *Dipsadoboa viridis* et *Hapsidophrys lineatus* tandis que les autres espèces restantes : *Atractaspis irregularis*, *Causus sp.*, *Grayia ornata*, *Boulengerina annulata*, *Telothornis kirtlandii*, *Bitis nasicornis* et *Naja melanoleuca* sont moins représentées dans notre échantillon. La représentativité en nombre total des individus collectés, les taxa, les genres ainsi que les familles sont respectivement de 25 ; 14 ; 13 et 4. La famille des Colubridae est mieux représentée avec 65% d'espèces suivie de la famille des Viperidae et des Elapidae respectivement chacune avec 14% d'espèces tandis que celle des Atractaspididae est moins représentée avec 7% d'espèces. L'indice de Simpson nous donne 0,8864 ; la probabilité pour que deux individus tirés au hasard de l'échantillon soient des espèces différentes ; l'indice de Shannon Wiener est de 3,4831 qui stipule que la forêt de Basukwambula est très diversifiée en espèce ; la valeur de l'équitabilité est de 0,2328. Cet indice présente une valeur

statistiquement non significative ; car certaines espèces des ophidiens capturées dans la forêt de Basukwambula ne sont représentées que par un seul spécimen dans notre collection.

MOTS-CLEFS: Serpents, biodiversité, forêt de Uma, province de la Tshopo, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

Le bassin de la République Démocratique du Congo ainsi que sa forêt tropicale est un grand biome terrestre riche en diversité tant floristique que faunique [1-19] dont les ophidiens [20]. La distribution géographique des espèces des ophidiens de la République Démocratique du Congo est très peu connue du fait qu'une grande partie de ces espèces ne sont pas encore décrite [21], [22]. L'identification des ophidiens fait appel autant que possible aux caractères externes, directement accessibles au naturaliste. Toutefois, de plus en plus, la forme et la disposition des organes internes sont utilisées pour l'identification [23], [24].

Plusieurs populations semblent avoir connu un effondrement accéléré en 1998 (année la plus chaude depuis la révolution industrielle, ce qui laisse penser aux auteurs que le dérèglement climatique pourrait être l'une des causes du problème) [25].

De nombreux serpents sont tués par les insecticides, sont écrasés sur les routes (phénomène dit de road kill) ou dans les champs par les engins ou encore directement par l'homme en raison de la crainte qu'ils suscitent [26], [27].

Accessoirement, le venin chez les ophidiens peut servir à se défendre. Mais les ophidiens semblent adopter le plus souvent la célèbre formule selon laquelle la menace est plus forte que son exécution. Les serpents ne mordent que s'ils se sentent acculés et contraints de se défendre et, même dans ce cas, ils n'injectent pas toujours de venin. Les ophidiens constituent, avec les lézards et les amphibiens, l'ordre des squamates. Ils appartiennent à la classe des reptiles. Ces derniers sont des vertébrés ectothermes, dont la température corporelle dépend de celle de l'environnement [24].

Les serpents sont aujourd'hui classés, selon les auteurs, en deux ou trois infra ordre (Scoleophidia, Henophidia et Caenophidia). La longueur et la section du corps, la forme de la tête et du cou, les proportions relatives du tronc et de la queue des ophidiens permettent, avec un peu d'habitude, d'identifier rapidement une famille, un genre voire une espèce; toutefois, ces sont des critères variables en fonction de l'âge du serpent, de son état physiologique ou d'éventuel traumatisme. Il convient donc de les utiliser avec prudence [28].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU

Cette étude a été réalisée dans la forêt primaire du village Basukwambula situé à 96 kilomètres de la ville de Kisangani sur la route Ituri dans la province de la Tshopo en République Démocratique du Congo. Avec comme coordonnées géographiques : Latitude N00°33'15.4" ; Longitude E025°55'46.1" et une Altitude moyenne de 459 mètres au dessus de la mère.

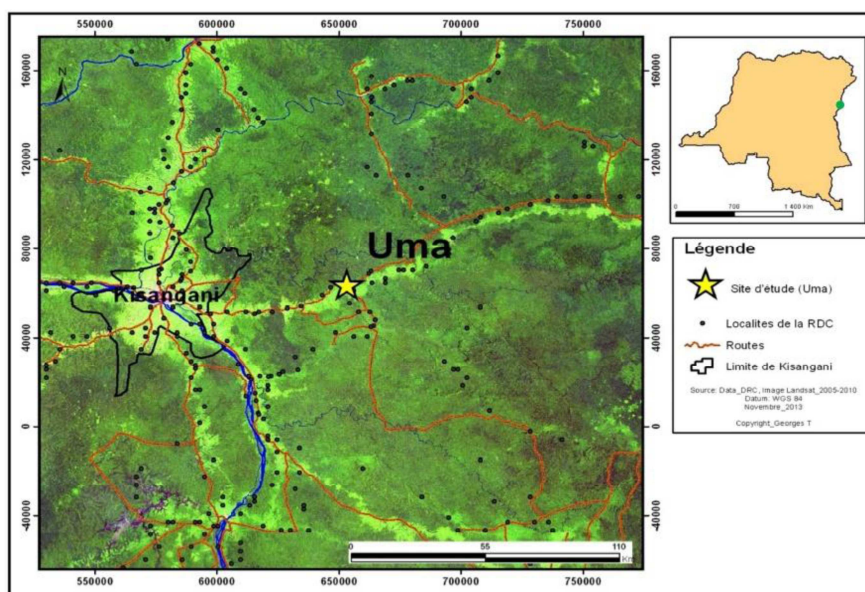


Figure 1. Localisation géographique de la forêt de Basukwambula (Uma) dans la périphérie de la ville de Kisangani (ADIKIS/CCC, 2010).

2.2 MÉTHODOLOGIE

Le matériel biologique est constitué de 25 spécimens des ophidiens capturés allant du 09 avril 2014 au 16 avril 2014. La collecte des données dans la forêt se faisait pendant la nuit avec une canne à capture des serpents, des lampes torches de 3 à 4 watts ont été utilisés pour éblouir les serpents ainsi que un GPS de marque Garmin Csx pour prendre les coordonnées géographiques du lieu de capture. Les tissus constitués essentiellement des langues des serpents ont été prélevés et conservés dans des tubes Eppendorf contenant de l'alcool absolu à 95% sur chaque spécimen capturé pour des analyses ultérieures au laboratoire enfin de confirmer l'identification provisoire faites sur place à l'aide de la clé d'identification de [24]. Les spécimens collectés ont été étiquetés, photographiés et conservés dans une grande touque contenant de formaldéhyde à 10%.

Les principaux indices de diversité que nous avons utilisés sont :

- Indice de Shannon Wiener (H') ou diversité intra-biotopie
 $H' = - \sum p_i \ln p_i$
- Equitabilité (E)
 $E = H' / \ln S$
- Indice de diversité de Simpson (1-D)
 $D_s = 1 - \sum (p_i)^2$
- Dominance (D)
 $D = \sum p_i^2$

Les logiciels Excel (office 2010) et Past (version 1.94b) ont servi pour calculer les différents indices.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Au total 25 spécimens des ophidiens répartis en 13 genres, 14 espèces et 4 familles ont été capturés. Les résultats sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Composition et abondance relative (AR) des ophidiens capturés dans la forêt de Basukwambula

Famille	Genre	Espèce	Nombre	AR (%)
Colubridae	<i>Hapsidophrys</i> Fischer, 1856	<i>Hapsidophrys smaragdina</i> Schlegel, 1837	1	4
	<i>Atheris</i> Cope, 1862	<i>Atheris squamiguera</i> Hallowell, 1856	2	8
	<i>Boaedon</i> Broadley, 1958	<i>Boaedon olivaceus</i> Dumeril, 1827	6	24
	<i>Dipsadoboa</i> Gunther, 1858	<i>Dipsadoboa viridis</i> Peters, 1869	3	12
	<i>Hapsidophrys</i> Fisher, 1856	<i>Hapsidophrys lineatus</i> Fischer, 1856	3	12
	<i>Bothrophtalmus</i> Peters, 1863	<i>Bothrophtalmus lineatus</i> Peters, 1863	2	8
	<i>Toxicodryas</i> Hallowell, 1857	<i>Toxicodryas pulverulenta</i> Fischer, 1856	1	4
	<i>Grayia</i> Gunther, 1858	<i>Grayia ornata</i> Bocage, 1866	1	4
	<i>Thelotornis</i> Smith, 1849	<i>Thelotornis kirtlandii</i> Hallowell, 1844	1	4
Viperidae	<i>Causus</i> Wagler, 1830	<i>Causus</i> sp	1	4
	<i>Bitis</i> Gray, 1842	<i>Bitis nasicornis</i> Shaw, 1802	1	4
Elapidae	<i>Boulengerina</i> Dollo, 1886	<i>Boulengerina annulata</i> Buchholz et Peters, 1876	1	4
	<i>Naja</i> Laurenti, 1768	<i>Naja melanoleuca</i> Hallowell, 1857	1	4
Atractaspididae	<i>Atractaspis</i> Smith, 1949	<i>Atractaspis irregularis</i> Reinhardt, 1843	1	4
4	13	14	25	100%

Il ressort du tableau 1 que l'espèce *Boaedon olivaceus* domine les autres espèces en nombre et en abondance relative (soit 6 spécimens pour 24%) suivie des espèces telles que *Dipsadoboa viridis* et *Hapsidophrys lineatus* (respectivement chacune avec 3 spécimens pour 12%) tandis que les autres espèces dont : *Atractaspis irregularis*, *Causus* sp, *Grayia ornata*, *Boulengerina annulata*, *Thelotornis kirtlandii*, *Bitis nasicornis* et *Naja melanoleuca* (soit 1 spécimen pour 4% pour chacune d'entre elle) sont moins nombreuses et moins abondantes dans notre échantillon.

Le tableau 2 donne les valeurs calculées d'indices de biodiversité des ophidiens calculés du village Basukwambula.

Tableau 2 : Indices de biodiversité des ophidiens du village Basukwambula

Paramètre	Nombre/Valeur
Individus	25
Taxa	14
Dominance (D)	0,1136
Simpson (1-D)	0,8864
Shannon (H)	3,4831
Équitabilité (J)	0,2328

Le tableau 2 montre que la vue dominance est de 0,1136 pour l'ensemble des espèces avec une valeur élevée chez l'espèce *Boaedon olivaceus*. Le nombre total d'individus collectés ainsi que celui des taxa est respectivement de 25 et de 14. L'indice de Simpson (la probabilité pour que deux individus tirés au hasard de l'échantillon soient des espèces différentes) est de 0,8864 ; l'indice de Shannon Wiener est de 3,4831. Cette valeur étant supérieure à 1, elle signifie que la forêt de Basukwambula est très diversifiée en espèce. L'équitabilité est de 0,2328 ; cette valeur est assez éloignée de 1, ceci signifie que les espèces ne sont donc pas équitablement réparties.

La figure 2 donne la fréquence des serpents en fonction de leurs familles zoologiques.

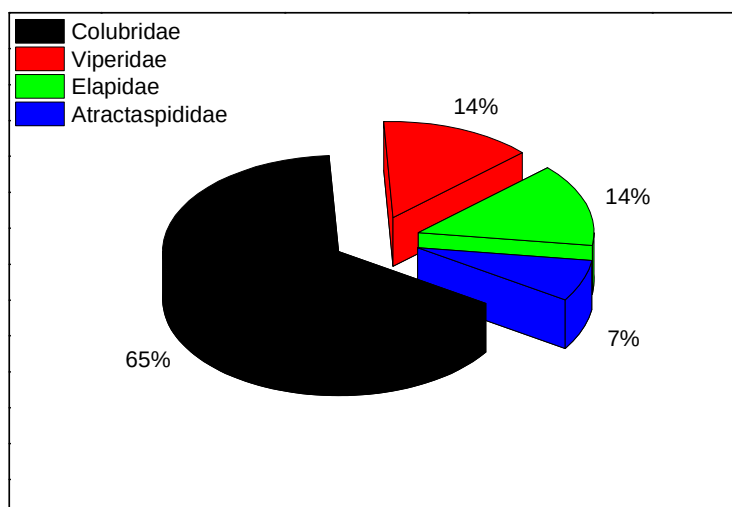


Figure 2. Fréquence des serpents en fonction de leurs familles zoologiques

Il ressort de cette figure que la famille des Colubridae est mieux représentée avec soit 65% d'espèces suivie de la famille des Viperidae et des Elapidae respectivement chacune avec 14% d'espèces tandis que celle des Atractaspididae est la moins représentée (soit 7% d'espèces).

La figure 3 donne la photographie de quelques spécimens des ophidiens capturés à dans la forêt de Basukwambula.



Figure 3. Quelques spécimens des ophidiens capturés à dans la forêt de Basukwambula

Les résultats obtenus dans cette étude corroborent avec ceux de [29] en ce qui concerne la prédominance de la famille des Colubridae suivi de la famille des Viperidae et des Elapidae. Par contre, [29] avait recensé 7 familles, 25 genres, 28 espèces pour un total de 91 spécimens dans l'ensemble, alors que nous n'avons recensé que 4 familles, 13 genres, 14 espèces pour un total de 25 spécimens. L'indice de Simpson et de Shannon Wiener nous a donné des valeurs presque similaires à celles trouvées par [29] ; par contre, c'est au niveau de l'équitabilité que s'observe une nette différence. La différence observée serait due au temps de récolte des données (une semaine de capture dans la forêt primaire du village Basukwambula contre 38 jours de capture dans trois différentes aires protégées de la province Orientale).

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le but de la présente étude était d'évaluer la diversité ophidienne du village Basukwambula (Province de la Tshopo) en République Démocratique du Congo. Il ressort de ce travail que 25 spécimens des ophidiens répartis en 13 genres, 14 espèces et 4 familles ont été répertoriés. L'espèce *Boaedon olivaceus* est la plus abondante suivi de *Dipsadoboa viridis* et *Hapsidophrys lineatus*. Les espèces *Atractaspis irregularis*, *Causus* sp, *Grayia ornata*, *Boulengerina annulata*, *Telothornis kirtlandii*, *Bitis nasicornis* et *Naja melanoleuca* sont moins représentées. La famille des Colubridae est mieux représentée (65%) suivi de la famille des Viperidae et des Elapidae (14% chacune) et la famille des Atractaspididae est la moins représentée (7%). Les valeurs d'indices de Simpson et de Shannon Wiener révèlent que la forêt de Basukwambula est très diversifiée en espèces cependant, celles-ci ne sont pas équitablement réparties ($p > 0.05$).

Il est donc souhaitable que la collecte des données sur les ophidiens dans cette vaste région en vue d'arriver à établir une liste exhaustive des ophidiens de cette province dans un but de connaissance scientifique et de conservation de la biodiversité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur profonde gratitude au projet VLIR- UOS et remercient sincèrement la population du village Basukwambula pour leur franche collaboration.

REFERENCES

- [1] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [2] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [3] B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, K.P. Museu, K.N. Ngbolua. A preliminary survey of the amphibian fauna of Kisangani eco-region, Democratic Republic of the Congo. J. of Advanced Botany and Zoology, V3I4. DOI: 10.15297/JABZ.V3I4.01, 2015.
- [4] P. Baelo, J.A. Asimonyio, S. Gambalemoke, N. Amundala, R. Kiakenya, E. Verheyen, A. Laudisoit, K.N. Ngbolua. Reproduction et structure des populations des Sciuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 428-442, 2016.
- [5] P. Baelo, C. Kahandi, J. Akuboyi, J.L. Juakaly, K.N. Ngbolua. Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de Manihot esculenta Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 412-418, 2016.
- [6] J.K. Kambale, F.M. Feza, J.M. Tsongo, J.A. Asimonyio, S. Mapeta, H. Nshimba, B.Z. Gbolo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 1, pp. 51-60, 2016.
- [7] J.-L.K. Kambale, J.A. Asimonyio, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Tsongo, P.K. Kavira, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 309-321, 2016.
- [8] J.-L.K. Kambale, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Omatoko, F.B. Kirongozi, O.D. Basa, E.P. Bugenthoo, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, K.N. Ngbolua. Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 300-308, 2016.
- [9] P.K. Kavira, F.B. Kirongozi, J.-L.K. Kambale, J.M. Tsongo, N.A. Shalufa, K.K. Bukasa, P.Y. Sabongo, H.K. Nzapo, K.N. Ngbolua. Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 322-331, 2016.
- [10] T.B. Mambo, J.U. Thumitho, E.L. Tambwe, C.M. Danadu, J.A. Asimonyio, A.B. Kankonda, J.A. Ulyel, C.M. Falanga, K.N. Ngbolua. Etude qualitative du régime alimentaire de Hippopotamyrus psittacus (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes,

- Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 2, pp. 321-329, 2016.
- [11] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [12] K.N. Ngbolua, J.A. Asimonyio, N. Ndrodza, B. Mambo, P. Bugenthoo, Y. Isangi, J.K. Mukirania, L. Ratsina, N.K. Ngombe, P.T. Mpiana. Valeur nutritive et teneur en acide cyanhydrique de huit espèces végétales consommées par *Okapia johnstoni* (Mammalia: Giraffidae) en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 419-427, 2016.
- [13] K.N. Ngbolua, B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V4I1 DOI: 10.15297/JABZ.V4I1.04, 2016.
- [14] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.02, 2015.
- [15] 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 Democratic Republic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. Journal of Advanced Botany & Zoology. V2I1. DOI: 10.15297/JABZ.V2I1.02, 2014.
- [16] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de *Cola acuminata* (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). Congo Sciences Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [17] J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 13, no. 2, pp. 452-463, 2015.
- [18] J.U. Thumitho, T.B. Mambo, C.C. Urom, J.C. Ngab'u, A.B. Kankonda, A.P. Ulyel, M.G. Ngemale, K.N. Ngbolua. Ecologie alimentaire de *Ichthyoborus besse congolensis* (Giltay, 1930 ;Teleostei: Distichodontidae) de rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko (RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 21, no. 2, pp. 330-341.
- [19] J.M. Tsongo , P. Sabongo , J.K. Kambale , B.T. Malombo , E.W. Katembo , P.K. Kavira , J.A. Asimonyio , P.M. Konga , K.N. Ngbolua. Régénération naturelle de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Leguminosae) dans la réserve forestière de Masako à Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 1, pp. 61-68, 2016.
- [20] J. Kielgast, S. Lötters. The green heart of Arnica is a blind spot in herpetology. Frog Log Vol. 97, pp.16–17, 2011.
- [21] J.H. Brown, M.V. Lomolino. Biogeography, 2nd edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 1998.
- [22] M.V. Lomolino. Conservation biogeography. In: M.V. Lomolino, L.R. Heaney (Editions.), Frontiers of Biogeography: New Directions in the Geography of Nature. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, pp. 293–296, 2004.
- [23] A. Wallace. On the Monkeys of the Amazon. Proceedings of the Zoological Society of London Vol. 20, pp.107–110, 1852.
- [24] J.P. Chippaux. Les Serpents d'Afrique occidentale et Centrale, 3rd edition IRD (Institut de recherche pour le développement), Paris, France, 2008.
- [25] C. J. Reading, M. Luiselli, C. Akani, X. Bonnet, G. Amori, J. M. Ballouard, E. Filippi, G. Naulleau, D. Pearson L. Rugiero ; Are snake populations in widespread decline? Biology Letters. doi:10.1098/rsbl.2010.0373. <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/subscriptions>.
- [26] H. Campbell. Observations of snakes DOR in New Mexico. Herpetologica Vol. 9, no. 4, pp 157-160, 1953.
- [27] H. Campbell. Snakes found dead on roads of New Mexico. Copeia Vol. 2, pp. 124-125, 1956.
- [28] W.D. Schleip. Annotated checklist of the recent and extinct pythons (Serpentes, Pythonidae), with notes on nomenclature, taxonomy, and distribution. Edition Zookeys, Vol. 66, pp. 29-79, 2010. doi: 10.3897/zookeys.66.683
- [29] J.B. Akuboy, F. Bapeamoni, G. Tungaluna, G.B. Badjedjea, L. Baelo, J.A. Asimonyio, A. Laudisoit, A. Dudu, K.N. Ngbolua. Diversité et répartition des ophiidiens (Reptilia) dans les trois aires protégées de la province orientale RD .Congo, International journal of innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2,, pp. 476-484. 2016.

Structure, diversité, richesse et similarité floristique des peuplements d'arbres en forêt dense de UMA (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo)

[Structure, diversity, richness and floristic similarity of tree communities in UMA dense forest (Tshopo Province, Democratic Republic of the Congo)

Jean-Paul K. Shaumba¹, Jean Lejoly², Hyppolite S.M. Nshimba¹, Joseph Omatoko¹, M.B. Ndjele¹, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua³

¹Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo

²Université Libre de Bruxelles, CP 169, B-1050 Bruxelles, Belgium

³Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

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

ABSTRACT: The present study was conducted with the aim of analyzing the physiognomy and structure of major forest types found at UMA. To achieve this study, 40 floristic inventories plots (of 0.25 ha each) were considered and all individuals with dbh ≥ 10 cm were identified. A total of 3882 trees were identified: 696 (348 trees/ha) for trees stand at Limbali on white sand, 657 (325.5 trees/ha) for trees stand at Limbali on ground hydromorphe, 731 (365.5 trees/ha) for monodominant settlement of transition on sandy soil, 887 (443.5 trees/ha) for the heterogeneous population disturbed on clay soil and 991 (455.5 trees/ha) for the heterogeneous population on soil shallow and rocky. They represent a basal area of 32.85 m²/ha, 25.08 m²/ha, 25.56 m²/ha, 30.86 m²/ha and 31.67 m²/ha respectively. The difference in density and basal area was significant between tree stands in all compartments. Statistical analysis indicated a significant difference between populations for species diversity, and Shannon index (stratum A2), Simpson index, Fisher index (Alpha) and equitability (strata E+A1 and A2) but there was not any difference in (E + A1) stratum according to these biodiversity indices. There was floristic similarity between monodominant and heterogeneous stands transitions but no floristic similarity between heterogeneous tree stands and disturbed stands monodominant trees. So these two stands of trees are different. The heterogeneous transition stands is therefore only monodominant forest *Julbernardia seretii* the interior of what *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae) came to replace *Julbernardia seretii* (Fabaceae) in the stratum (E + A1).

KEYWORDS: Tropical forest, Phytosociological data, Biodiversity, Democratic Republic of the Congo.

RÉSUMÉ: La présente étude a été menée dans le but d'analyser la physionomie et la structure des principaux types forestiers rencontrés à UMA. Pour réaliser cette étude, 40 parcelles de relevés d'inventaires (de 0,25 ha chacun) ont été mis en place et tous les individus à dbh ≥ 10 cm ont été répertoriés. Au total, 3882 arbres ont été recensés : 696 (348 arbres/ha) pour les peuplements à Limbali sur sable blanc, 657 (325,5 arbres/ha) pour les peuplements à Limbali sur sol hydromorphe, 731 (365,5 arbres/ha) pour peuplement monodominants de transition sur sol sableux, 887 (443,5 arbres/ha) pour le peuplement hétérogène perturbé sur sol argileux et 991 (455,5 arbres/ha) pour le peuplement hétérogène sur sol peu profond et rocailleux. Ils représentent respectivement une surface terrière de 32,85 m²/ha, de 25,08 m²/ha, de 25,56 m²/ha, de 30,86 m²/ha et 31,67 m²/ha. Les différences de densité et de la surface terrière sont significatives entre peuplements d'arbres dans tous les compartiments. Le test statistique a montré une différence significative entre peuplements en ce qui concerne la diversité spécifique et l'index de Shannon (strate A2), l'index de Simpson, l'index de Fisher (Alpha) et l'Équitabilité (strates E+A1 et A2). Cependant, aucune différence n'a été observée dans la strate (E+A1) par rapport à ces indices de biodiversité. Il

Il y a donc similarité floristique entre peuplements monodominants et hétérogènes de transitions, mais pas de similarité floristique entre peuplements d'arbres hétérogènes perturbés et peuplements d'arbres monodominants. Donc ces deux peuplements d'arbres sont différents. Le peuplement hétérogène de transition n'est donc qu'une forêt monodominante à *Julbernardia seretii* à l'intérieure de laquelle *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae) est en train d'être remplacé par *Julbernardia seretii* (Fabaceae) dans la strate (E+A1).

MOTS-CLEFS: Forêt tropicale, Données phytosociologiques, Biodiversité, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La République démocratique du Congo (RDC) dont plus de la moitié du territoire national est couvert par la forêt, est l'un des réservoirs mondiaux de la biodiversité tant floristique que faunique comme les témoignent les résultats de travaux de recherche récents [1-22]. Cependant, les connaissances disponibles sur l'ensemble des ressources biologiques des forêts tropicales humides du monde en général, et de la RDC en particulier, sont sectorielles et fragmentaires [23]. En outre, il faut aussi noter que l'évolution croissante du taux de déforestation actuel est un risque certain susceptible d'entraîner l'érosion génétique dans ce pays [24]. En effet, plusieurs travaux d'inventaires forestiers traditionnels sont généralement effectués dans le sens de l'évaluation du potentiel d'exploitation du bois et ne fournissent donc que peu d'informations sur la structure, la diversité, la richesse et la similarité floristique des peuplements d'arbres dans ces écosystèmes.

La forêt de UMA fait partie du domaine privé de l'état et constitue le domaine forestier protégé dont la configuration générale de sa masse forestière est une véritable mosaïque des formations végétales. Les études menées depuis quelques années dans cette forêt se résument à des récoltes sporadiques [1, 17]. Les études quantitatives relatives à l'abondance spécifique et à la structure des populations à l'intérieure de cette forêt fait défaut, la description minutieuse de ces différentes formations constitue pourtant une nécessité qui permettrait de ressortir non seulement les caractéristiques de ces peuplements et de leurs espèces mais également les différentes relations floristiques et structurales qu'elles entretiennent.

Cette étude permet de les typifier les peuplements d'arbres enfin de produire des modèles structuraux qui constitueront des éléments de base pour la formulation aisée des lois pratiques de gestion des forêts dans le cadre précis des programmes intégrés de la conservation de sa biodiversité.

La plupart des travaux réalisés en forêt tropicale dense du bassin congolais ne prennent pas en compte le modèle floristique des différentes strates forestières séparément. Ces travaux n'ont pas tenu compte de la contribution des Inselbergs dans la richesse floristique [1, 2, 7, 8, 17]. D'où la nécessité de connaître la structure, la diversité, la richesse et la similarité floristique des peuplements d'arbres en forêt dense tropicale en tenant compte de modèle floristique des différentes strates forestières séparément. Cette connaissance est fondamentale à toute décision concernant l'aménagement ou la conservation de ces écosystèmes forestiers. Dans la présente, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à la description du modèle floristique de la végétation en considérant séparément les strates pour exprimer la contribution de chaque strate à la compréhension et fonctionnement de la structure forestière ceci, en vue de constituer une base de données nécessaire à l'élaboration des stratégies de conservation, d'utilisation et de la gestion durable de la biodiversité. L'hypothèse centrale de cette étude est que la texture et la topographie du sol conditionnent le regroupement phytosociologique des espèces et leur arrangement spatial. Les unes ont une préférence pour le sol argileux, les autres pour le sol sableux, rocailleux ou hydromorphe. L'objectif principal de cette étude a été de faire une analyse quantitative et qualitative de la physionomie et la structure des principaux types forestiers rencontrés à UMA d'une part et de comparer les peuplements hétérogènes et monodominants du point de vue structural et floristique en vue d'en dégager les ressemblances et/ou les différences qui existent entre ces peuplements d'autre part.

2 MATERIEL ET METHODES

40 parcelles de relevés d'inventaires de 0,25 ha chacune dans deux-strates arborescentes des individus à dbh ≥ 10 cm, ces relevés d'inventaires nous ont permis d'établir une liste floristique des espèces des plantes recensées à UMA. Les plantes ont été déterminées à partir de diverses flores et publications [25-27].

A partir des informations collectées, nous avons représenté un graphique de la distribution des diamètres en classes ainsi que la courbe aire-espèces. Nous avons également calculé divers paramètres comme la surface terrière, l'indice de Valeur d'Importance des Familles (Family Importance Value, FIV) et l'Indice de Valeur d'Importance (Importance Value Index, IVI)

[28-32]. Seuls Les individus à dbh ≥ 10 cm étaient pris en compte, la structure de la forêt et la variation de sa composition floristique ont été évaluées au moyen de quarante relevés quantitatifs en tenant compte de tous les types biologiques.

Les différents relevés mesurent 2500 m² chacun, et le découpage en deux strates était basé sur la classe des hauteurs notamment les essences qui ont une hauteur ≥ 20 m, c'est-à-dire les arbres émergents plus les arbres dominants «E+A1» et la strate des arbres dominés «A2» pour laquelle nous avons considéré l'intervalle entre 6 à 19 m de hauteur. Le logiciel EstimateS a été utilisé en vue de générer les courbes à partir de 40 parcelles de relevés pour l'ensemble des formations S [33].

Pour décrire le milieu, nous avons déterminés quelques variables ayant traits à l'environnement et décrivant le sol. Au niveau de chaque parcelle, nous avons déterminée : - la texture granulométrique du sol (sol argileux, sol sablonneux et sol rocaillieux), le degré d'humidité du sol (présence permanente ou temporaire d'eau), la composition du sol (matière organique, Phosphore, pH) et la géomorphologie du milieu (pente ou plateau).

Afin d'évaluer la contribution de chacun des ensembles structuraux à travers les peuplements d'arbres, nous avons réalisé une série de comparaisons des peuplements d'arbres à travers les ensembles structuraux de nos résultats à d'autres formations tropicale tant au niveau local, régional que mondial.

L'indice de diversité de Shannon (H') a été utilisé en vue de mesurer la diversité spécifique à partir de la liste d'espèces comme précédemment décrit [34, 35]. L'indice de Morisita a été utilisé en vue de déceler la similarité entre diverses listes d'espèces en combinant les aspects quantitatif et qualitatif. Cet indice varie de 0 (pas de ressemblance soit toute valeur $< 0,5$) à 1 (ressemblance complète soit toutes valeur $> 0,5$) et permet de générer une matrice de similarité de tous les relevés [36].

En vue d'établir une corrélation entre variables environnementaux et les abondances relatives spécifiques, nous avons procédé à une analyse de co-inertie entre variable mésologique (PCA : principe component analysis ou analyse en composantes principales) et floristique (PCO) de cinq groupements végétaux définis par AHC (agglomerative hierarchical clustering ou CAH classification ascendante hiérarchisée). Le test de coefficient de corrélation de Pearson a été utilisé pour vérifier le degré de corrélation. Le logiciel R 2.10.0. a été utilisé à cette fin.

3 RESULTATS

Deux cents espèces végétales appartenant à 137 genres et 41 familles ont été répertoriées à partir de 40 relevés réalisés dans cinq peuplements d'arbres différents (Annexe 1).

3.1 STRUCTURE DES PEUPELEMENTS D'ARBRE ETUDIÉS

3.1.1 DENSITÉ ET SURFACE TERRIÈRE DES PEUPELEMENTS D'ARBRE ÉTUDIÉS

Au total 3882 individus (pour l'ensemble d'espèces) ont été recensés, soit 696 individus (348 arbres/ha) pour peuplements monodominants à Limbali sur sable blanc, 657 individus (329 arbres/ha) pour les peuplements monodominants à Limbali sur sol hydromorphe, 731 individus (365,5 arbres/ha) pour les peuplements hétérogènes de transition, 887 individus (443,5 arbres/ha) pour les peuplements hétérogènes perturbés sur sol argileux et 991 individus (460,5 arbres/ha) pour les peuplements hétérogènes sur sol peu profond et rocaillieux. Ils représentent respectivement une surface terrière de 32,85 ; 25,08 ; 25,56 ; 30,86 et 31,67 m²/ha respectivement (tableau 1). Les différences de densité ($t = 14,98$; $p < 0,01$) et de la surface terrière ($t = 16,8$; $p < 0,01$) sont significatives entre peuplements d'arbres. Par rapport aux strates, les différences de densité et de la surface terrière sont aussi significatives entre peuplements : ($t = 5,26$; $p < 0,01$), ($t = 7,26$; $p < 0,01$) dans la strate (E+A1) et ($t = 14,08$; $p < 0,01$), ($t = 9,16$; $p < 0,01$) dans la strate (A2).

Tableau 1. Distribution des densités et des surfaces terrières par strates et par peuplements

Formations	Strates	Densité (arbres/ha)	Surface terrière (m ² /ha)		DBH moyen (cm)
FMI_1	E+A1	37,5	348	21,02	32,85
	A2	310,5		11,83	19,31
FMI_2	E+A1	26,5	329	10,33	25,04
	A2	302,5		14,71	21,67
FM_T	E+A1	61	365,5	15,76	25,56
	A2	304,5		9,80	17,98
FHp_1	E+A1	30	443,5	15,13	30,86
	A2	413,5		15,73	19,77
FHp_2	E+A1	65	460,5	21,02	38,85
	A2	395,5		17,83	17,83

Légende: FMI_1 peuplement monodominant à Limbali sur sable blanc ; FMI_2 peuplement monodominant à Limbali sur sol hydromorphe ; FM_T peuplement hétérogène de transition; FHp_1 peuplement hétérogène perturbé sur sol argileux ; FHp_2 peuplement hétérogène perturbé sur sol rocailloux; E+A1 strate des arbres émergents plus les arbres dominants; A2 strate des arbres dominés.

3.1.2 STRUCTURE DIAMÉTRIQUE

Neuf classes de diamètre ont été constituées. Le plus gros diamètre moyen observé dans l'ensemble des peuplements étudiés est celui de *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae) dans les peuplements monodominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1). Le DBH moyen de cette espèce dans cette formation est de 80,96 cm. La densité relative et dominance relative est plus élevée dans les peuplements monodominants de l'Ouest respectivement ($Dr = 29,74$ et $DoR = 69,98$) dans le peuplement FMI_1 et ($Dr = 27,70$ et $DoR = 53,18$) dans FMI_1, elle est aussi présente dans les restes des peuplements étudiées à UMA. Ces peuplements présentent tous des distributions diamétrique typiques de forêts naturelles, avec une structure en J inversé. Le test de chi-carré des de contribution des classes diamétrique montre une différence significative ($\chi^2 = 5947,004$; $p < 0,01$). L'analyse des contributions de chaque classe de diamètre aux résidus de la statistique χ^2 totale montre que dans la classe 90 cm dbh, l'effectif des peuplements FMI_1a le poids le plus important, alors que dans les classes 10 – 19,9 ; 20 – 29,9 et 30 – 39,9 cm, c'est l'effectif des peuplements hétérogènes (FHp_1 et FHp_2) qui contribue le plus (Figure 1).

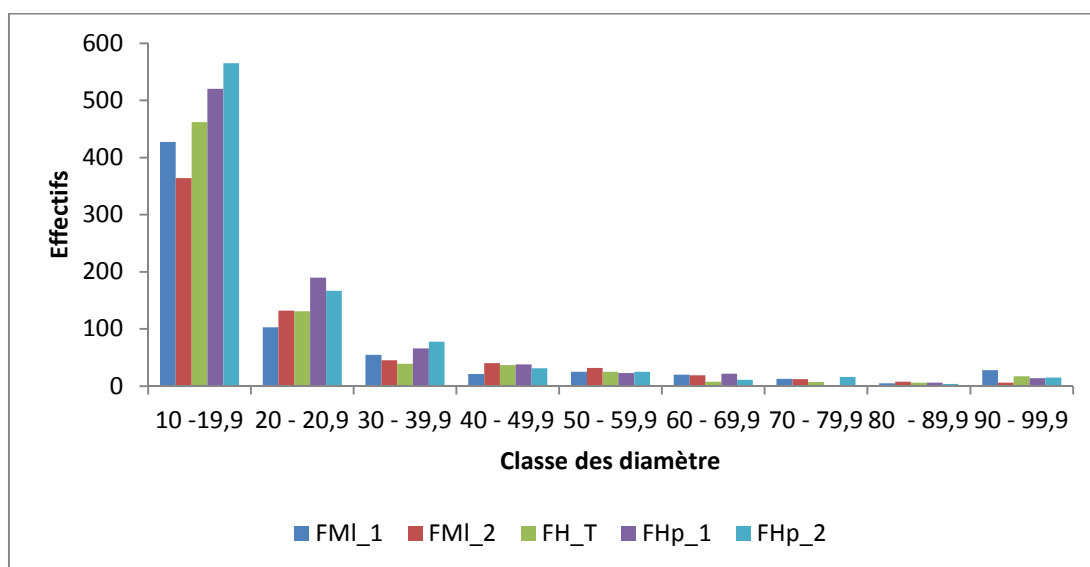


Figure 1 : Classe de diamètres (signification des classes de diamètre : 1 = 10-10,9 cm dbh ; ... ; 90 = 90-90,9 cm dbh). FMI_1 peuplement monodominant à Limbali sur sable blanc ; FMI_2 peuplement monodominant à Limbali sur sol hydromorphe ; FM_T peuplement hétérogène de transition; FHp_1 peuplement hétérogène perturbé sur sol argileux ; FHp_2 peuplement hétérogène perturbé sur sol rocailloux

La valeur d'importance relative des espèces indique que l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* est la plus importante en termes de densité relative, de dominance relative et de l'indice de valeur d'importance (IVI) dans l'ensemble des peuplements d'arbres de l'Ouest à UMA. Elle occupe des fortes valeurs de IVI sur les deux compartiments (E+A1) et (A2) à savoir : 62,04 % et 37,69% dans FMI_1 et 34,90% et 45,98% dans FMI_2 et présente dans la strate A2 de la FM_T. Par contre, elle est surtout absente dans les strates (E+A1) des peuplements hétérogènes FHp_1 et FHp_2 (Annexe1). La densité relative, la dominance relative, la fréquence relative et l'Indice de Valeur d'Importance (IVI) des peuplements d'arbres inventoriés en annexe affirme cette absence de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae) dans les strates supérieures de deux peuplements hétérogènes de l'Est à UMA. Les familles des Fabaceae sont les plus importantes, elles présentent des valeurs FIV élevés dans tous les compartiments des formations étudiées à UMA (Annexe 2).

COMPOSITION FLORISTIQUE DES PEUPLEMENTS D'ARBRE

Dans l'ensemble des relevées, les Fabaceae constituent la famille la plus représentative (18%), suivies des Meliaceae (6,5%), des Malvaceae et Sapotaceae (6%), des Clusiaceae et Annonaceae (5,5%) et des Euphorbiaceae (4,5%). Les espèces les plus représentées sont : *Gilbertiodendron dewevrei*, *Anonidium mannii*, *Pancovia harmsiana*, *Staudtia kamerounensis*, *Petersianthus macrocarpus*, *Diospyros boala*, *Julbernardia seretii*, *Cola griseiflora*, *Aidia micrantha* et *Polyalthia suaveolens*. Les effectifs des espèces, des genres et des familles identifiés par peuplements des arbres et par strate à UMA sont donnés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Les effectifs des espèces, des genres et des familles identifiées par compartiments (strate) et peuplements d'arbres identifiés et inventoriés à UMA

Formations	Strates	Effectifs d'espèces	Effectifs des genres	Effectifs des familles
FMI_1	E+A1	13	13	7
	A2	66	54	28
FMI_2	E+A1	13	13	8
	A2	82	67	31
FM_T	E+A1	29	24	12
	A2	96	73	31
FHp_1	E+A1	23	19	10
	A2	94	73	32
FHp_2	E+A1	47	45	23
	A2	126	97	34

Il ressort de ce tableau que les effectifs varient entre 13 et 47 (E+A1) d'une part, et d'autre part entre 66 et 126 (A2), pour les espèces, entre 13 et 45 (E+A1) et 54 et 97 (A2), pour les genres, entre 7 et 23 (E+A1) et 29 et 34 (A2), pour les familles. Ces résultats montrent que les espèces végétales sont irrégulièrement réparties dans les compartiments au sein des peuplements d'arbres à UMA. En outre, on peut aussi noter que les formations FHp_1 et FHp_2 sont quantitativement importantes. En effet, on y trouve respectivement : 23 espèces pour (E+A1) et 94 espèces pour (A2); 19 genres (E+A1) et 73 genres (A2); 10 familles (E+A1) et 32 familles (A2) dans les peuplements FHp_1. Par contre, on dénombre entre 47 espèces pour (E+A1) et 126 espèces pour (A2); 45 genres pour (E+A1) et 97 genres pour (A2) et 23 familles pour (E+A1) et 34 familles pour (A2) dans les peuplements FHp_2.

3.2 DIVERSITÉ FLORISTIQUE

L'analyse d'indices de biodiversité (Tableau 3) montre que les peuplements hétérogènes possèdent des valeurs de diversités plus élevées. Le test t de Student indique des différences significatives entre les différentes formations ($t=6,0337$; $p < 0,01$).

Tableau 3 : Indices de biodiversité de la forêt de UMA

Formations	Strates	Indice de Simpson	Indice de Shannon	Indice d'Equitabilité	Diversité alpha-Ficher
FMI_1	E+A1	0,36	0,69	0,57	3,07
	A2	0,89	2,84	0,85	15,75
FMI_2	E+A1	0,48	0,86	0,80	2,93
	A2	0,89	2,88	0,85	18,34
FM_T	E+A1	0,77	1,77	0,88	8,98
	A2	0,93	3,09	0,89	22,31
FHp_1	E+A1	0,74	1,54	0,93	4,40
	A2	0,94	3,24	0,88	23,06
FHp_2	E+A1	0,87	2,34	0,95	29,93
	A2	0,96	3,53	0,95	34,32

Il ressort de ce tableau que les formations végétales FHp_1 et FHp_2 sont plus riches que les autres. En effet, l'indice de Simpson varie entre de 0,74 (E+A1) à 0,94 (A2) tandis que la diversité de Shannon varie de 1,54 (E+A1) à 3,24 (A2). L'Equitabilité varie de 0,93 (E+A1) à 0,88 (A2), par contre, la diversité Alpha de Ficher varie de 4,40 (E+A1) à 23,06 (A2) dans la formation (FHp_1). Par contre, dans la formation FHp_2, l'indice de Simpson varie entre 0,87 (E+A1) et 0,96 (A2) tandis que la diversité de Shannon varie de 2,34 (E+A1) à 3,35 (A2). Par contre, l'Equitabilité est de 0,95 (E+A1) et (A2) et la diversité Alpha de Ficher varie de 29,93 (E+A1) à 34,32 (A2).

Le test t de Student indique des différences significatives entre différents peuplements pour les valeurs de diversité spécifique au niveau de la strate A2 ($t = 9,19$; $p < 0,01$) ; de valeur de l'indice de diversité de Shannon au niveau de la strate A2 ($t = 8,83$; $p < 0,01$) ; de valeur de l'indice de diversité de Simpson : ($t = -14,14$; $p < 0,01$ strate E+A1 et $t = -77,34$; $p < 0,01$ strate A2) ; de valeur l'Equitabilité : ($t = 17,005$; $p < 0,01$ strate E+A1 et $t = -60,88$; $p < 0,01$ strate A2) et de la diversité α : ($t = 6,51$; $p < 0,01$ strate A2). Mais n'indique cependant pas des différences significatives pour les valeurs de diversité spécifique ($t = 3,65$; $p\text{-value} = 0,02 > 0,01$ dans la strate E+A1) ; de Shannon-H ($t = -1,85$; $p\text{-value} = 0,137 > 0,01$ au niveau de la strate E+A1) et de Fisher alpha ($t = 1,45$; $p\text{-value} = 0,21 > 0,01$).

3.3 SIMILARITÉ FLORISTIQUE

L'analyse de la similarité montre que les peuplements monodominants de l'Ouest sont floristiquement proche (la valeur de similarité de Morisita est FMI_1 et FMI_2 : MH = 94,12%), Les peuplements hétérogènes de l'Est sont floristiquement similaires (FHp_1 et FHp_2 : MH = 68,54%). Mais, il n'y a pas similarité floristique entre peuplements d'arbres hétérogènes perturbés et peuplements d'arbres de transition (FM_T et FHp_1 : MH = 49%) et (FM_T et FHp_2 : MH = 37%).

Il n'existe pas aussi de similarité floristique entre les formations hétérogènes perturbées et monodominantes (FHp_1 et FMI_1 : MH = 21,46%) et (FHp_2 et FMI_1 : MH = 20,91%), ni entre FHp_1 et FMI_2 (MH = 16,75%) et FHp_2 et FMI_2 (MH = 19,92%). Par contre, la formation hétérogène de transition est floristiquement proches des peuplements végétaux monodominants de l'Ouest (FM_T et FMI_1 : MH = 53,22 %) et (FM_T et FMI_2 : MH = 50,39). Ainsi donc, le peuplement hétérogène de transition n'est donc qu'une forêt monodominante à *Julbernardia seretii* (Fabaceae) en dérive qui connaît un remplacement dans sa strate supérieure de l'espèce *Julbernardia seretii* par *Gilbertiodendron dewevrei*.

La figure 2 donne la courbe de raréfaction de la richesse spécifique en fonction du nombre d'individus pour chaque formation végétale.

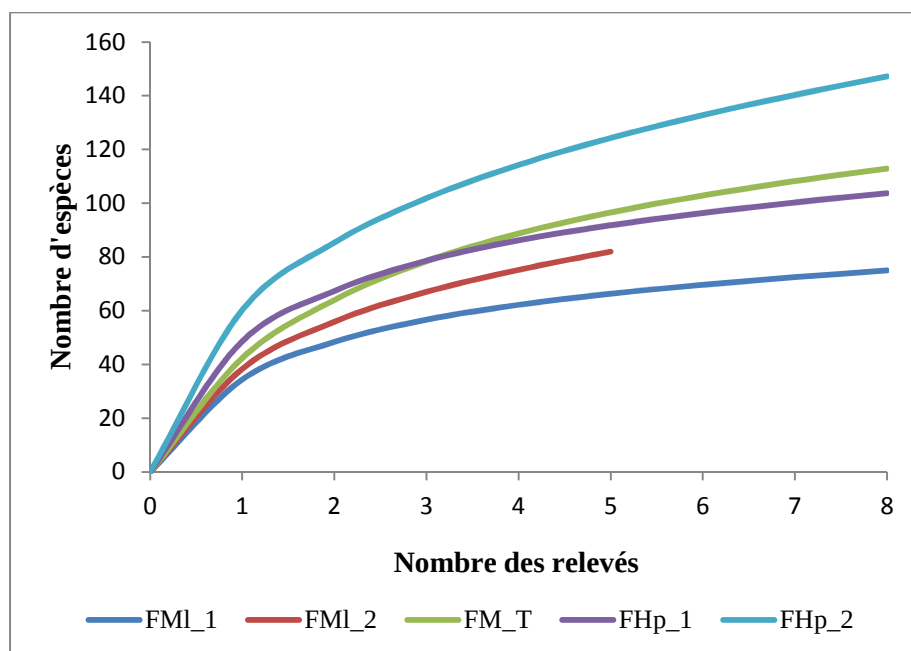


Figure 2 : Raréfaction de la richesse spécifique en fonction du nombre des relevés pour chaque peuplement d'arbre (FMI_1 : peuplement monodominant à Limbali sur sable blanc ; FMI_2 : peuplement monodominant à Limbali sur sol hydromorphe ; FM_T : peuplement hétérogène de transition; FHp_1 : peuplement hétérogène perturbé sur sol argileux ; FHp_2 : peuplement hétérogène perturbé sur sol rocailleux).

Il ressort de la figure 2 une différence nette entre les peuplements. Ces courbes d'une manière générale sont assez régulières, malgré la diminution des pentes (nous sommes encore loin d'atteindre les plateaux). L'aire minimale ne peut donc pas être atteinte avec 2 hectares. Il faut aussi signaler que la richesse spécifique coïncide entre peuplements FM_T et FHp_1 ($k(N)=80$) et que le peuplement FH_T gagne en espèces.

3.4 ORDINATION DES VÉGÉTATIONS ÉTUDIÉES

La figure 3 donne les résultats de l'analyse de Co-inertie entre variable mésologique (PCA) et floristique (PCO) de cinq peuplements d'arbres définis par AHC, α = richesse spécifique.

Dans cette approche, nous avons cherché à identifier les motifs de variation des espèces qui peuvent être expliqués par des variables observées de l'environnement. Cette analyse traite simultanément le tableau d'espèces et celui des variables environnementales pour exprimer non seulement les motifs de variation dans la composition spécifique mais aussi les liens entre espèces et variables de l'environnement [37].

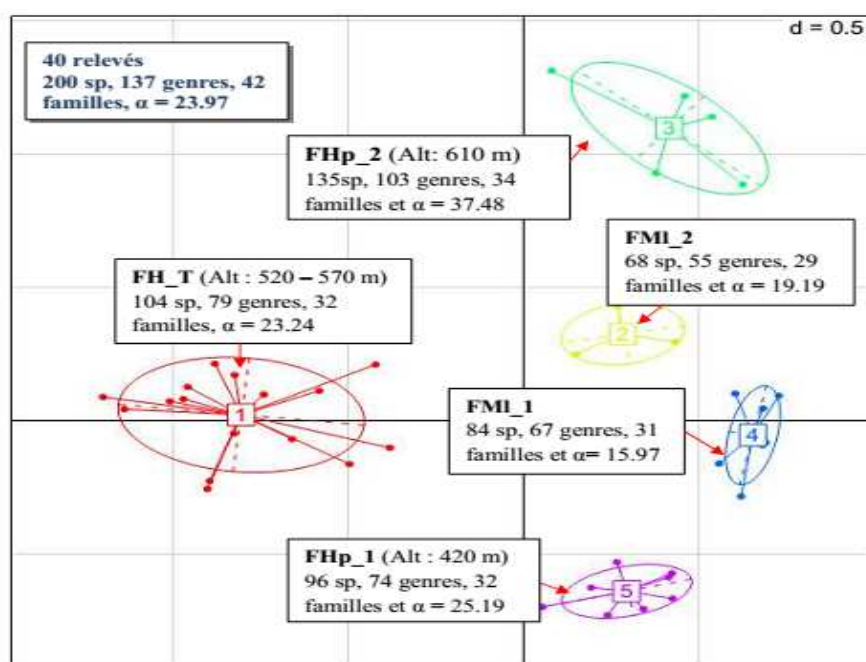


Figure 3 : Analyse de Co-inertie entre variable mésologique (PCA) et floristique (PCO) de cinq peuplements d'arbres définis par AHC, α = richesse spécifique (FMI : peuplements monodominants à Limbali, FM_T : peuplements hétérogènes de transition, FH_T = FM_T : peuplements hétérogènes, Hp : peuplements hétérogènes perturbés).

Il ressort de la figure 3 que l'interaction entre les variables mésologiques et floristiques explique l'organisation spatiale de la diversité floristique.

4 DISCUSSION

Les analyses de la densité confirment bien que les peuplements hétérogènes présentent des valeurs des densités plus élevées par rapport aux peuplements monodominants. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'ils sont en pleine évolution entraînant une forte compétition entre les arbres en termes de la lumière et des nutriments alors que les peuplements monodominants sont des formations végétales plus ou moins matures. Les densités enregistrées des formations hétérogènes à UMA sont comprises entre 300 à 700 arbres/ha, il s'agit des valeurs généralement rencontrées dans les forêts tropicales [38]. Une étude similaire a permis d'inventorier 435 tiges/ha dans la strate arborescente dans les formations hétérogènes équatoriales au Gabon [39] ; 507 tiges/ha dans la forêt des terres fermes de l'île Mbiye en RD Congo [25]; 469 tiges/ha dans la forêt secondaire vieille de Masako en RD Congo [40]; 364 tiges/ha dans la forêt à *Millettia laurentii* dans le lac Maï-Ndombe en RD-Congo [41] et 467 tiges/ha dans le peuplement à *Pericopsis elata* dans la forêt de UMA.

Selon Senterre [42] la densité moyenne à l'hectare correspond à environ 400 arbres/ha pour les arbres de dbh compris entre 10 cm et 30 cm et environ 100 arbres/ha pour les arbres de plus de 30 cm de dbh. Pour les forêts ne présentant pas des contraintes particulières, la moyenne se situe aux environs de 600 arbres/ha. A UMA, la contribution des individus d'arbres varie de 26,5 tiges/ha à 65 tiges/ha dans la strate des émergents plus dominants et de 302,5 tiges/ha à 413,5 tiges/ha dans la strate des dominées. Ces résultats montrent que les formations hétérogènes étudiées à UMA sont plus denses que la plupart des peuplements étudiés de la région, à la seule différence enregistrée dans sa strate supérieure. Cette différence peut-être expliquée par des contraintes locales due à la texture du sol peu profonde et rocailleuse (FHp_2) qui ne permet pas un bon enracinement des arbres de gros diamètre qui souvent tombent ou glissent, soit par les actions anthropiques due à l'exploitation artisanale (*Pericopsis elata*, *Entandrophragma spp*, *Canarium schweinfurthii*, *Ricinodendron heudelotii*, *Petersianthus macrocarpus*, *Dacryodes yangambiensis*, etc.) soit, l'agriculture itinérante sur brulis ou l'orpaillage.

En ce qui concerne la surface terrière, les statistiques ont indiqué une différence significative. Cette différence pourrait s'expliquer par l'influence des facteurs environnementaux et la nature du sol. En effet, dans les formations hétérogènes étudiées à UMA, la surface terrière varie de 15,13 m²/ha (E+A1) à 15,73 m²/ha (A2) pour une moyenne de 30,86 m²/ha dans (FHp_1) et de 21,02 m²/ha (E+A1) à 17,83 m²/ha (A2) pour une moyenne de 38,15 m²/ha dans (FHp_2). Ces résultats sont similaires à ceux de la part des formations des régions tropicales notamment le Gabon (35,7 m²/ha) [39] ; l'île Mbiye (50

m²/ha) [35] et la réserve de Masako (30,73 m²/ha) [40]. En forêt tropicale dense, les valeurs calculées de la surface terrière varient généralement de 25 et 50 m²/ha. [23] confirme que la valeur moyenne de la surface terrière des forêts asiatique et africaine est supérieure par rapport à celle l'Amérique. La forte valeur de la surface terrière enregistrée dans les formations hétérogènes à UMA est expliquée par le nombre des pieds (soit individus).

Du point de vue structure, nos résultats ont montré qu'il existe une différence significative entre différents groupements végétaux. La structure en J inversé pour l'ensemble des peuplements d'arbres étudiés indique une distribution caractéristique des peuplements multi-spécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre [23].

Du point de vue richesse floristique, la différence des valeurs entre peuplements est significative. Des valeurs similaires ont aussi été observées dans la plupart des peuplements en Afrique tropicale. En effet, Lomba, a inventorié 183 espèces et 37 familles dans la forêt mixte de la réserve forestière de Yoko [43]; Nshimba a inventorié 183 espèces, 131 genres et 44 familles dans la terre ferme de l'Ile Mbiye [35]; Beina a inventorié 313 espèces, 180 genres et 52 familles dans la forêt semi-décidue de Mbaiki en RCA [44]; Loris a inventorié 113 espèces et 33 familles dans la strate arborescente de la forêt de Masako [37]. Ces résultats montrent que les formations hétérogènes sont floristiquement plus riches que d'autres formations hétérogènes de la région.

Du point de vue diversité spécifique, des études réalisées par Senterre ont montré qu'en forêt tropicale, la diversité de Simpson varie de 0,85 à 0,97 pour les arbres dominants (moyenne = 0,93) et de 0,92 à 0,97 pour les arbres dominés sauf pour deux relevés de la communauté sub-montagnarde dont l'Equitabilité variait de 0,75 à 0,94 pour les arbres dominants, de 0,54 à 0,96 pour les arbres dominés [31]; Omatoko [17] a eu des valeurs de diversité similaires ($H=4,03$; $1-D=0,97$; $J=0,83$; $\alpha=35,19$) dans les peuplements *P. elata*. Ces résultats confirment que les peuplements hétérogènes inventoriés à UMA sont diversifiés par rapport aux peuplements hétérogènes à *P. elata* de la Yoko.

Les résultats de la présente étude indique que la diversité évolue sur un gradient de diversité croissant de peuplements d'arbres qui débute par les peuplements monodominants sur sol hydromorphe vers les peuplements hétérogènes sur sol rocaillieux en passant par les peuplements d'arbres monodominants de transition sur sol sableux constamment perturbés par les actions anthropiques avant de traverser les peuplements hétérogènes perturbés dans la vallée de la Tshopo de basse altitude sur sol argileux. L'augmentation de la diversité s'accompagne d'un déplacement de la composition floristique vers un pôle plus héliophile, lorsque la perturbation atteint un niveau intermédiaire (chablis plus fréquents ou plus étendus, exploitation forestière limitée) entre ces deux extrêmes, la diversité est maximale du fait de la création d'une plus grande variété de niches écologiques, les unes favorables aux héliophiles, les autres aux sciaphiles [44].

Du point de vue similarité floristique, l'analyse de la variance montre que la différence est significative ($F = 18,462$; $p < 0,01$). Les tests Morisita montrent que nous sommes devant deux communautés différentes du point de vue de leur composition floristique : [FM_T et FHp_1 (MH = 49%); FM_T et FHp_2 (MH = 37%); FHp_1 et FMI_1 (MH = 21,46%) ; FHp_2 et FMI_1 (MH = 20,91%) ; FHp_1 et FMI_2 (MH = 16,75%) ; FHp_2 et FMI_2 (MH = 19,92%)]. Les études montrent que les peuplements à *P. elata* sur Sol argileux constituent, du point de vue de la composition floristique une communauté végétale différentes de celle de leurs voisins sans *P. elata* sur Sol sableux [17, 44]. Certains facteurs du milieu comme la topographie (altitude et pente) de la parcelle et les éléments physico-chimiques du sol agissent sur la distribution des abondances relative des espèces. Ces facteurs peuvent être corrélés, négativement ou positivement, avec effet significatif sur la végétation. En plus, pour les espèces tropicales héliophiles, dont l'installation dépend des perturbations (trouées ou chablis), les variables édaphiques interagissent souvent avec la lumière pour influencer la répartition spatiale de leurs populations [45]. La perturbation anthropique induit l'apparition des peuplements perturbés sur sols argileux. Cette perturbation a été mise en évidence par la présence des peuplements d'arbres à *Pericopsis elata* dont *Entandrophragma utile*, *Canarium schweinfurthii*, *Dacryodes yangambiensis*, *Petersianthus macrocarpus*, *Musanga cecropioides* sont des espèces indicatrices. Ces espèces sont pionnières, cicatricielles des perturbations et à durée de vie longue. Dans la formation monodominante de transition à *Julbernardia seretii* sur sol sableux ayant une bonne concentration de phosphore, on note au contraire la présence des espèces héliophiles telles que *Petersianthus macrocarpus*, *Polyalthia suaveolens*, *Staudtia kamerounensis*, *Uapaca guineensis*, *Dialium pachyphyllum*, *Julbernardia seretii*, *Heisteria parvifolia*, *Anthonotha macrophylla*, *Cola griseiflora*, *Carapa procera*, *Berlinia grandifolia*, elles sont caractéristiques des forêts denses semi-décidues et tolérant aux conditions de faible luminosité.

En formation hétérogène sur un sol rocaillieux par contre, la perturbation est induite par le truchement des chutes d'arbres en permanence suite à un enracinement superficielle des arbres, ceci conduit à un renouvellement permanent de la couverture végétale des espèces telles que : *Uapaca guineensis*, *Alstonia boonei*, *Polyalthia suaveolens*, *Piptadeniastrum africanum* et *Tetrapleura tetraptera*, considérées comme espèces indicatrices de la forêt secondaire âgée ; les espèces héliophile sont plus importantes dans cette formation. Cependant, l'humidité est le facteur écologique le plus important qui

influe sur la distribution des groupements végétaux comme c'est le cas dans la forêt monodominante à Limbali sur sol hydromorphe où la permanence de l'eau empoisonne les arbres et les diaspores au bénéfice de *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae). Et dans les peuplements sur sable blanc, les conditions particulières du substrat (dont l'humidité) détruisent les diaspores de la plupart d'espèces.

5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

La présente étude avait pour but l'étude comparée de la physionomie et de la structure des principaux types forestiers rencontrés à UMA. Nous avons à cet effet, inventorié tous les arbres à dbh ≥ 10 cm dans 40 placettes de 0,25 ha (soit 10 ha). Ainsi, 3882 arbres ont été recensés : 696 (348 arbres/ha) pour les peuplements à Limbali sur sable blanc, 657 (325,5 arbres/ha) pour les peuplements à Limbali sur sol hydromorphe, 731 (365,5 arbres/ha) pour les peuplements monodominants de transition sur sol sableux, 887 (443,5 arbres/ha) pour les peuplements hétérogènes perturbés sur sol argileux et 991 (455,5 arbres/ha) pour les peuplements hétérogènes sur sol peu profond et rocaillieux. Ils représentent respectivement une surface terrière de 32,85 m²/ha ; 25,08 m²/ha ; 25,56 m²/ha ; 30,86 m²/ha et 31,67 m²/ha. Le test statistique indique qu'il existe une différence significative entre différents peuplements en termes de diversité spécifique, d'indice de Shannon et de diversité alpha au niveau de la strate A2; d'indice de Simpson et d'Equitabilité (au niveau des strates E+A1 et A2). Cependant aucune différence n'a été observée en ce qui concerne la diversité spécifique; l'index de Shannon et l'index de Fisher (alpha) au niveau de la strate (E+A1). Aussi, il n'existe pas similarité du point de vue composition floristique entre les peuplements hétérogènes et monodominants. Ces deux peuplements d'arbres forment des communautés différentes. Par contre, les peuplements monodominants de transition se rapprochent du point de vue floristique des peuplements d'arbres monodominants à Limbali sur sable blanc et monodominants sur sol hydromorphe. Ainsi donc, les peuplements hétérogènes de transition n'est qu'une forêt monodominante à *Julbernardia seretii* (Fabaceae) climatique en dérive. L'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* remplace l'espèce *Julbernardia seretii* dans sa strate des dominées (A2).

REFERENCES

- [1] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [2] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [3] B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, K.P. Museu, K.N. Ngbolua. A preliminary survey of the amphibian fauna of Kisangani eco-region, Democratic Republic of the Congo. J. of Advanced Botany and Zoology, V3I4. DOI: 10.15297/JABZ.V3I4.01, 2015.
- [4] P. Baelo, J.A. Asimonyio, S. Gambalemoke, N. Amundala, R. Kiakenya, E. Verheyen, A. Laudisoit, K.N. Ngbolua. Reproduction et structure des populations des Sciuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 428-442, 2016.
- [5] P. Baelo, C. Kahandi, J. Akuboyi1, J.L. Juakaly, K.N. Ngbolua. Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de Manihot esculenta Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 412-418, 2016.
- [6] J.K. Kambale, F.M. Feza, J.M. Tsongo, J.A. Asimonyio, S. Mapeta, H. Nshimba, B.Z. Gbolo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 1, pp. 51-60, 2016.
- [7] J.-L.K. Kambale, J.A. Asimonyio, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Tsongo, P.K. Kavira, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 309-321, 2016.
- [8] J.-L.K. Kambale, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Omatoko, F.B. Kirongozi, O.D. Basa, E.P. Bugenthoo, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, K.N. Ngbolua. Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 300-308, 2016.

- [9] P.K. Kavira, F.B. Kirongozi, J.-L.K. Kambale, J.M. Tsongo, N.A. Shalufa, K.K. Bukasa, P.Y. Sabongo, H.K. Nzapo, K.N. Ngbolua. Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 24, no. 2, pp. 322-331, 2016.
- [10] T.B. Mambo, J.U. Thumitho, E.L. Tambwe, C.M. Danadu, J.A. Asimonyio, A.B. Kankonda, J.A. Ulyel, C.M. Falanga, K.N. Ngbolua. Etude qualitative du régime alimentaire de *Hippopotamyrus psittacus* (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 21, no. 2, pp. 321-329, 2016.
- [11] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [12] K.N. Ngbolua, J.A. Asimonyio, N. Ndrodza, B. Mambo, P. Bugenthoo, Y. Isangi, J.K. Mukirania, L. Ratsina, N.K. Ngombe, P.T. Mpiana. Valeur nutritive et teneur en acide cyanhydrique de huit espèces végétales consommées par *Okapia johnstoni* (Mammalia: Giraffidae) en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 23, no. 2, pp. 419-427, 2016.
- [13] K.N. Ngbolua, B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V4I1 DOI: 10.15297/JABZ.V4I1.04, 2016.
- [14] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.02, 2015.
- [15] 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 Democratic Republic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. *Journal of Advanced Botany & Zoology*. V2I1. DOI: 10.15297/JABZ.V2I1.02, 2014.
- [16] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de *Cola acuminata* (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). *Congo Sciences* Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [17] J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 13, no. 2, pp. 452-463, 2015.
- [18] J.U. Thumitho, T.B. Mambo, C.C. Urom, J.C. Ngab'u, A.B. Kankonda, A.P. Ulyel, M.G. Ngemale, K.N. Ngbolua. Ecologie alimentaire de *Ichthyoborus besse congolensis* (Giltay, 1930 ;Teleostei: Distichodontidae) de rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko (RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, no. 2, pp. 330-341.
- [19] J.M. Tsongo , P. Sabongo , J.K. Kambale , B.T. Malombo , E.W. Katembo , P.K. Kavira , J.A. Asimonyio , P.M. Konga , K.N. Ngbolua. Régénération naturelle de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Leguminosae) dans la réserve forestière de Masako à Kisangani, République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 21, no. 1, pp. 61-68, 2016.
- [20] J.B. Akuboy, F. Bapeamoni, G. Tungaluna, G.B. Badjedjea, L. Baelo, J.A. Asimonyio, A. Laudisoit, A. Dudu, K.N. Ngbolua. Diversité et répartition des ophiidiens (Reptilia) dans les trois aires protégées de la province orientale RD .Congo, *International journal of innovation and Scientific Research* Vol. 23, no. 2, pp. 476-484. 2016.
- [21] E.Y. Isangi, E.M. Katungu, C.K. Mukirania, J.K. Kosele, P. Baelo, E.P. Bugenthoo, S. Gambalemoke, J.A. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Biodiversité des rongeurs et musaraignes de la forêt de Yasikia (Opala, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 1, pp. 146-160, 2016.
- [22] E. Okangola, E. Solomo, Y. Lituka, W.B. Tchatchambe, M. Mate, A. Upoki, A. Dudu, J.A. Asimonyio, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etude ethnobotanique et floristique de quelques plantes hôtes des chenilles comestibles à usage médicinal dans le secteur de Bakumu-Mangongo (Territoire d'Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 1, pp. 161-168, 2016.
- [23] J.P. Pascal. Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. *Rev. For.* LV. Numéro spécial, pp. 118-130, 2003.
- [24] F.A.O. Situation des forêts dans le monde. FAO : Rome, 2001.
- [25] J. Lejoly, M.B. Ndjele, D. Geerinck. Catalogue-Flore des plantes vasculaires des districts de Kisangani et de la Tshopo (RDC). Université Libre de Bruxelles, BRLU, 2010.

- [26] M. Nyakabwa. Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences, Université de Kisangani. République Démocratique du Congo, 1982.
- [27] C. Raunkiaer. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography. Oxford University Press, Oxford, U.K., 1934.
- [28] B. Rollet. Application de diverses méthodes d'analyse de données à des inventaires forestiers détaillés levés en forêt tropicale. OEcol. Plant. Vol. 14, no. 3, pp. 319-344, 1974.
- [29] M. Gounot. Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson & Cie, Paris, 1979.
- [30] J.L. Devineau. Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'Ouest africain (Côte d'Ivoire) Thèse de doctorat d'Etat. Sciences naturelles. Université Pierre et Marie Curies. Paris VI, France, 1984.
- [31] H. terSteege., D. Sabatier, H. Castellanos, T.van Andel , J. Duivenvoorden, A.A. Oliveira. R.de, Ek, R. Lilwah, P. Maas and S.A. Mori. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. Journal of Tropical Ecology Vol. 16, pp. 801-828, 2000.
- [32] M. Colyn. A. Gautier-hion. Origine, maintien et perte de biodiversité dans les forêts tropicales d'Afrique Centrale. Rapport final, CEE DG VIII/D/5, pp. 1-25, 1998.
- [33] R.K. Colwell, D.C Lees. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. Trends in Ecology and Evolution Vol. 15, pp.70-76.
- [34] E. Shannon, W. Weaver. "The mathematical theory of communication." The University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA, 1962.
- [35] S.M. Nshimba. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RDC. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2008.
- [36] O. Hardy. Testing the spatial phylogenetic structure of local communities: statistical performances of different null models and test of statistics on a locally neutral community. Journal of Ecology Vol. 96, pp. 914-926, 2008.
- [37] A. Guisan., T.C. Edwards, T. Hastie. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. Ecological Modelling Vol. 157, pp. 89-100, 2002.
- [38] P.W. Richards. The tropical rain forest. 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- [39] J.M. Reitsma. Végétation forestière du Gabon. The TropenbosFondation. Ede, the Netherlands, 1988.
- [40] L. Loris. Analyse de la diversité floristique dans les diverses strates des forêts denses de Masako (Kisangani, R.D. Congo). Mémoire D.E.A, Faculté des Sciences, 2009.
- [41] M. Menga. Ecologie des peuplements naturels de *Millettia laurentii* De Wild. (Wenge) dans la région du lac Maï-Ndombe, en RD Congo- Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, 2011.
- [42] B. Senterre. Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la Phytogéographie des forêts denses d'Afrique Tropicale. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2005.
- [43] L. Lomba. Contribution à l'étude de la phytodiversité de la Réserve Forestière de Yoko (Ubundu, R.D.Congo), Mémoire de D.E.S, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, République Démocratique du Congo, 2007.
- [44] D. Beina. Diversité floristique de la forêt dense semi-décidue de Mbaïki, République centrafricaine. Etude expérimentale de l'impact de deux types d'intervention sylvicole. Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne, 2011.
- [45] B. Boyemba. Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2011.

ANNEXE 1

Espèces, relevés, occurrences, nombre d'individus, fréquence, densité relative, dominance relative et indice de valeur d'importance par strate.

Peuplement monodominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1)

Strate (E+A1)															
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR(%)	IVI	
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	8	8	6	1	3	9	11	11	8	57	8.19	8.19	53.85	70.23	
<i>Cynometra sessiliflora</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	0.29	0.29	1.79	2.37	
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0.29	0.29	1.67	2.25	
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0.29	0.29	1.25	1.83	
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	3	3	0.43	0.43	0.83	1.69	
<i>Prioria oxyphylla</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0.29	0.29	1.01	1.59	
<i>Celtis tessmannii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.84	1.13	
<i>Copaifera mildbraedii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.14	0.14	0.75	1.03	
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.64	0.92	
<i>Tessmannia anomala</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.35	0.64	
<i>Ongokea gore</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.34	0.63	
<i>Dialium corbisieri</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.14	0.14	0.33	0.61	
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.33	0.61	
Strate (A2)															
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR(%)	IVI	
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	22	20	12	13	33	20	22	8	8	150	21.55	21.55	16.14	59.24	
<i>Cola griseiflora</i>	4	4	4	9	7	13	10	11	8	62	8.91	8.91	1.80	19.62	
<i>Staudtia kamerounensis</i>	3	6	7	5	3	5	2	6	8	37	5.32	5.32	1.31	11.94	
<i>Anonidium mannii</i>	2	4	4	4	3	4	0	6	7	27	3.88	3.88	1.62	9.38	
<i>Diogoa zenkeri</i>	4	1	5	2	3	3	4	1	8	23	3.30	3.30	1.23	7.84	
<i>Polyalthia suaveolens</i>	6	4	2	2	0	3	3	3	7	23	3.30	3.30	0.81	7.41	
<i>Pycnanthus angolensis</i>	5	4	2	2	3	0	1	3	7	20	2.87	2.87	0.53	6.27	
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	1	2	2	7	0	0	0	2	5	14	2.01	2.01	1.26	5.28	
<i>Diospyros boala</i>	0	2	4	0	2	4	2	1	7	15	2.16	2.16	0.44	4.75	
<i>Heisteria parvifolia</i>	2	2	0	2	2	1	2	4	7	15	2.16	2.16	0.43	4.74	
<i>Garcinia staudtii</i>	3	1	1	0	0	5	5	0	5	15	2.16	2.16	0.35	4.66	
<i>Diospyros sp</i>	2	2	0	0	1	5	4	0	5	14	2.01	2.01	0.39	4.41	
<i>Pancovia harmsiana</i>	2	2	1	0	2	2	2	1	8	12	1.72	1.72	0.24	3.68	
<i>Strombosiopsis tetrandra</i>	1	2	2	1	2	0	1	2	7	11	1.58	1.58	0.47	3.63	
<i>Beilschmiedia congolana</i>	0	0	0	0	1	4	2	3	4	10	1.44	1.44	0.66	3.54	
<i>Diospyros ituriensis</i>	2	1	3	2	0	2	0	0	5	10	1.44	1.44	0.21	3.09	
<i>Celtis tessmannii</i>	1	1	2	2	1	0	0	1	6	8	1.15	1.15	0.69	2.99	
<i>Coelocaryon botryoides</i>	0	1	1	2	3	0	0	2	5	9	1.29	1.29	0.29	2.88	
<i>Dacryodes edulis</i>	4	0	0	0	0	1	2	2	4	9	1.29	1.29	0.23	2.82	
<i>Tridemostemon omphalocarpoides</i>	0	0	2	4	0	1	1	0	4	8	1.15	1.15	0.50	2.80	
<i>Blighia welwitschii</i>	1	1	1	2	0	0	2	1	6	8	1.15	1.15	0.37	2.67	
<i>Phyllocosmus africanus</i>	1	0	2	0	1	0	0	3	4	7	1.01	1.01	0.20	2.21	
<i>Chrysophyllum africanum</i>	0	0	1	3	0	0	0	2	3	6	0.86	0.86	0.34	2.06	
<i>Manilkara malcoleus</i>	0	0	1	1	2	0	2	0	4	6	0.86	0.86	0.23	1.95	
<i>Synsepalum subcordatum</i>	1	0	1	2	0	1	0	0	4	5	0.72	0.72	0.37	1.81	
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0	0	4	1	0	0	0	0	2	5	0.72	0.72	0.28	1.72	
<i>Drypetes louisii</i>	0	1	0	1	2	0	1	0	4	5	0.72	0.72	0.19	1.63	
<i>Strombosia pustulata</i>	0	1	1	0	1	0	0	2	4	5	0.72	0.72	0.13	1.56	

<i>Quassia sylvestris</i>	1	0	0	1	0	0	0	2	3	4	0.57	0.57	0.39	1.54
<i>Tessmannia anomala</i>	1	0	0	0	1	0	2	0	3	4	0.57	0.57	0.37	1.52
<i>Aidia micrantha</i>	0	0	0	1	1	0	2	1	4	5	0.72	0.72	0.07	1.51
<i>Guarea thompsonii</i>	0	0	0	1	2	0	0	1	3	4	0.57	0.57	0.21	1.36
<i>Dialium corbisieri</i>	0	1	1	1	0	0	0	1	4	4	0.57	0.57	0.12	1.27
<i>Chrysophyllum pruniforme</i>	0	0	0	1	2	0	1	0	3	4	0.57	0.57	0.12	1.27
<i>Garcinia sp</i>	0	0	0	0	1	2	0	1	3	4	0.57	0.57	0.12	1.27
<i>Vitex welwitschii</i>	0	1	0	1	0	0	0	1	3	3	0.43	0.43	0.30	1.16
<i>Funtumia elastica</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	2	3	0.43	0.43	0.11	0.97
<i>Microdesmis yafungana</i>	0	1	0	0	0	0	0	2	2	3	0.43	0.43	0.10	0.96
<i>Trichilia prieureana</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	3	3	0.43	0.43	0.10	0.96
<i>Strombosia grandifolia</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	1	3	0.43	0.43	0.10	0.96
<i>Prioria oxyphylla</i>	0	0	0	0	0	2	0	1	2	3	0.43	0.43	0.08	0.94
<i>Anthonotha macrophylla</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	2	2	0.29	0.29	0.34	0.92
<i>Autranella congolensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.42	0.71
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0.29	0.29	0.12	0.70
<i>Coelocaryon preussi</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0.29	0.29	0.08	0.66
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0.29	0.29	0.08	0.66
<i>Berlinia grandifolia</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0.29	0.29	0.08	0.65
<i>Diospyros crassiflora</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	2	2	0.29	0.29	0.07	0.64
<i>Pancovia laurentii</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0.29	0.29	0.05	0.63
<i>Allanblackia marienii</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0.29	0.29	0.04	0.62
<i>Diospyros gilletii</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	0.29	0.29	0.04	0.61
<i>Monodora angolensis</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0.29	0.29	0.03	0.60
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.14	0.14	0.23	0.51
<i>Macaranga spinosa</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.16	0.45
<i>Dialium pachyphyllum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.14	0.14	0.08	0.37
<i>Cleistopholis glauca</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.07	0.36
<i>Grewia trinervia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03	0.32
<i>Pouteria robusta</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03	0.32
<i>Eriocoelum microspermum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03	0.32
<i>Pouteria altissima</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	.03	0.31
<i>Treculia africana</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02	0.31
<i>Barteria nigritana</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02	0.31
<i>Ongokea gore</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.14	0.14	0.02	0.31
<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02	0.30
<i>Berlinia bracteosa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02	0.30
<i>Irvingia grandifolia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.14	0.14	0.01	0.30

Peuplement monodominants à Limbali sur sol hydromorphe (FMI_2)

Strate (E+A1)														
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr(%)	Dr (%)	DoR (%)	IVI
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	8	1	0	4	2	6	6	4	7	31	4.72	4.72	30.18	39.62
<i>Uapaca guineensis</i>	0	1	2	0	0	0	0	2	3	5	0.76	0.76	1.99	3.51
<i>Parinari excelsa</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	2	2	0.30	0.30	1.57	2.18
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	1	0	0	0	0	1	0	1	3	3	0.46	0.46	1.09	2.01
<i>Prioria oxyphylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0.30	0.30	1.07	1.67
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	0.30	0.30	1.02	1.63
<i>Funtumia elastica</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.15	0.15	0.95	1.26
<i>Pycnanthus marchalianus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.84	1.14
<i>Anthonotha fragrans</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.70	1.01
<i>Manilkara malcoleus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.15	0.15	0.63	0.94
<i>Tessmannia africana</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.53	0.83
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.43	0.74
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.15	0.15	0.32	0.62
Strate (A2)														
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr(%)	Dr (%)	DoR (%)	IVI
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	17	21	20	21	17	22	21	12	8	151	22.98	22.98	23.00	68.97
<i>Diospyros sp</i>	6	3	4	6	6	4	6	3	8	38	5.78	5.78	1.81	13.38
<i>Anonidium mannii</i>	2	1	0	3	3	5	2	7	7	23	3.50	3.50	3.83	10.83
<i>Cola griseiflora</i>	1	2	2	1	6	5	1	9	8	27	4.11	4.11	1.08	9.30
<i>Pycnanthus marchalianus</i>	2	2	6	1	1	0	4	2	7	18	2.74	2.74	3.10	8.57
<i>Heisteria parvifolia</i>	4	2	1	3	2	1	2	4	8	19	2.89	2.89	0.92	6.70
<i>Lasiodiscus mannii</i>	2	5	7	3	0	0	0	0	4	17	2.59	2.59	1.12	6.29
<i>Staudtia kamerounensis</i>	3	3	1	0	3	2	2	4	7	18	2.74	2.74	0.58	6.06
<i>Phyllocosmus africanus</i>	4	1	1	1	1	0	3	3	7	14	2.13	2.13	1.29	5.56
<i>Trichilia prieureana</i>	1	1	0	0	1	2	2	5	6	12	1.83	1.83	0.99	4.65
<i>Strombosia grandifolia</i>	1	2	4	0	0	2	2	1	6	12	1.83	1.83	0.85	4.50
<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	6	1	0	2	3	1	0	0	5	13	1.98	1.98	0.50	4.45
<i>Garcinia staudtii</i>	2	1	0	0	0	2	5	2	5	12	1.83	1.83	0.53	4.18
<i>Coelocaryon preussi</i>	0	1	0	2	0	1	3	4	5	11	1.67	1.67	0.71	4.06
<i>Dacryodes edulis</i>	1	1	0	1	2	2	3	2	7	12	1.83	1.83	0.35	4.01
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	2	1	1	0	3	1	2	1	7	11	1.67	1.67	0.59	3.94
<i>Manilkara malcoleus</i>	2	2	0	0	1	1	1	2	6	9	1.37	1.37	1.13	3.87
<i>Pancovia harmsiana</i>	1	0	1	0	0	1	0	8	4	11	1.67	1.67	0.37	3.72
<i>Eriocoelum microspermum</i>	0	4	3	3	0	0	0	0	3	10	1.52	1.52	0.59	3.64
<i>Uapaca guineensis</i>	1	3	3	1	0	0	0	2	4	10	1.52	1.52	0.44	3.49
<i>Symphonia globulifera</i>	1	1	4	0	0	0	0	0	3	6	0.91	0.91	1.51	3.34
<i>Diogoia zenkeri</i>	0	0	0	1	2	1	2	2	5	8	1.22	1.22	0.72	3.16
<i>Hallea stipulosa</i>	0	0	1	1	1	0	2	0	4	5	0.76	0.76	1.36	2.89
<i>Celtis tessmannii</i>	1	1	0	2	2	0	0	1	5	7	1.07	1.07	0.66	2.79
<i>Tridestemon omphalocarpoides</i>	0	0	0	0	2	0	1	4	3	7	1.07	1.07	0.51	2.64
<i>Polyalthia suaveolens</i>	1	1	0	0	3	0	0	2	4	7	1.07	1.07	0.41	2.54
<i>Berlinia bracteosa</i>	0	4	1	0	1	0	0	0	3	6	0.91	0.91	0.43	2.26
<i>Dialium corbisieri</i>	2	0	0	0	3	0	1	0	3	6	0.91	0.91	0.37	2.20
<i>Panda oleosa</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	4	4	0.61	0.61	0.71	1.93
<i>Anthonotha fragrans</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	3	3	0.46	0.46	0.87	1.78
<i>Strombosia pustulata</i>	0	0	0	0	1	4	0	0	2	5	0.76	0.76	0.22	1.74
<i>Pseudospondias microcarpa</i>	0	0	2	0	0	0	0	1	2	3	0.46	0.46	0.81	1.73
<i>Prioria oxyphylla</i>	2	0	0	1	1	0	0	0	3	4	0.61	0.61	0.31	1.52

<i>Pterocarpus soyauxii</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	3	3	0.46	0.46	0.60	1.51
<i>Funtumia elastica</i>	0	1	2	0	0	0	0	1	3	4	0.61	0.61	0.21	1.43
<i>Treculia africana</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	2	4	0.61	0.61	0.17	1.38
<i>Chlamydocola chlamydantha</i>	2	0	2	0	0	0	0	0	2	4	0.61	0.61	0.15	1.36
<i>Aidia micrantha</i>	1	2	0	1	0	0	0	0	3	4	0.61	0.61	0.11	1.33
<i>Berlinia grandifolia</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0.46	0.46	0.28	1.19
<i>Strombosiaopsis tetrandra</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	3	3	0.46	0.46	0.22	1.14
<i>Quassia sylvestris</i>	0	1	0	0	0	0	0	2	2	3	0.46	0.46	0.18	1.10
<i>Drypetes louisii</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	0.46	0.46	0.12	1.04
<i>Garcinia sp</i>	1	0	1	0	0	1	0	0	3	3	0.46	0.46	0.09	1.00
<i>Diospyros ituriensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	0.46	0.46	0.07	0.99
<i>Garcinia kola</i>	0	2	0	1	0	0	0	0	2	3	0.46	0.46	0.07	0.99
<i>Chrysophyllum africanum</i>	0	1	0	1	0	0	0	1	3	3	0.46	0.46	0.07	0.99
<i>Anthonotha macrophylla</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0.30	0.30	0.22	0.83
<i>Grewia louisii</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	2	2	0.30	0.30	0.20	0.81
<i>Afzelia pachyphyllum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.15	0.15	0.49	0.80
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	1	2	0.30	0.30	0.13	0.74
<i>Dialium pachyphyllum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.43	0.74
<i>Garcinia epunctata</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0.30	0.30	0.11	0.72
<i>Didymosalpinx lanciloba</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	2	2	0.30	0.30	0.09	0.70
<i>Microdesmis yafungana</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0.30	0.30	0.08	0.69
<i>Chrysophyllum pruniforme</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0.30	0.30	0.06	0.67
<i>Musanga cecropioides</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.34	0.64
<i>Cleistopholis glauca</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.27	0.57
<i>Synsepalum subcordatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.15	0.15	0.13	0.44
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.13	0.43
<i>Trichilia welwitschii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.10	0.40
<i>Syzygium staudtii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.09	0.39
<i>Diospyros gillettii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.07	0.38
<i>Guarea thompsonii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.15	0.15	0.07	0.37
<i>Coelocaryon botryoides</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.06	0.36
<i>Isolona hexaloba</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.06	0.36
<i>Desplatsia dewevrei</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.15	0.15	0.06	0.36
<i>Tessmannia anomala</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.15	0.15	0.05	0.36
<i>Nauclea pobeguini</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.15	0.15	0.04	0.35
<i>Cynometra sessiliflora</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.04	0.35
<i>Rhabdophyllum arnoldianum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.04	0.35
<i>Prioria balsamifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.15	0.15	0.04	0.34
<i>Blighia welwitschii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.15	0.15	0.03	0.33
<i>Dracaena arborea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.03	0.33
<i>Macaranga monandra</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.03	0.33
<i>Turraeanthus africanus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.03	0.33
<i>Diospyros boala</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.02	0.33
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.02	0.32
<i>Dichostemma glaucescens</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.02	0.32
<i>Napoleonaea septentrionalis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.02	0.32
<i>Trichilia sp</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.02	0.32
<i>Barteria nigritana</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.15	0.15	0.02	0.32
<i>Oncoba crepiniana</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	0.15	0.02	0.32

Peuplement monodominants de transition à *Julbernardia seretii* et *Cynometra hankei* sur sol sableux (FM_T)

Strate (E+A1)													
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)
<i>Julbernardia seretii</i>	4	9	4	2	10	6	6	2	8	43	5.88	5.88	21.58
<i>Cynometra hankei</i>	0	0	0	1	4	4	2	3	5	14	1.92	1.92	10.79
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	3	2	1	0	1	0	0	1	5	8	1.09	1.09	6.67
<i>Cynometra sessiliflora</i>	3	4	2	1	0	0	0	0	4	10	1.37	1.37	5.63
<i>Prioria oxyphylla</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2	0.27	0.27	2.29
<i>Alstonia boonei</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	3	3	0.41	0.41	2.09
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	0	0	0	0	2	0	0	2	2	4	0.55	0.55	2.06
<i>Canarium schweinfurthii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	1.54
<i>Ongokea gore</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.14	0.14	1.40
<i>Hymenostegia pelegrii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	1.24
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	3	3	0.41	0.41	1.05
<i>Garcinia punctata</i>	1	0	0	0	1	2	1	0	4	5	0.68	0.68	0.85
<i>Pericopsis elata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.62
<i>Xylia ghesquierei</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0.27	0.27	0.61
<i>Lannea welwitschii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.53
<i>Treulia africana</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.50
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.47
<i>Chrysophyllum pruniforme</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	2	3	0.41	0.41	0.33
<i>Polyalthia suaveolens</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.26
<i>Strombosiaopsis tetrandra</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.18
<i>Entandrophragma utile</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.18
<i>Ganophyllum sp</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.18
<i>Dialium pachyphyllum</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.14
<i>Dialium excelsum</i>	2	1	0	0	0	0	0	0	2	3	0.41	0.41	0.13
<i>Berlinia grandiflora</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2	0.27	0.27	0.11
<i>Dacryodes edulis</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	2	2	0.27	0.27	0.09
<i>Entandrophragma candollei</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.07
<i>Dialium sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.14	0.14	0.05
<i>Dacryodes yangambiensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03
Strate (A2)													
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	12	10	6	10	13	9	2	4	66	66	9.03	9.03	5.71
<i>Pseudospondias microcarpa</i>	0	0	0	5	1	1	0	0	7	7	0.96	0.96	3.11
<i>Diospyros boala</i>	4	6	2	7	12	16	5	12	64	64	8.76	8.76	2.71
<i>Pancovia harmsiana</i>	7	17	5	6	6	6	7	1	55	55	7.52	7.52	1.87
<i>Cynometra hankei</i>	0	0	0	0	8	7	2	1	18	18	2.46	2.46	1.72
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	1	2	0	0	1	0	6	1	11	11	1.50	1.50	1.54
<i>Staudtia kamerounensis</i>	4	5	3	1	9	4	2	1	29	29	3.97	3.97	1.26
<i>Julbernardia seretii</i>	3	3	8	1	4	0	2	5	26	26	3.56	3.56	1.18
<i>Celtis tessmannii</i>	0	3	2	3	0	0	1	2	11	11	1.50	1.50	1.00
<i>Drypetes gossweileri</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0.27	0.27	0.90
<i>Strombosia grandifolia</i>	1	0	0	1	1	2	2	0	7	7	0.96	0.96	0.86
<i>Panda oleosa</i>	0	1	0	0	3	2	2	0	8	8	1.09	1.09	0.84
<i>Strombosia pustulata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.14	0.14	0.79
<i>Diospyros ituriensis</i>	1	3	0	10	2	3	0	0	19	19	2.60	2.60	0.76
<i>Anthonotha macrophylla</i>	0	1	0	0	2	0	0	1	4	4	0.55	0.55	0.69
<i>Desplatsia dewevrei</i>	0	0	0	2	3	3	1	0	9	9	1.23	1.23	0.63
<i>Musanga cecropioides</i>	0	0	1	0	1	2	4	4	12	12	1.64	1.64	0.56

<i>Albizia gummifera</i>	0	0	0	1	0	0	1	2	4	4	0.55	0.55	0.54
<i>Xylia ghesquierei</i>	1	1	0	1	2	1	1	2	9	9	1.23	1.23	0.53
<i>Diogoia zenkeri</i>	0	0	0	0	4	2	2	2	10	10	1.37	1.37	0.53
<i>Aidia micrantha</i>	6	6	3	0	0	0	0	1	16	16	2.19	2.19	0.51
<i>Ficus sp</i>	0	0	2	2	2	0	0	0	6	6	0.82	0.82	0.47
<i>Cola griseiflora</i>	3	7	1	0	3	1	0	0	15	15	2.05	2.05	0.44
<i>Drypetes sp</i>	2	0	1	1	4	5	1	3	17	17	2.33	2.33	0.42
<i>Funtumia africana</i>	3	0	0	0	1	1	0	0	5	5	0.68	0.68	0.39
<i>Milicia excelsa</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	4	4	0.55	0.55	0.38
<i>Guarea cedrata</i>	0	0	0	0	2	0	0	1	3	3	0.41	0.41	0.35
<i>Pycnanthus angolensis</i>	2	1	1	1	4	1	0	0	10	10	1.37	1.37	0.33
<i>Cleistopholis glauca</i>	0	0	0	0	1	1	1	2	5	5	0.68	0.68	0.33
<i>Drypetes bipendensis</i>	1	3	1	1	0	0	0	0	6	6	0.82	0.82	0.31
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	3	3	0.41	0.41	0.31
<i>Grewia trinervia</i>	0	0	0	0	2	4	0	0	6	6	0.82	0.82	0.30
<i>Hymenostegia pelegrii</i>	1	2	0	0	1	1	0	0	5	5	0.68	0.68	0.29
<i>Symphonia globulifera</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.28
<i>Indéterminer</i>	2	1	0	0	3	1	0	0	7	7	0.96	0.96	0.28
<i>Trichilia sp</i>	0	0	1	1	0	0	1	1	4	4	0.55	0.55	0.27
<i>Blighia unijugata</i>	0	1	2	2	0	0	0	0	5	5	0.68	0.68	0.25
<i>Vitex welwitschii</i>	2	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0.41	0.41	0.21
<i>Diospyros crassiflora</i>	0	1	1	1	1	0	0	1	5	5	0.68	0.68	0.19
<i>Grossera multinervis</i>	1	0	3	0	0	0	0	0	4	4	0.55	0.55	0.18
<i>Garcinia staudtii</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	3	3	0.41	0.41	0.18
<i>Prioria oxyphylla</i>	0	1	2	0	0	0	0	0	3	3	0.41	0.41	0.18
<i>Sterculia tragacantha</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0.27	0.27	0.17
<i>Trichilia prieureana</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	4	4	0.55	0.55	0.17
<i>Garcinia punctata</i>	0	1	1	0	1	0	1	0	4	4	0.55	0.55	0.17
<i>Pancovia laurentii</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.16
<i>Afzelia sp</i>	0	0	0	1	2	0	0	0	3	3	0.41	0.41	0.16
<i>Grewia oligoneura</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	3	3	0.41	0.41	0.15
<i>Chlamydocola chlamydantha</i>	0	0	1	1	2	1	1	0	6	6	0.82	0.82	0.15
<i>Diospyros sp</i>	1	0	1	0	1	1	0	1	5	5	0.68	0.68	0.13
<i>Celtis mildbraedii</i>	1	1	2	0	0	0	0	0	4	4	0.55	0.55	0.12
<i>Polyalthia suaveolens</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	3	3	0.41	0.41	0.12
<i>Octoknema affinis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.12
<i>Pericopsis elata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.11
<i>Parinari excelsa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.11
<i>Garcinia epunctata</i>	0	0	0	0	2	0	1	1	4	4	0.55	0.55	0.11
<i>Lannea welwitschii</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.10
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.09
<i>Macaranga monandra</i>	0	1	0	0	3	0	0	0	4	4	0.55	0.55	0.09
<i>Dialium excelsum</i>	1	0	0	0	2	0	1	0	4	4	0.55	0.55	0.08
<i>Samanea leptidophylla</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.08
<i>Quassia sylvestris</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.07
<i>Carapa procera</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.07
<i>Blighia welwitschii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.07
<i>Chrysophyllum pruniforme</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0.27	0.27	0.06
<i>Hunteria congolana</i>	0	2	1	0	0	0	0	0	3	3	0.41	0.41	0.06
<i>Trichilia welwitschii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.06
<i>Diospyros bipendensis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0.27	0.27	0.06
<i>Dacryodes edulis</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	3	3	0.41	0.41	0.06
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.14	0.14	0.05

<i>Strombosiosis tetrandra</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.05
<i>Croton haumanianus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.05
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.05
<i>Margaritaria discoidea</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0.27	0.27	0.05
<i>Cola gigantea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.05
<i>Morinda lucida</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.04
<i>Guarea thompsonii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.14	0.14	0.04
<i>Zanthoxylum gillettii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.14	0.14	0.04
<i>Treculia africana</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.04
<i>Omphalocarpum procerum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.14	0.14	0.03
<i>Synsepalum subcordatum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03
<i>Discoglyprena caloneura</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03
<i>Monodora myristica</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03
<i>Engomengoma gordonii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03
<i>Rinorea sp</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.03
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.14	0.14	0.03
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Santiria trimera</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Dialium pachyphyllum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Barteria nigritana</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Myrianthus preussi</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Guarea laurentii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Treculia bruyei</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Dacryodes yangambiensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Cynometra sessiliflora</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02
<i>Rinorea oblongifolia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14	0.14	0.02

Peuplement hétérogène perturbé à *Pericopsis elata* sur sol argileux (FHp_1)

Strate (E+A1)														
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	IVI
<i>Julbernardia seretii</i>	5	4	6	1	1	0	0	1	6	18	2.03	2.03	14.74	18.80
<i>Pericopsis elata</i>	0	1	0	0	0	2	0	1	3	4	0.45	0.45	5.40	6.31
<i>Irvingia gabonensis</i>	0	0	0	0	0	2	1	1	3	4	0.45	0.45	5.39	6.29
<i>Celtis mildbraedii</i>	0	1	1	0	0	2	0	0	3	4	0.45	0.45	2.92	3.82
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	0.23	0.23	3.16	3.62
<i>Cynometra sessiliflora</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0.23	0.23	2.82	3.27
<i>Afzelia bipendensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	1.94	2.17
<i>Cynometra hankei</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0.23	0.23	1.58	2.03
<i>Musanga cecropioides</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0.23	0.23	1.57	2.02
<i>Prioria oxyphylla</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0.23	0.23	1.48	1.93
<i>Anonidium mannii</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	2	2	0.23	0.23	1.11	1.57
<i>Dialium excelsum</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0.23	0.23	1.00	1.45
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0.23	0.23	0.81	1.26
<i>Quassia sylvestris</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.95	1.17
<i>Garcinia punctata</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	2	3	0.34	0.34	0.38	1.05
<i>Dialium pachyphyllum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.57	0.80
<i>Polyalthia suaveolens</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2	0.23	0.23	0.35	0.80
<i>Dialium corbisieri</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.11	0.11	0.57	0.79
<i>Blighia welwitschii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.55	0.77
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.52	0.74
<i>Grewia oligoneura</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.11	0.11	0.48	0.71
<i>Celtis tessmannii</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.42	0.64
<i>Xylia ghesquieri</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.32	0.54
Strate (A2)														
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	IVI
<i>Anonidium mannii</i>	15	18	18	13	6	15	15	4	8	104	11.72	11.72	11.06	34.51
<i>Pancovia harmsiana</i>	18	7	4	7	11	9	6	13	8	75	8.46	8.46	2.14	19.05
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	2	4	3	2	14	14	13	6	8	58	6.54	6.54	2.90	15.98
<i>Staudtia kamerounensis</i>	7	7	6	4	6	5	1	4	8	40	4.51	4.51	1.02	10.04
<i>Aidia micrantha</i>	5	7	8	5	2	3	4	4	8	38	4.28	4.28	1.16	9.72
<i>Diospyros boala</i>	5	6	7	8	1	2	1	5	8	35	3.95	3.95	1.31	9.20
<i>Drypetes sp</i>	3	3	3	3	3	3	4	9	8	31	3.49	3.49	1.65	8.64
<i>Polyalthia suaveolens</i>	6	1	8	3	4	3	3	2	8	30	3.38	3.38	1.20	7.97
<i>Pycnanthus angolensis</i>	5	5	5	3	5	2	0	0	6	25	2.82	2.82	1.30	6.94
<i>Microdesmis yafungana</i>	3	7	4	6	0	0	0	0	4	20	2.25	2.25	1.10	5.61
<i>Trilepisium madagascariense</i>	1	4	1	4	3	2	3	1	8	19	2.14	2.14	0.96	5.25
<i>Diogoia zenkeri</i>	2	3	0	0	1	2	2	3	6	13	1.47	1.47	1.04	3.97
<i>Synsepalum subcordatum</i>	6	1	3	3	1	0	0	0	5	14	1.58	1.58	0.67	3.83
<i>Shau 1</i>	2	1	2	3	0	1	1	2	7	12	1.35	1.35	0.65	3.35
<i>Julbernardia seretii</i>	0	1	0	0	4	1	2	1	5	9	1.01	1.01	1.32	3.35
<i>Celtis mildbraedii</i>	0	1	2	1	1	1	2	2	7	10	1.13	1.13	1.04	3.30
<i>Dialium excelsum</i>	0	0	0	2	4	2	0	2	4	10	1.13	1.13	0.91	3.17
<i>Panda oleosa</i>	0	1	1	2	0	3	1	2	6	10	1.13	1.13	0.91	3.16
<i>Dialium sp</i>	3	3	3	2	0	0	0	0	4	11	1.24	1.24	0.53	3.01
<i>Macaranga monandra</i>	1	1	4	3	0	0	0	0	4	9	1.01	1.01	0.96	2.99
<i>Strombosia grandifolia</i>	0	1	1	0	3	2	2	1	6	10	1.13	1.13	0.73	2.98
<i>Cynometra hankei</i>	0	1	2	1	1	0	2	1	6	8	0.90	0.90	1.15	2.95
<i>Chrysophyllum africanum</i>	0	3	1	3	1	1	0	1	6	10	1.13	1.13	0.57	2.82
<i>Prioria oxyphylla</i>	1	0	1	4	1	0	1	0	5	8	0.90	0.90	1.01	2.81

Structure, diversité, richesse et similarité floristique des peuplements d'arbres en forêt dense de UMA (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo)

<i>Blighia welwitschii</i>	0	0	1	8	1	1	0	0	2	11	1.24	1.24	0.32	2.80
<i>Strombosia pustulata</i>	3	4	1	0	0	0	2	0	4	10	1.13	1.13	0.51	2.76
<i>Quassia sylvestris</i>	0	1	1	5	0	0	0	1	4	8	0.90	0.90	0.41	2.21
<i>Strombosia nigropunctata</i>	2	1	0	0	0	2	2	1	5	8	0.90	0.90	0.34	2.15
<i>Strombosiaopsis tetrandra</i>	1	0	2	1	2	0	1	0	5	7	0.79	0.79	0.50	2.07
<i>Funtumia africana</i>	2	2	0	1	0	2	0	0	4	7	0.79	0.79	0.47	2.04
<i>Trichilia prieureana</i>	0	0	0	0	1	3	2	0	3	6	0.68	0.68	0.58	1.94
<i>Coelocaryon botryoides</i>	0	1	0	1	1	0	2	2	5	7	0.79	0.79	0.26	1.83
<i>Santiria trimera</i>	0	0	0	0	1	1	2	2	4	6	0.68	0.68	0.44	1.79
<i>Trichilia welwitschii</i>	0	2	2	1	1	0	0	0	4	6	0.68	0.68	0.36	1.71
<i>Drypetes gossweileri</i>	0	1	2	0	1	0	1	0	4	5	0.56	0.56	0.45	1.58
<i>Dacryodes edulis</i>	0	1	0	1	1	3	0	0	4	6	0.68	0.68	0.20	1.55
<i>Cola gigantea</i>	2	1	0	2	0	0	0	1	4	6	0.68	0.68	0.17	1.52
<i>Garcinia punctata</i>	0	0	2	0	1	1	1	0	4	5	0.56	0.56	0.36	1.49
<i>Musanga cecropioides</i>	0	0	0	1	3	0	0	0	2	4	0.45	0.45	0.56	1.46
<i>Trichilia sp</i>	1	0	0	1	2	0	0	1	4	5	0.56	0.56	0.22	1.35
<i>Macaranga spinosa</i>	2	0	0	0	1	0	0	1	3	4	0.45	0.45	0.43	1.33
<i>Grossera multinervis</i>	1	1	0	0	0	1	0	1	4	4	0.45	0.45	0.39	1.29
<i>Xylia ghesquierei</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	3	3	0.34	0.34	0.58	1.26
<i>Afzelia bipendensis</i>	1	0	0	3	0	0	0	1	3	5	0.56	0.56	0.13	1.26
<i>Cynometra sessiliflora</i>	0	0	0	0	0	2	1	1	3	4	0.45	0.45	0.33	1.23
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0	1	1	0	0	0	1	1	4	4	0.45	0.45	0.32	1.23
<i>Chrysophyllum pruniforme</i>	0	0	0	1	2	0	0	1	3	4	0.45	0.45	0.24	1.14
<i>Grewia trinervia</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	2	2	0.23	0.23	0.62	1.07
<i>Manilkara malcoless</i>	0	0	0	0	1	2	0	1	3	4	0.45	0.45	0.14	1.04
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	2	0	0	0	1	0	0	1	3	4	0.45	0.45	0.11	1.01
<i>Anthonotha fragrans</i>	0	0	0	0	2	0	1	1	3	4	0.45	0.45	0.09	0.99
<i>Celtis tessmannii</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	3	3	0.34	0.34	0.27	0.94
<i>Grewia oligoneura</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0.23	0.23	0.44	0.89
<i>Phyllocosmus africanus</i>	1	0	2	0	0	0	0	0	2	3	0.34	0.34	0.13	0.80
<i>Rinorea oblongifolia</i>	0	0	0	0	1	2	0	0	2	3	0.34	0.34	0.13	0.80
<i>Cavacoa quintasii</i>	0	0	0	0	1	0	2	0	2	3	0.34	0.34	0.10	0.78
<i>Hymenostegia pelegrii</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	2	3	0.34	0.34	0.07	0.74
<i>Dichostemma glaucescens</i>	0	0	0	0	1	0	2	0	2	3	0.34	0.34	0.05	0.73
<i>Irvingia grandifolia</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	1	2	0.23	0.23	0.22	0.67
<i>Cola acuminata</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	2	2	0.23	0.23	0.14	0.59
<i>Omphalocarpum procerum</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	2	2	0.23	0.23	0.14	0.59
<i>Heisteria parvifolia</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0.23	0.23	0.08	0.54
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	0.23	0.23	0.08	0.53
<i>Zanthoxylum gillettii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.30	0.52
<i>Xylopia aethiopica</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.28	0.51
<i>Parinari excelsa</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0.23	0.23	0.05	0.50
<i>Irvingia gabonensis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0.23	0.23	0.05	0.50
<i>Canarium schweinfurthii</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0.23	0.23	0.05	0.50
<i>Paramacrolobium coeruleum</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0.23	0.23	0.05	0.50
<i>Tessmannia africana</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	2	2	0.23	0.23	0.04	0.49
<i>Dialium corbisieri</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	0.23	0.23	0.04	0.49
<i>Pancovia laurentii</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0.23	0.23	0.04	0.49
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0.23	0.23	0.04	0.49
<i>Pouteria altissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.25	0.47
<i>Bridelia ripicola</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.17	0.40
<i>Samanea leptidophylla</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.10	0.32

<i>Pericopsis elata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.09	0.32
<i>Barteria nigritana</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.08	0.31
<i>Antiaris toxicaria</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.08	0.31
<i>Mammea africana</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.08	0.30
<i>Myrianthus arboreus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.08	0.30
<i>Diospyros crassiflora</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.08	0.30
<i>Dacryodes yangambiensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.07	0.30
<i>Donella pruniformis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.05	0.28
<i>Brevea leptosperma</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.04	0.27
<i>Tessmannia anomala</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Turraeanthus africanus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Allanblackia marienii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Pseudospondias microcarpa</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.25
<i>Garcinia staudtii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.25
<i>Memecylon cinnamomoides</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.25
<i>Ganophyllum sp</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Entandrophragma utile</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Anthonotha macrophylla</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24

Peuplement hétérogène perturbé à *Julbernardia seretii* et *Uapaca guineensis* de piedmont (FHP_2)

Strate (E+A1)														
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr (%)	Dr(%)	DoR (%)	IVI
<i>Julbernardia seretii</i>	5	1	1	0	3	1	1	4	7	16	1.76	1.76	12.83	16.34
<i>Uapaca guineensis</i>	0	1	2	0	3	2	2	3	6	13	1.43	1.43	8.22	11.07
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	2	2	3	1	0	0	2	1	6	11	1.21	1.21	6.18	8.59
<i>Panda oleosa</i>	1	0	0	2	1	4	1	1	6	10	1.10	1.10	3.45	5.65
<i>Alstonia boonei</i>	1	0	1	1	0	0	2	0	4	5	0.55	0.55	3.39	4.49
<i>Pycnanthus angolensis</i>	0	2	0	1	0	1	0	0	3	4	0.44	0.44	3.33	4.21
<i>Celtis tessmannii</i>	0	0	0	1	0	1	1	2	4	5	0.55	0.55	1.33	2.43
<i>Anthonotha fragrans</i>	0	1	1	1	0	0	1	0	4	4	0.44	0.44	1.50	2.38
<i>Dialium excelsum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	2.05	2.27
<i>Cynometra hankei</i>	0	0	1	2	0	0	0	1	3	4	0.44	0.44	1.20	2.08
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	2	0	0	1	0	0	0	1	3	4	0.44	0.44	1.17	2.05
<i>Ficus mucoso</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	1.81	2.03
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	0.22	0.22	1.44	1.88
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	1.63	1.85
<i>Anonidium mannii</i>	2	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0.33	0.33	0.91	1.56
<i>Strombosiopsis tetrandra</i>	0	1	0	0	1	0	1	0	3	3	0.33	0.33	0.88	1.54
<i>Pachyelasma tessmannii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	1.29	1.51
<i>Pterygota bequaertii</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	3	3	0.33	0.33	0.81	1.47
<i>Dialium pachyphyllum</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	3	3	0.33	0.33	0.73	1.39
<i>Symphonia globulifera</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	2	2	0.22	0.22	0.85	1.29
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	3	3	0.33	0.33	0.61	1.27
<i>Heisteria parvifolia</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	3	3	0.33	0.33	0.59	1.25
<i>Quassia sylvestris</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.99	1.21
<i>Irvingia gabonensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.99	1.20
<i>Pradosia spinodatha</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0.22	0.22	0.64	1.08
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0.22	0.22	0.53	0.97
<i>Donella pruniformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.72	0.94
<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.72	0.94
<i>Tessmannia africana</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.72	0.94
<i>Entandrophragma candollei</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.69	0.91
<i>Combretum lokele</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0.22	0.22	0.36	0.80
<i>Antrocaryon nannanii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.50	0.72
<i>Erythrophleum suaveolens</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.42	0.64
<i>Xylopia aethiopica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.41	0.63
<i>Funtumia africana</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.31	0.53
<i>Samanea africana</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.28	0.50
<i>Grewia oligoneura</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.22	0.44
<i>Prioria oxyphylla</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.19	0.41
<i>Maranthes glabra</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.19	0.41
<i>Samanea leptidophylla</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.19	0.41
<i>Cola gigantea</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.19	0.41
<i>Coelocaryon botryoides</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.18	0.40
<i>Dacryodes edulis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.18	0.40
<i>Polyalthia suaveolens</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.17	0.39
<i>Grossera multinervis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.17	0.39
<i>Ongokea gore</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.12	0.34
<i>Garcinia punctata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.07	0.29

Strate (A2)														
Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Occ	Nbr ind	Fr (%)	Dr %	DoR (%)	IVI
<i>Aidia micrantha</i>	5	12	10	7	9	2	10	4	8	59	6.48	6.48	1.81	14.77
<i>Anonidium mannii</i>	7	7	10	9	7	4	2	5	8	51	5.60	5.60	3.16	14.36
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	1	9	5	11	3	2	7	4	8	42	4.61	4.61	2.26	11.49
<i>Polyalthia suaveolens</i>	9	1	5	5	8	5	4	3	8	40	4.39	4.39	2.17	10.95
<i>Staudtia kamerounensis</i>	5	5	7	4	1	2	4	4	8	32	3.51	3.51	1.42	8.44
<i>Dialium pachyphyllum</i>	6	1	4	0	6	5	1	2	7	25	2.74	2.74	0.67	6.16
<i>Uapaca guineensis</i>	0	0	0	2	2	3	4	8	5	19	2.09	2.09	0.94	5.11
<i>Heisteria parvifolia</i>	2	1	3	1	1	2	3	4	8	17	1.87	1.87	0.94	4.67
<i>Cola griseiflora</i>	2	1	2	2	2	5	3	2	8	19	2.09	2.09	0.50	4.67
<i>Carapa procera</i>	3	1	5	3	1	2	0	2	7	17	1.87	1.87	0.52	4.25
<i>Diospyros sp</i>	3	1	1	0	3	1	1	7	7	17	1.87	1.87	0.45	4.18
<i>Dialium corbisieri</i>	0	1	0	0	3	1	7	3	5	15	1.65	1.65	0.72	4.02
<i>Anthonotha fragrans</i>	5	4	1	1	0	1	2	1	7	15	1.65	1.65	0.52	3.81
<i>Berlinia grandiflora</i>	0	2	4	0	1	2	2	4	6	15	1.65	1.65	0.51	3.80
<i>Diospyros boala</i>	3	5	4	0	2	0	1	0	5	15	1.65	1.65	0.50	3.80
<i>Julbernardia seretii</i>	2	2	1	1	1	2	2	1	8	12	1.32	1.32	0.86	3.49
<i>Chrysophyllum africanum</i>	1	4	2	4	0	0	1	1	6	13	1.43	1.43	0.62	3.48
<i>Panda oleosa</i>	0	2	1	0	5	0	1	2	5	11	1.21	1.21	0.87	3.29
<i>Synsepalum subcordatum</i>	0	0	4	1	2	3	1	2	6	13	1.43	1.43	0.39	3.25
<i>Prioria oxyphylla</i>	0	1	2	1	1	1	3	2	7	11	1.21	1.21	0.64	3.06
<i>Allanblackia floribunda</i>	5	4	1	1	1	0	0	0	5	12	1.32	1.32	0.38	3.01
<i>Strombosia grandifolia</i>	1	2	2	1	1	0	2	2	7	11	1.21	1.21	0.59	3.00
<i>Pycnanthus angolensis</i>	2	0	2	1	2	0	2	2	6	11	1.21	1.21	0.53	2.94
<i>Garcinia staudtii</i>	1	0	2	0	1	1	3	4	6	12	1.32	1.32	0.26	2.90
<i>Santiria trimera</i>	1	0	0	2	1	0	3	3	5	10	1.10	1.10	0.23	2.42
<i>Chlamydocola chlamydantha</i>	2	1	1	1	0	0	2	3	6	10	1.10	1.10	0.23	2.42
<i>Dacryodes edulis</i>	2	1	1	1	0	2	0	2	6	9	0.99	0.99	0.23	2.21
<i>Pancovia laurentii</i>	1	1	2	2	1	1	0	0	6	8	0.88	0.88	0.42	2.17
<i>Cynometra hankei</i>	2	0	2	1	1	1	1	0	6	8	0.88	0.88	0.31	2.07
<i>Grossera multinervis</i>	0	0	0	0	1	1	5	1	4	8	0.88	0.88	0.29	2.04
<i>Quassia sylvestris</i>	2	0	0	1	0	0	4	0	3	7	0.77	0.77	0.47	2.00
<i>Trichilia prieureana</i>	0	1	1	3	2	0	0	0	4	7	0.77	0.77	0.36	1.90
<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0	1	1	2	2	0	1	0	5	7	0.77	0.77	0.33	1.87
<i>Anthonotha macrophylla</i>	1	0	0	0	0	1	3	2	4	7	0.77	0.77	0.27	1.80
<i>Dichostemma glaucescens</i>	1	1	0	2	0	0	0	3	4	7	0.77	0.77	0.22	1.76
<i>Drypetes sp</i>	0	2	1	2	1	0	1	0	5	7	0.77	0.77	0.20	1.74
<i>Paramacrolobium coeruleum</i>	2	2	0	0	2	0	0	0	3	6	0.66	0.66	0.16	1.48
<i>Dacryodes macrophila</i>	0	2	0	0	2	2	0	0	3	6	0.66	0.66	0.10	1.42
<i>Celtis tessmannii</i>	0	0	1	1	0	0	1	2	4	5	0.55	0.55	0.28	1.37
<i>Diospyros crassiflora</i>	0	0	1	0	1	2	0	1	4	5	0.55	0.55	0.23	1.33
<i>Coelocaryon botryoides</i>	1	0	0	1	0	0	1	2	4	5	0.55	0.55	0.18	1.28
<i>Trichilia rubescens</i>	2	0	0	0	1	0	0	1	3	4	0.44	0.44	0.38	1.26
<i>Phyllocosmus africanus</i>	1	0	0	0	2	1	1	0	4	5	0.55	0.55	0.16	1.25
<i>Grewia trinervia</i>	1	0	0	0	1	2	0	0	3	4	0.44	0.44	0.34	1.21
<i>Pancovia harmsiana</i>	0	0	1	0	0	1	2	1	4	5	0.55	0.55	0.09	1.18
<i>Strombosiaopsis tetrandra</i>	1	0	0	1	0	0	0	2	3	4	0.44	0.44	0.25	1.13
<i>Vitex welwitschii</i>	0	1	0	0	0	0	1	2	3	4	0.44	0.44	0.23	1.11
<i>Tessmannia anomala</i>	2	0	0	0	0	1	0	1	3	4	0.44	0.44	0.19	1.07
<i>Blighia welwitschii</i>	0	1	1	1	0	0	0	1	4	4	0.44	0.44	0.17	1.05
<i>Myrianthus arboreus</i>	2	0	0	2	0	0	0	0	2	4	0.44	0.44	0.14	1.02
<i>Funtumia africana</i>	3	0	0	0	1	0	0	0	2	4	0.44	0.44	0.13	1.01

Structure, diversité, richesse et similarité floristique des peuplements d'arbres en forêt dense de UMA (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo)

<i>Manilkara malcoless</i>	2	1	0	0	1	0	0	0	3	4	0.44	0.44	0.09	0.97
<i>Strombosia nigropunctata</i>	1	0	1	0	1	0	0	0	3	3	0.33	0.33	0.20	0.86
<i>Garcinia sp</i>	0	2	0	0	0	0	0	1	2	3	0.33	0.33	0.18	0.84
<i>Symphonia globulifera</i>	0	0	0	1	0	0	0	2	2	3	0.33	0.33	0.17	0.83
<i>Ongokea gore</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	0.33	0.33	0.16	0.82
<i>Drypetes louisii</i>	1	0	0	0	0	0	2	0	2	3	0.33	0.33	0.16	0.82
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0	0	0	1	0	0	0	2	2	3	0.33	0.33	0.14	0.80
<i>Corynanthe mayumbensis</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	3	3	0.33	0.33	0.12	0.77
<i>Drypetes gossweileri</i>	0	1	0	0	1	0	0	1	3	3	0.33	0.33	0.09	0.75
<i>Drypetes bipendensis</i>	0	0	0	0	1	2	0	0	2	3	0.33	0.33	0.07	0.72
<i>Cola acuminata</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	3	3	0.33	0.33	0.06	0.72
<i>Cavacoa quintasii</i>	0	0	0	1	0	0	1	1	3	3	0.33	0.33	0.06	0.71
<i>Treculia brevii</i>	0	0	1	1	0	1	0	0	3	3	0.33	0.33	0.04	0.70
<i>Afrostryax lepidophyllus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0.22	0.22	0.13	0.57
<i>Sterculia bequaertii</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0.22	0.22	0.13	0.57
<i>Macaranga spinosa</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	2	2	0.22	0.22	0.12	0.56
<i>Macaranga monandra</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.11	0.11	0.34	0.56
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0.22	0.22	0.09	0.53
<i>Hymenostegia pelegrii</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0.22	0.22	0.05	0.49
<i>Antrocaryon nannanii</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	2	2	0.22	0.22	0.05	0.49
<i>Brachystegia laurentii</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0.22	0.22	0.05	0.49
<i>Grewia oligoneura</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	1	2	0.22	0.22	0.05	0.49
<i>Maranthes glabra</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0.22	0.22	0.04	0.48
<i>Barteria nigritana</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0.22	0.22	0.03	0.47
<i>Cola gigantea</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	0.22	0.22	0.03	0.47
<i>Pseudospondias longifolia</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.21	0.43
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.15	0.37
<i>Samanea leptidophylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.13	0.35
<i>Mammea africana</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.12	0.34
<i>Trichilia welwitschii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.11	0.33
<i>Cleistopholis patens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.11	0.33
<i>Combretum lokele</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.07	0.29
<i>Gardenia imperialis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.07	0.29
<i>Albizia gummifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.07	0.29
<i>Hallea stipulosa</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.05	0.27
<i>Musanga cecropioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.05	0.27
<i>Eriocoelum microspermum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.05	0.27
<i>Xylopia aethiopica</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.05	0.27
<i>Sterculia tragacantha</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.04	0.26
<i>Hunteria congolana</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.04	0.26
<i>Xylopia hypolampra</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.04	0.26
<i>Treculia africana</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.11	0.11	0.04	0.26
<i>Antidesma laciniatum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.04	0.26
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.04	0.26
<i>Diospyros hoyleana</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Irvingia grandifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Zanthoxylum gillettii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Amphanocalyx sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Desplatsia subericarpa</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Homalium africanum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Lovoa trichilioides</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Desplatsia dewevrei</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.24

<i>Rinorea oblongifolia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.24
<i>Entandrophragma candollei</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.03	0.24
<i>Garcinia punctata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Nauclea pobeguini</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Canarium schweinfurthii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Baphia dewevrei</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Margaritaria discoidea</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Afzelia bipindensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Trychosypha sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Antiaris toxicaria</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Guarea thompsonii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Tridemostemon omphalocarpoides</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Diospyros alboflavescens</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Garcinia smeathmannii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Donella pruniformis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Pterygota bequaertii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.24
<i>Tessmannia africana</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.02	0.23
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.01	0.23
<i>Millettia drastica</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.01	0.23
<i>Monodora angolensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.01	0.23
<i>Antidesma membranaceum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.01	0.23
<i>Garcinia kola</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.11	0.11	0.01	0.23

ANNEXE 2

Familles, nombre d'individus, fréquence, densité relative, dominance relative et indice de valeur d'importance des familles par Strate

Peuplement monodominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1)

Strate (E+A1)					
Familles	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	67	9.63	9.63	58.91	78.17
<i>Lecythidaceae</i>	2	0.29	0.29	1.67	2.25
<i>Irvingiaceae</i>	2	0.29	0.29	1.25	1.83
<i>Cannabaceae</i>	1	0.14	0.14	0.84	1.13
<i>Euphorbiaceae</i>	1	0.14	0.14	0.64	0.92
<i>Aptandraceae</i>	1	0.14	0.14	0.34	0.63
<i>Moraceae</i>	1	0.14	0.14	0.33	0.61
Strate (A2)					
Familles	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	169	24.28	24.28	17.31	65.88
<i>Myristicaceae</i>	68	9.77	9.77	2.21	21.75
<i>Malvaceae</i>	63	9.05	9.05	1.84	19.94
<i>Annonaceae</i>	53	7.61	7.61	2.52	17.75
<i>Strombosiaceae</i>	42	6.03	6.03	1.93	13.99
<i>Ebenaceae</i>	43	6.18	6.18	1.15	13.50
<i>Sapotaceae</i>	32	4.60	4.60	2.03	11.23
<i>Sapindaceae</i>	23	3.30	3.30	0.69	7.30
<i>Clusiaceae</i>	21	3.02	3.02	0.50	6.54
<i>Lecythidaceae</i>	14	2.01	2.01	1.26	5.28
<i>Erythropalaceae</i>	15	2.16	2.16	0.43	4.74
<i>Lauraceae</i>	10	1.44	1.44	0.66	3.54
<i>Cannabaceae</i>	8	1.15	1.15	0.69	2.99
<i>Burseraceae</i>	9	1.29	1.29	0.23	2.82
<i>Meliaceae</i>	7	1.01	1.01	0.31	2.32
<i>Ixonanthaceae</i>	7	1.01	1.01	0.20	2.21
<i>Moraceae</i>	6	0.86	0.86	0.31	2.03
<i>Putranjivaceae</i>	5	0.72	0.72	0.19	1.63
<i>Simaroubaceae</i>	4	0.57	0.57	0.39	1.54
<i>Rubiaceae</i>	5	0.72	0.72	0.07	1.51
<i>Lamiaceae</i>	3	0.43	0.43	0.30	1.16
<i>Irvingiaceae</i>	3	0.43	0.43	0.14	1.00
<i>Apocynaceae</i>	3	0.43	0.43	0.11	0.97
<i>Euphorbiaceae</i>	2	0.29	0.29	0.39	0.97
<i>Pandaceae</i>	3	0.43	0.43	0.10	0.96
<i>Flacourtiaceae</i>	1	0.14	0.14	0.02	0.31
<i>Aptandraceae</i>	1	0.14	0.14	0.02	0.31
<i>Phyllanthaceae</i>	1	0.14	0.14	0.02	0.30

Peuplements monodominants à Limbali sur sol hydromorphe (FMI_2)

Strate (E+A1)					
Familles	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	38	5.78	5.78	33.93	45.50
<i>Phyllanthaceae</i>	5	0.76	0.76	1.99	3.51
<i>Chrysobalanaceae</i>	2	0.30	0.30	1.57	2.18
<i>Irvingiaceae</i>	3	0.46	0.46	1.09	2.01
<i>Apocynaceae</i>	1	0.15	0.15	0.95	1.26
<i>Myristicaceae</i>	1	0.15	0.15	0.84	1.14
<i>Sapotaceae</i>	1	0.15	0.15	0.63	0.94
<i>Moraceae</i>	1	0.15	0.15	0.32	0.62
Strate (A2)					
Familles	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	184	28.01	28.01	27.15	83.17
<i>Myristicaceae</i>	48	7.31	7.31	4.44	19.05
<i>Ebenaceae</i>	43	6.54	6.54	1.98	15.07
<i>Annonaceae</i>	32	4.87	4.87	4.56	14.31
<i>Malvaceae</i>	34	5.18	5.18	1.48	11.83
<i>Strombosiaceae</i>	28	4.26	4.26	2.01	10.54
<i>Clusiaceae</i>	26	3.96	3.96	2.32	10.23
<i>Sapotaceae</i>	22	3.35	3.35	1.91	8.60
<i>Sapindaceae</i>	22	3.35	3.35	0.99	7.69
<i>Phyllanthaceae</i>	22	3.35	3.35	0.92	7.61
<i>Erythraliaceae</i>	19	2.89	2.89	0.92	6.70
<i>Rhamnaceae</i>	17	2.59	2.59	1.12	6.29
<i>Meliaceae</i>	16	2.44	2.44	1.20	6.07
<i>Ixonanthaceae</i>	14	2.13	2.13	1.29	5.56
<i>Rubiaceae</i>	12	1.83	1.83	1.61	5.26
<i>Lecythidaceae</i>	12	1.83	1.83	0.61	4.26
<i>Burseraceae</i>	12	1.83	1.83	0.35	4.01
<i>Cannabaceae</i>	7	1.07	1.07	0.66	2.79
<i>Pandaceae</i>	6	0.91	0.91	0.80	2.63
<i>Moraceae</i>	6	0.91	0.91	0.29	2.12
<i>Anacardiaceae</i>	3	0.46	0.46	0.81	1.73
<i>Apocynaceae</i>	4	0.61	0.61	0.21	1.43
<i>Simaroubaceae</i>	3	0.46	0.46	0.18	1.10
<i>Putranjivaceae</i>	3	0.46	0.46	0.12	1.04
<i>Euphorbiaceae</i>	3	0.46	0.46	0.07	0.99
<i>Flacourtiaceae</i>	2	0.30	0.30	0.03	0.64
<i>Cecropiaceae</i>	1	0.15	0.15	0.34	0.64
<i>Irvingiaceae</i>	1	0.15	0.15	0.13	0.43
<i>Myrtaceae</i>	1	0.15	0.15	0.09	0.39
<i>Ochnaceae</i>	1	0.15	0.15	0.04	0.35
<i>Asparagaceae</i>	1	0.15	0.15	0.03	0.33

Peuplement monodominants de transition à *Julbernardia seretii* et *Cynometra hankei* sur sol sableux (FM_T)

Strate (E+A1)					
Familles	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	95	13.00	13.00	52.38	78.38
<i>Apocynaceae</i>	3	0.41	0.41	2.09	2.91
<i>Burseraceae</i>	4	0.55	0.55	1.66	2.76
<i>Moraceae</i>	4	0.55	0.55	1.55	2.64
<i>Clusiaceae</i>	5	0.68	0.68	0.85	2.22
<i>Aptandraceae</i>	1	0.14	0.14	1.40	1.67
<i>Sapotaceae</i>	3	0.41	0.41	0.33	1.15
<i>Meliaceae</i>	3	0.41	0.41	0.24	1.07
<i>Anacardiaceae</i>	1	0.14	0.14	0.53	0.81
<i>Annonaceae</i>	1	0.14	0.14	0.26	0.54
<i>Strombosiaceae</i>	1	0.14	0.14	0.18	0.46
<i>Sapindaceae</i>	1	0.14	0.14	0.18	0.45
Strate (A2)					
Familles	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	151	20.66	20.66	11.44	52.75
<i>Ebenaceae</i>	95	13.00	13.00	3.84	29.84
<i>Sapindaceae</i>	63	8.62	8.62	2.34	19.58
<i>Malvaceae</i>	42	5.75	5.75	1.91	13.40
<i>Myristicaceae</i>	39	5.34	5.34	1.60	12.27
<i>Putranjivaceae</i>	25	3.42	3.42	1.63	8.47
<i>Strombosiaceae</i>	20	2.74	2.74	2.26	7.73
<i>Anacardiaceae</i>	9	1.23	1.23	3.20	5.67
<i>Meliaceae</i>	16	2.19	2.19	0.98	5.36
<i>Moraceae</i>	15	2.05	2.05	1.21	5.32
<i>Cannabaceae</i>	15	2.05	2.05	1.12	5.23
<i>Rubiaceae</i>	17	2.33	2.33	0.56	5.21
<i>Lecythidaceae</i>	11	1.50	1.50	1.54	4.55
<i>Pandaceae</i>	12	1.64	1.64	1.02	4.30
<i>Clusiaceae</i>	13	1.78	1.78	0.73	4.29
<i>Cecropiaceae</i>	13	1.78	1.78	0.58	4.14
<i>Annonaceae</i>	9	1.23	1.23	0.48	2.94
<i>Apocynaceae</i>	8	1.09	1.09	0.45	2.64
<i>indéterminer</i>	7	0.96	0.96	0.28	2.19
<i>Euphorbiaceae</i>	7	0.96	0.96	0.22	2.14
<i>Burseraceae</i>	5	0.68	0.68	0.10	1.46
<i>Sapotaceae</i>	4	0.55	0.55	0.13	1.23
<i>Lamiaceae</i>	3	0.41	0.41	0.21	1.03
<i>Phyllanthaceae</i>	2	0.27	0.27	0.05	0.60
<i>Violaceae</i>	2	0.27	0.27	0.04	0.59
<i>Octoknemaceae</i>	1	0.14	0.14	0.12	0.39
<i>Chrysobalanaceae</i>	1	0.14	0.14	0.11	0.38
<i>Simaroubaceae</i>	1	0.14	0.14	0.07	0.35
<i>Irvingiaceae</i>	1	0.14	0.14	0.05	0.33
<i>Rutaceae</i>	1	0.14	0.14	0.04	0.31
<i>Flacourtiaceae</i>	1	0.14	0.14	0.02	0.29

Peuplement hétérogène perturbé à *Pericopsis elata* sur sol argileux dans la vallée de la Tshopo

Strate (E+A1)					
Familles	Nbr Esp	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	38	4.28	4.28	34.40	42.97
<i>Irvingiaceae</i>	4	0.45	0.45	5.39	6.29
<i>Cannabaceae</i>	5	0.56	0.56	3.34	4.47
<i>Cecropiaceae</i>	2	0.23	0.23	1.57	2.02
<i>Annonaceae</i>	4	0.45	0.45	1.46	2.36
<i>Simaroubaceae</i>	1	0.11	0.11	0.95	1.17
<i>Sapindaceae</i>	1	0.11	0.11	0.55	0.77
<i>Lecythidaceae</i>	1	0.11	0.11	0.52	0.74
<i>Malvaceae</i>	1	0.11	0.11	0.48	0.71
<i>Clusiaceae</i>	3	0.34	0.34	0.38	1.05
Strate (A2)					
Familles	Nbr Esp	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Annonaceae</i>	135	15.22	15.22	12.55	42.99
<i>Fabaceae</i>	81	9.13	9.13	6.85	25.12
<i>Strombosiaceae</i>	48	5.41	5.41	3.11	13.94
<i>Lecythidaceae</i>	58	6.54	6.54	2.90	15.98
<i>Myristicaceae</i>	72	8.12	8.12	2.58	18.81
<i>Sapindaceae</i>	89	10.03	10.03	2.52	22.59
<i>Putranjivaceae</i>	36	4.06	4.06	2.10	10.22
<i>Sapotaceae</i>	37	4.17	4.17	2.09	10.43
<i>Pandaceae</i>	30	3.38	3.38	2.01	8.78
<i>Euphorbiaceae</i>	25	2.82	2.82	2.01	7.65
<i>Ebenaceae</i>	36	4.06	4.06	1.38	9.50
<i>Malvaceae</i>	12	1.35	1.35	1.37	4.08
<i>Cannabaceae</i>	13	1.47	1.47	1.31	4.24
<i>Meliaceae</i>	19	2.14	2.14	1.20	5.49
<i>Rubiaceae</i>	38	4.28	4.28	1.16	9.72
<i>Moraceae</i>	20	2.25	2.25	1.04	5.55
<i>Burseraceae</i>	15	1.69	1.69	0.76	4.14
<i>Indéterminer</i>	12	1.35	1.35	0.65	3.35
<i>Cecropiaceae</i>	5	0.56	0.56	0.64	1.76
<i>Clusiaceae</i>	8	0.90	0.90	0.49	2.29
<i>Apocynaceae</i>	7	0.79	0.79	0.47	2.04
<i>Simaroubaceae</i>	8	0.90	0.90	0.41	2.21
<i>Irvingiaceae</i>	8	0.90	0.90	0.38	2.19
<i>Rutaceae</i>	1	0.11	0.11	0.30	0.52
<i>Phyllanthaceae</i>	1	0.11	0.11	0.17	0.40
<i>Ixonanthaceae</i>	3	0.34	0.34	0.13	0.80
<i>Violaceae</i>	3	0.34	0.34	0.13	0.80
<i>Erythropalaceae</i>	2	0.23	0.23	0.08	0.54
<i>Flacourtiaceae</i>	1	0.11	0.11	0.08	0.31
<i>Chrysobalanaceae</i>	2	0.23	0.23	0.05	0.50
<i>Anacardiaceae</i>	1	0.11	0.11	0.02	0.25
<i>Melastomataceae</i>	1	0.11	0.11	0.02	0.25

Peuplement hétérogène perturbé à *Julbernardia seretii* et *Uapaca guineensis* de piedmont (FHP_2)

Strate (E+A1)					
Familles	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	46	5.05	5.05	25.88	35.97
<i>Phyllanthaceae</i>	13	1.43	1.43	8.22	11.07
<i>Lecythidaceae</i>	11	1.21	1.21	6.18	8.59
<i>Pandaceae</i>	10	1.10	1.10	3.45	5.65
<i>Apocynaceae</i>	6	0.66	0.66	3.69	5.01
<i>Myristicaceae</i>	5	0.55	0.55	3.52	4.61
<i>Irvingiaceae</i>	2	0.22	0.22	2.61	3.05
<i>Annonaceae</i>	5	0.55	0.55	1.49	2.59
<i>Cannabaceae</i>	5	0.55	0.55	1.33	2.43
<i>Malvaceae</i>	5	0.55	0.55	1.22	2.32
<i>Moraceae</i>	1	0.11	0.11	1.81	2.03
<i>Sapotaceae</i>	3	0.33	0.33	1.37	2.03
<i>Clusiaceae</i>	3	0.33	0.33	0.92	1.58
<i>Strombosiaceae</i>	3	0.33	0.33	0.88	1.54
<i>Erythraliaceae</i>	3	0.33	0.33	0.59	1.25
<i>Simaroubaceae</i>	1	0.11	0.11	0.99	1.21
<i>Meliaceae</i>	1	0.11	0.11	0.69	0.91
<i>Combretaceae</i>	2	0.22	0.22	0.36	0.80
<i>Anacardiaceae</i>	1	0.11	0.11	0.50	0.72
<i>Chrysobalanaceae</i>	1	0.11	0.11	0.19	0.41
<i>Burseraceae</i>	1	0.11	0.11	0.18	0.40
<i>Euphorbiaceae</i>	1	0.11	0.11	0.17	0.39
<i>Aptandraceae</i>	1	0.11	0.11	0.12	0.34
Strate (A2)					
Familles	Nbr ind	Fr (%)	Dr (%)	DoR (%)	FIV
<i>Fabaceae</i>	142	15.59	15.59	5.98	37.15
<i>Annonaceae</i>	95	10.43	10.43	5.54	26.39
<i>Rubiaceae</i>	65	7.14	7.14	2.08	16.35
<i>Myristicaceae</i>	48	5.27	5.27	2.12	12.66
<i>Malvaceae</i>	46	5.05	5.05	1.44	11.54
<i>Lecythidaceae</i>	42	4.61	4.61	2.26	11.49
<i>Ebenaceae</i>	39	4.28	4.28	1.23	9.80
<i>Clusiaceae</i>	37	4.06	4.06	1.33	9.45
<i>Meliaceae</i>	33	3.62	3.62	1.46	8.71
<i>Sapotaceae</i>	32	3.51	3.51	1.14	8.17
<i>Burseraceae</i>	26	2.85	2.85	0.59	6.30
<i>Phyllanthaceae</i>	22	2.41	2.41	1.01	5.84
<i>Euphorbiaceae</i>	21	2.31	2.31	1.03	5.64
<i>Strombosiaceae</i>	18	1.98	1.98	1.03	4.99
<i>Sapindaceae</i>	18	1.98	1.98	0.73	4.68
<i>Erythraliaceae</i>	17	1.87	1.87	0.94	4.67
<i>Pandaceae</i>	11	1.21	1.21	0.87	3.29
<i>Putranjivaceae</i>	13	1.43	1.43	0.36	3.21
<i>Simaroubaceae</i>	7	0.77	0.77	0.47	2.00
<i>Moraceae</i>	6	0.66	0.66	0.14	1.46
<i>Cannabaceae</i>	5	0.55	0.55	0.28	1.37
<i>Cecropiaceae</i>	5	0.55	0.55	0.19	1.29
<i>Apocynaceae</i>	5	0.55	0.55	0.17	1.27
<i>Ixonanthaceae</i>	5	0.55	0.55	0.16	1.25

<i>Anacardiaceae</i>	4	0.44	0.44	0.28	1.16
<i>Lamiaceae</i>	4	0.44	0.44	0.23	1.11
<i>Aptandraceae</i>	3	0.33	0.33	0.16	0.82
<i>Flacourtiaceae</i>	3	0.33	0.33	0.06	0.72
<i>Huaceae</i>	2	0.22	0.22	0.13	0.57
<i>Irvingiaceae</i>	2	0.22	0.22	0.05	0.49
<i>Chrysobalanaceae</i>	2	0.22	0.22	0.04	0.48
<i>Combretaceae</i>	1	0.11	0.11	0.07	0.29
<i>Rutaceae</i>	1	0.11	0.11	0.03	0.25
<i>Violaceae</i>	1	0.11	0.11	0.03	0.24

Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées dans le traitement de la stérilité à Kenge et ses environs (Province du Kwango, République Démocratique du Congo)

[Ethno-botanical and ecological studies of plant species used in the treatment of sterility in Kenge city and its surroundings (Province of Kwango, Democratic Republic of the Congo)]

Frederick Mulwele Ndombe¹, Koto-te-Nyiwa Ngbolua², B. Yang Da Musa Masens², and Pius T. Mpiana³

¹Département de Biologie-Chimie, Section des Sciences Exactes, B.P. 4728 Kinshasa II, ISP-Kenge, Province du Kwango, RD Congo

²Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

³Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

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

ABSTRACT: Une enquête ethnobotanique a été menée dans la cité de Kenge et ses environs (Province du Kwango), auprès de tradipraticiens, femmes et hommes ayant des connaissances approfondies sur les plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle. Elle nous a permis de recenser 22 espèces de plantes médicinales différentes utilisées tantôt dans le traitement de nombreuses pathologies comme les troubles sexuels, la stérilité, etc. et tantôt comme fortifiant par les habitants de cette entité. Ces 22 taxons sont distribués dans 18 familles et 21 genres. Les familles les plus représentées en espèces sont : *Zingiberaceae* (13,63% d'espèces), *Euphorbiaceae* et *Fabaceae* (9,09% d'espèces chacune). Toutes ces plantes sont aphrodisiaques; cependant, les plus prisées sont : *Mondia withei* (16,4% de citation), *Landolphia lanceolata* (9,2% de citation), *Pentadiplandra brazzeana* (8,0% de citation), *Canarium Schweinfurthii*, *Hymenocardia acida*, *Jatropha curcas*, *Quassia africana* et *Zingiber officinale* (5,48% de citation chacune). Les feuilles (25,3%) constituent la partie la plus utilisée tandis que la décoction est le mode de préparation médicamenteuse le plus utilisé (54,7%). La voie orale est la voie d'administration la plus utilisée (82,7%). *Milletia drastica*, *Mondia witheii*, *Pentadiplandra brazzeana*, *Landolphia lanceolata*, *Hymenocardia acida* and *Zingiber officinale* displayed high value of usage value agreements (VUAs).

KEYWORDS: Ethno-botanical survey, aphrodisiac plants, primary health care, sterility, DR Congo.

RÉSUMÉ: Une enquête ethnobotanique a été menée dans la cité de Kenge et ses environs (Province du Kwango), auprès de tradipraticiens, femmes et hommes ayant des connaissances approfondies sur les plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle. Elle nous a permis de recenser 22 espèces de plantes médicinales différentes utilisées tantôt dans le traitement de nombreuses pathologies comme les troubles sexuels, la stérilité, etc. et tantôt comme fortifiant par les habitants de cette entité. Ces 22 taxons sont distribués dans 18 familles et 21 genres. Les familles les plus représentées en espèces sont : *Zingiberaceae* (13,63% d'espèces), *Euphorbiaceae* et *Fabaceae* (9,09% d'espèces chacune). Toutes ces plantes sont aphrodisiaques; cependant, les plus prisées sont : *Mondia withei* (16,4% de citation), *Landolphia lanceolata* (9,2% de citation), *Pentadiplandra brazzeana* (8,0% de citation), *Canarium Schweinfurthii*, *Hymenocardia acida*, *Jatropha curcas*, *Quassia africana* et *Zingiber officinale* (5,48% de citation chacune). Les feuilles (25,3%) constituent la partie la plus utilisée tandis que la décoction est le mode de préparation médicamenteuse le plus utilisé (54,7%). La voie orale est la voie

d'administration la plus utilisée (82,7%). *Milletia drastica*, *Mondia witheij*, *Pentadiplandra brazzeana*, *Landolphia lanceolata*, *Hymenocardia acida* et *Zingiber officinale* ont présenté une valeur d'accord d'utilisation (VAUS) élevée.

MOTS-CLEFS: Enquête ethnobotanique, plantes aphrodisiaques, soins de santé primaire, stérilité, RD Congo.

1 INTRODUCTION

La stérilité demeure de nos jours un des problèmes cruciaux dans certains couples à travers le monde en général et en Afrique subsaharienne en particulier.

C'est une maladie qui touche potentiellement les deux sexes et rend la personne comme un malade abandonné sans valeur, ni autorité à la parole. Elle représente un problème majeur de santé publique et est définie par l'incapacité pour un couple d'obtenir une grossesse après 12 mois de rapport non protégés. La République Démocratique du Congo en général et la ville de Kenge en particulier dans la nouvelle Province du Kwango en particulier n'est pas épargnée. Elle subit de plein fouet cette situation, car des centaines si pas des milliers des couples sont concernés par ce problème. Il a été rapporté dans la littérature que le plus souvent, les personnes réputées stériles en souffrent et sont parfois rejetées et marginalisées [1, 2].

La procréation médicalement assistée étant hors de portée de la population à revenue faible, beaucoup de gens se tournent vers la phytothérapie traditionnelle, moins coûteuse et qu'ils estiment aussi efficace que la thérapeutique moderne. A cet effet, l'OMS rapporte qu'en Afrique, plus de 80% de la population recourent à la médecine traditionnelle pour assurer les soins de santé primaire en milieu tant urbain que rural [3-5].

La République Démocratique du Congo est un réservoir de la biodiversité tant faunique que floristique [6-15]. Sa flore regorge des plantes médicinales d'intérêt biopharmaceutique et capable de fournir des nouvelles molécules tête de série. En effet, les études ethno-pharmacologiques en vue de la validation scientifique de ces plantes sont très encourageants comme le témoigne les résultats de recherche de ces dix dernières [16-48].

La présente étude a été réalisée dans le but de contribuer à la connaissance des plantes utilisées à Kenge et ses environs pour la prise en charge de la stérilité, et de leurs caractéristiques écologiques (types morphologiques, types biologiques et distributions phytogéographiques)

2 MILIEU, MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU ET DONNEES ETHNOGRAPHIQUES

La ville de Kenge, Chef-lieu de la nouvelle Province du Kwango, se trouve dans le territoire de Kenge II, est située à 275 km de la ville Province de Kinshasa, à mi-chemin sur la route nationale n° 1 entre la capitale congolaise (Kinshasa) et la ville de Kikwit Chef-lieu de la Province du Kwilu à 278 km. Le climat général de Kenge est du type tropical humide (Aw4) selon la classification de Köppen, avec de température moyenne mensuelle de 24 °C pendant la saison sèche et de 30 °C pendant la saison pluvieuse, avec des précipitations abondantes (1500 mm par an). La ville de Kenge est situé à 04°49'30" de latitude Sud, 17°01'38" de longitude Est et à 558 m d'altitude [49]. La ville de Kenge est estimée à 137.880 habitants où il elle peuplée en majorité par les tribus : Pelende, Yaka, Suku, Mbala, Lonzo, Yansi et Tshokwe. Elle s'étend sur une superficie de 2.230 km², soit une densité de 62 habitants par km². Le sol de Kenge appartient au système de Kalahari sableux, d'origine sahélienne. Son transport, effectué pendant les périodes arides du quaternaire, a permis son état sur les plateaux et les pentes [50]. Ce type de sols fragiles et pauvres en matières organiques, perd facilement son agrégation et sa structure et reste ainsi très vulnérable à l'action de l'érosion éolienne et pluviale, texture et composition pauvre [51]. Les cours d'eau qui drainent la cité de Kenge I appartiennent au bassin hydro géographique de la Wamba au Nord-Ouest et de la Bakali à l'Est.

La figure 1 donne la localisation géographique des sites d'enquête.

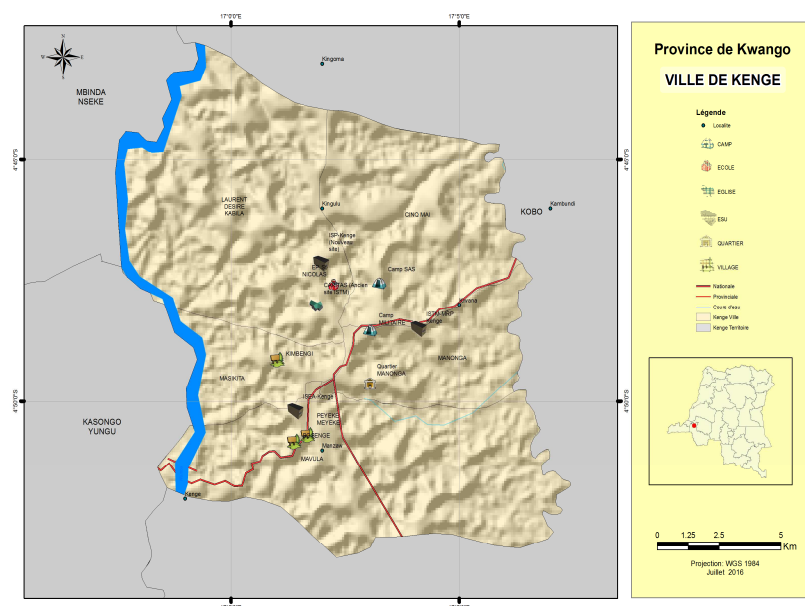


Figure 1: Localisation géographique des sites d'enquête

2.2 MÉTHODES D'ÉTUDE

Une enquête ethnobotanique a été effectuée à Kenge et ses environs de décembre 2014 à décembre 2015. Elle a permis d'obtenir des renseignements sur les noms vernaculaires des plantes utilisées dans la prise en charge de la stérilité, leur mode de préparation et leur voie d'administration. L'enquête a été réalisée à l'aide d'un questionnaire préalablement établi et destiné aux tradipraticiens ainsi qu'à d'autres personnes, pour la plupart âgées, disposant des connaissances sur l'utilisation des plantes médicinales en général et aphrodisiaques en particulier.

L'étude a été réalisée selon les principes repris dans la déclaration d'Helsinki. Après dépouillement des fiches d'enquête, les paramètres tels que la Valeur d'utilisation (VUs), l'Indice de confirmation (ICs) et la d'accord d'utilisation (VAUs) ont été calculés [52]. Les données ethnobotaniques recueillies ont ensuite été complétées par des informations concernant les types écologiques comme suit : **Type morphologique** : Arbre (A), Arbuste (Ar), Herbe annuelle (Ha), Herbe vivace (Hv), Liane (Li) et Rhizome (Rh); **Type biologique** : Géophyte bulbeux (Gbu), Géophyte rhizomanteux (Grh), Géophyte tubéreux (Gtu), Mésophanérophite (Msph), Mégaphanérophite (Mgph), Microphanérophite (Mcph), Nanophanérophite (Nph), Phanérophite lianessant (Phli), Thérophite dressé (Thd), Thérophite prostré; **Type foliaire** : Leptophylle (Lepto), Macrophyll (Macro), Mésophylle (Méso), Microphyll (Micro), Nanophylle (Nano); **Type de diaspores** : Ballochores (Ballo), Ptérochores (Ptéro), Sarcochores (Sarco), Sclérochores (Scléro); **Distribution phytogéographique** : Afro-tropicale (AT), Cosmopolite (Cosmo), Guinéo-Congolaise (GC), Paléotropicale (Paléo), Pantropicale (Pan) et **Type de biotope** : Culture (Cult), Forêt Primaire (FP), Forêt Secondaire (FS), Savane (Sa) ou Rudérale (Rud). L'identification des plantes a été réalisée par le Professeur B Yang Da Musa Masens du Département de Biologie de l'Université de Kinshasa.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DONNEES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES

L'enquête ethnobotanique a été réalisée auprès de 75 tradipraticiens dont 26 femmes (34,67%) et 49 hommes (65,33%). De toutes les personnes ayant participé à l'enquête, 30 personnes (40,00%) sont reconnues par l'ex District sanitaire du Kwango, actuellement la Division Provincial du Kwango (DPS/OMS/Kwango) et reconnaît qu'elles utilisent les traitements à base des plantes dans la ville de Kenge. Les enquêtés sont à l'intervalle d'âge ≤ 29 ans et ≥ 70 ans. Seuls, ceux ayant l'âge de 50-59, 40-49 et 60-69 ans ont présenté respectivement 34,72%; 26,39 % et 20,83%. Cela s'explique par leurs poids d'âge et leurs expériences dans le métier (Figure 2).

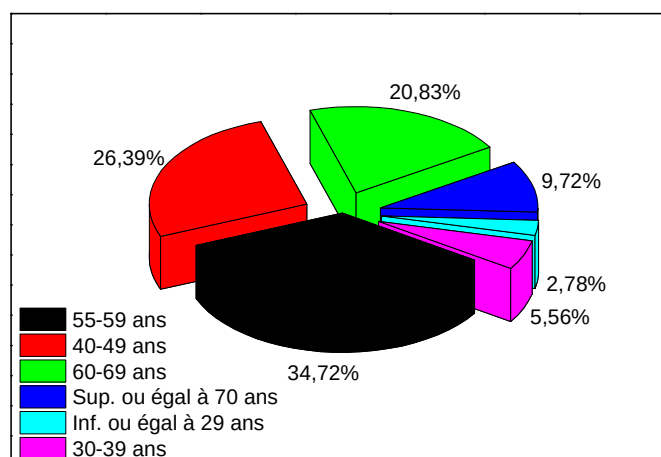


Figure 3: Répartition des interviewés selon les tranches d'âge

Les différents tradipraticiens sont répartis de la manière suivante : 90,27% sont originaires de la province du Kwango (43,05% de Kenge, 27,78% de Kasongo lunda, 8,34% de Kahemba, 6,94% de Feshi) et 9,73% sont non originaires du Kwango (Ngungu, Idiofa et Masimanimba) (Figure 3). 41,67% des tradipraticiens sont reconnus officiellement par DPS/OMS/Kwango contre 58,33% sont non reconnus.

3.2 DONNEES ETHNOBOTANQUES ET ECOLOGIQUES

Le tableau 1 donne la liste des plantes répertoriées, leurs noms vernaculaires (en Kikongo), les familles, les parties utilisées, l'utilisation, le nombre de citation et le pourcentage tandis que le tableau 2 donne l'écologie et importance locale des espèces végétales inventoriées.

Tableau 1. Données ethnobotaniques des plantes répertoriées

N°	Espèces recensées	Nom vernaculaire	Famille	Partie utilisée	Utilisation	Citation	%
1	<i>Aframomum albobolaceum</i> (Ridley) K. Schum	Ditundu	Zingiberaceae	(Fe), (Ecr), (Gr)	(3), (14), (15), (18)	5	3,42
2	<i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng.	Ditungulu	Amaryllidaceae	(Bu)	(3), (13), (22), (24)	4	2,74
3	<i>Allium sativum</i> L	Ayi	Amaryllidaceae	(Bu)	(3), (5), (22), (26)	2	1,37
4	<i>Annona senegalensis</i> Pers	Mulolo	Annonaceae	(Ect), (Fe), (Ra)	(2), (3), (17), (19), (22)	4	2,74
5	<i>Apium graveolens</i> L	Celeri	Apiaceae	(Fe)	(3), (15)	5	3,42
6	<i>Arachis hypogea</i> L	Nguba	Fabaceae	Gr	(3), (11)	3	2,06
7	<i>Canarium Schweinfurthii</i> Engl	Bidi	Burseraceae	(Ect)	(3), (22)	8	5,48
8	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L	Nsudi ya banioka	Chenopodiaceae	(Ect)	(3), (22)	1	0,68
9	<i>Cola acuminata</i> (P. Beauv Schott et Endl)	Dikasu	Malvaceae	(Ect), (Fe), (Gr)	(3), (9), (11), (24)	4	2,74
10	<i>Garcinia kola</i> Heckel	Ditundu	Clusiaceae	(Ra), (Ect), (Fe), (Gr)	(3), (7), (23), (24)	4	2,74
11	<i>Gardenia ternifolia</i> Schum & Thonn	Kilemba nzau	Rubiaceae	(Fe), (Ra)	(3), (4), (11), (16), (22), (26)	5	3,42
12	<i>Hymenocardia acide</i> Till	Muheta	Hymenocardiaceae	(Ra), (Ect), (Fe)	(1), (3), (10), (11)	8	5,48
13	<i>Jatropha curcas</i> L	Mukadipemba	Euphorbiaceae	(Fe), (Ect)	(3), (6), (11), (19), (20), (24)	8	5,48
14	<i>Landolphia lanceolata</i> K	Mata	Apocynaceae	(Ti)	(3), (22)	14	9,60
15	<i>Manihot esculanta</i> Crantz	Manioko	Euphorbiaceae	(Fe), (Tu)	(3), (6), (11), (13), (25)	4	2,74
16	<i>Milletia drastica</i>	Ngilu	Fabaceae	Ra	(3)	7	4,80
17	<i>Mondia witheii</i> (Hook. F) Skuls	Kimbiolongo	Periplocaceae	(Ra)	(3), (11)	24	16,44
18	<i>Myristica fragrans</i> Houtt	Muscade	Aristolochiaceae	Gr	(3)	4	2,74
19	<i>Pentadiplandra brazzeana</i> Baill	Nkengikiasa	Pentadiplandraceae	Ra	(3), (9), (20)	12	8,21
20	<i>Quassia africana</i> (Baill)	Yombo	Simaroubaceae	(Fe), (Ecr)	(3), (7), (13), (17), (19)	8	5,48
21	<i>Strychnos suberosa</i> Wild	Makalankoki	Loganiaceae	Ecr	(3)	4	2,74
22	<i>Zingiber officinale</i> Rose	Tangawisi	Zingiberaceae	(Ra), (Rh)	(3), (11), (12), (19), (21), (22)	8	5,48

Légende : Rh : Rhizome, Ect : Ecorce tige, Ra : Racines, Ecr : Ecorce racine, Bu : Bulbe, Fe : Feuilles, Tu : Tubercule, Aménorrhée (1), Anémie (2), Aphrodisiaque (3), Ascite (4), Bronchite (5), Carie dentaire (6), Diarrhée (7), Dysenterie (8), Dysménorrhée (9), Fièvre (10), Fortifiant sexuel (11), Grippe (12), Hémorroïde (13), Hygiène intime (14), Impuissance sexuelle (15), Jaunisse (16), Maux d'estomac (17), Maux d'yeux (18), Maux de ventre (19), Paludisme (20), Rhume (21), Stérilité (22), Syphilis/IST (23), Toux (24), Varicelle (25), Variole (26), Vers intestinaux (27).

Tableau 2 : Données écologiques et importance locale des espèces végétales inventoriées

N°	Espèces recensées	Nbre d'individus	Nbre d'usage	Nbre de Citation	Vus	ICs	VAU _s
1	<i>Afromomum alboviolaceum</i> Rh, Grh, Méso, Sarco, GC, Sa.	3	4	5	1,25	0,05	0,06
2	<i>Allium tuberosum</i> Hv, Gbu, Micro, Scléro, Paléo, Cult.	4	4	4	1,00	0,05	0,05
3	<i>Allium sativum</i> Hv, Gbu, Micro, Scléro, Paléo, Cult.	6	4	2	0,50	0,05	0,02
4	<i>Annona senegalensis</i> Ar, Mcph, Méso, Sarco, AT, Sa.	2	5	4	0,80	0,06	0,04
5	<i>Apium graveolens</i> Hv, Thd, Micro, Scléro, Paléo, Cult.	3	2	5	2,5	0,02	0,05
6	<i>Arachis hypogea</i> Ha, Thp, Micro, Ballo, Pan, Cult.	8	2	3	1,5	0,02	0,03
7	<i>Canarium Schweinfurthii</i> A, Mgph, Méso, Sarco, GC, FS.	6	2	8	4,00	0,02	0,08
8	<i>Chenopodium ambrosioides</i> Ar, Th, Lepto, Scléro, Cosm, Cult.	7	2	1	0,50	0,02	0,01
9	<i>Cola acuminata</i> A, Msph, Lepto, Sarco, GC, FS.	9	4	4	1,00	0,05	0,05
10	<i>Garcinia kola</i> A Msph, Méso, Sarco, GC, FP.	10	4	4	1,00	0,05	0,05
11	<i>Gardenia ternifolia</i> Ar, Mcph, Méso, Sarco, AT, Sa.	3	6	5	0,83	0,08	0,06
12	<i>Hymenocardia acida</i> Ar, Msph, Nano, Ptéro, AT, Sa.	10	4	8	2,00	0,05	0,1
13	<i>Jatropha curcas</i> Ar, Mcph, Méso, Ballo, Pan, Sa.	4	1	7	7,00	0,01	0,07
14	<i>Landolphia lanceolata</i> , Ar, Th, Micro, Ballo, Pan, Sa.	8	2	14	7,00	0,02	0,14
15	<i>Manihot esculanta</i> Ar, Gtu, Méso, Ballo, Pan, Cult.	13	5	4	0,80	0,06	0,04
16	<i>Milletia drastica</i> Ar, Msph, Lepto, Ballo, GC, FS.	6	6	8	1,33	0,80	1,06
17	<i>Mondia witheii</i> Li, Phli, Macro, Ballo, GC, FS.	11	2	24	12,00	0,02	0,24
18	<i>Myristica fragrans</i> Ar, Msph, Méso, Sarco, GC, Cult.	5	1	4	4,00	0,01	0,04
19	<i>Pentadiplandra brazzeana</i> Ar, Nph, Méso, Ballo, GC, FS.	13	3	12	4,00	0,04	0,16
20	<i>Quassia Africana</i> Ar, Mcph, Méso, Sarco, GC, FP.	2	5	8	1,60	0,06	0,09
21	<i>Strychnos suberosa</i> Li, Msph, Méso, Sarco, GC, FS.	5	1	4	4,00	0,01	0,04
22	<i>Zingiber officinale</i> Ha, Grh, Méso, Sarco, GC, Cult.	14	6	8	1,33	0,08	0,10

Il ressort du tableau 1 que 22 espèces ont été répertoriées ; elles appartiennent à 19 familles et 21 genres. La famille de Zingiberaceae est la plus représentée avec 3 espèces. Les 22 taxons sont tous aphrodisiaques, mais les plus prises à partir des valeurs de l'indice VU_s met en premier position les espèces : *Mondia witheii* (12,00% de citation), viennent ensuite *Jatropha curcas* et *Landolphia lanceolata* avec chacune 7,00 de citation, *Canarium Schweinfurthii*, *Myristica fragrans*, *Pentadiplandra brazzeana* et *Strychnos suberosa* avec chacune 4,00% de citation.

Les caractéristiques écologiques de plantes inventoriées dans le tableau 2 montrent que : Les plantes aphrodisiaques inventoriées sont de 6 types morphologiques, le type arbuste est le plus représenté soit 45,45%. Les types biologiques de ces plantes montent 8 types différents, les plus ciblés sont : mésophanérophite (27,27%), microphanérophyte (18,18%) et géotype rhizomanteux, tubéreux et bulbeux (27,27%). Les types foliaires expriment en majorité de plantes aphrodisiaques répertoriées sont mésophylles soit 40,90%, microphyll (22,72%) et leptophylle (13,62%). 4 types de diaspores réparties de manière suivante : Sarcochores (45,45%), ballochores (31,81%), Sclérochores (18,18%) et faible pourcentage de pterochores. Les données écologiques de 22 plantes révèlent 6 types de distribution phytogéographique dont la moitié soit 50% sont Guinéo congolaise. Du point de vue de l'habitat des espèces inventoriées, elles sont classées en 3 types : les espèces cultivées et forêt (36,36%) à chacune et de savanes (27,27%).

Le classement basé sur des valeurs de IC_s met en évidence les espèces : *Milletia drastica*, *Zingiber officinale*, *Gardenia ternifolia*, *Annona senegalensis* Pers, *Manihot esculanta*, et *Quassia Africana* avec des valeurs supérieur ou égale à 0,06. Les valeurs de l'indice Vus et IC_s corrélaient positivement et significativement avec les valeurs de VAU_s.

En associant l'indice VU_s et IC_s sur l'ensemble des espèces, ce sont les espèces : *Milletia drastica*, *Mondia witheii*, *Pentadiplandra brazzeana*, *Landolphia lanceolata*, *Hymenocardia acida* et *Zingiber officinale* qui ont un VAU_s élevé. Ces espèces végétales peuvent être intéressantes dans le traitement de la stérilité. Ces résultats corroborent ceux des d'autres chercheurs [52-55].

La figure 4 donne le mode de préparation des recettes.

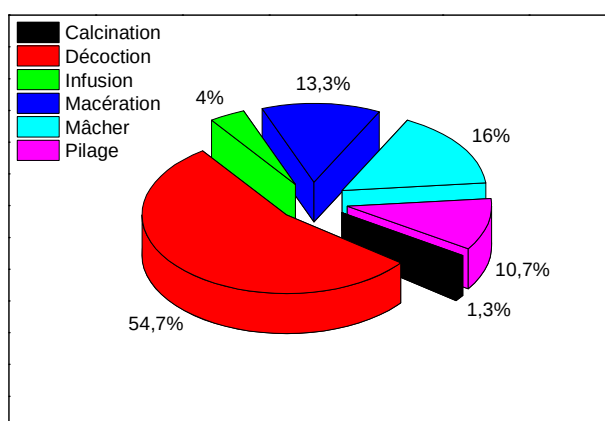


Figure 4: Mode de préparation des recettes

La figure 4 montre que la décoction est le mode le plus utilisé (54,7%) suivi respectivement de mâcher (16%), macération (13,3%), pilage (10,7%), infusion (4%) et de calcination (1,3%). La décoction permet de recueillir le plus de principes actifs et atténue ou supprime l'effet toxique de certaines recettes. Ces résultats corroborent à ceux trouvés par d'autres chercheurs notamment Lubini en R.D. Congo [56], Sahli au Maroc [57], Ilumbe et Kabena en RD Congo [52, 55]. Par contre Wome [58] a montré que la macération est le mode de préparation le plus utilisé. Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus par des nombreux auteurs tels que N'Guessan en Côte d'Ivoire [59], Dibong au Cameroun [60], Kabena et Lubini, en R.D Congo [55, 56].

La figure 5 donne les différentes parties utilisées des plantes.

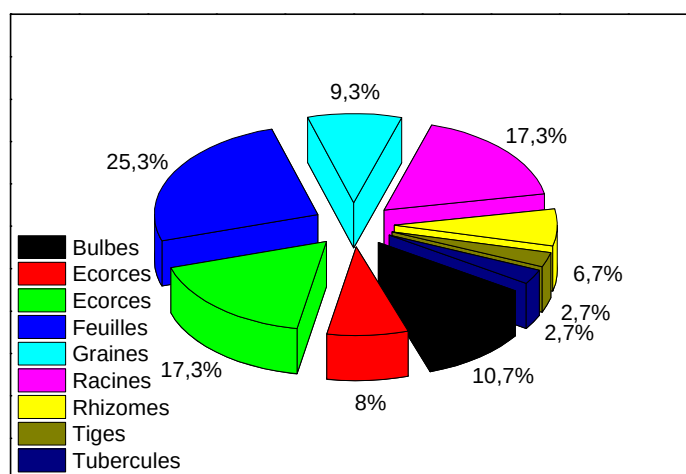


Figure 5: Différentes parties utilisées des plantes

Selon l'ordre d'importance des différentes parties utilisées des plantes, on peut noter par ordre décroissant la prédominance des feuilles (25,3%) suivi respectivement des racines et écorces de tige (17,3% chacun), bulbes (10,7%), graines (9,3%), écorces de racine (8%), rhizomes (6,7%), et le reste des parties utilisées représente 4%. La fréquence élevée d'utilisation des feuilles serait due à l'aisance, la facilité et la rapidité de récolte, mais aussi par un processus physiologique important du fait qu'elles sont sièges de la photosynthèse et parfois du stockage des métabolites secondaires responsables des propriétés biologique de la plante [61, 62]. Par contre, Ilumbe [52] a montré que les écorces du tronc constituent le principal organe sollicité.

La figure 6 donne les différents modes d'administration des recettes.

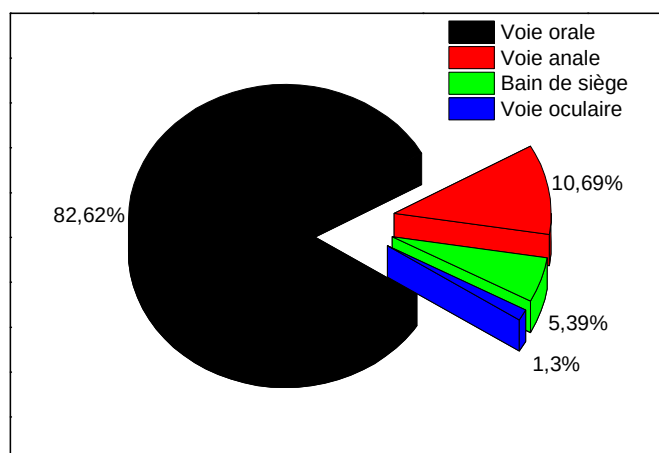


Figure 6: Mode d'administration

Il ressort de la figure 6 que la voie orale est la voie la plus utilisée (82,7%), suivi respectivement de la voie anale (10,7%), du bain de siège (5,3%) et la voie oculaire (1,3%). Ces résultats sont en accord à ceux trouvés par d'autres chercheurs. En effet, N'Guessan [59] en Côte d'Ivoire, Sahli [57] et Dibong [60] au Cameroun, Lubini [56], Wome [58] et Ngbolua [61, 62] en R.D. Congo ont confirmé que la voie orale est le mode d'administration des recettes le plus utilisé pour la plupart des recettes traditionnelles notamment les décoctés, les infusés, les macérés et les sucs végétaux.

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le présent travail avait pour but d'inventorier les espèces végétales utilisées comme aphrodisiaques pour soigner la stérilité dans la ville de Kenge et ses environs.

Il ressort de cette étude que 22 espèces ont été répertoriées ; elles appartiennent à 19 familles et 21 genres. La famille de *Zingiberaceae* est la plus représentée. *Milletia drastica*, *Mondia witheii*, *Pentadiplandra brazzeana*, *Landolphia lanceolata*, *Hymenocardia acida* et *Zingiber officinale* ont présenté une valeur d'accord d'utilisation (VAU_s) élevée.

Il est donc souhaitable que des études phytochimiques et pharmacologiques approfondies soient réalisées sur ces plantes en vue leur validation scientifique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ISP Kenge et la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa (République démocratique du Congo) pour leur soutien.

REFERENCES

- [1] P. Vincent. La stérilité physiologique des population, pp. 45-64, 1990.
- [2] H. Leridon. Stérilité et hypofertilité: du silence à l'impatience? Population Vol. 46, no. , pp-247, 1991.
- [3] World Health Organization. Traditional medicine strategy 2002-2005, 2002. <http://www.who.int/medicines/library/trmtrat eng.pdf>.
- [4] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. Int. J. Biol. Chem. Sci., Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [5] K.N. Ngbolua, H. Rakotoarimanana, H. Rafatro, S.R. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two Vernonia species: V. amygdalina from the Democratic Republic of Congo and V. cinerea subsp vialis endemic to Madagascar. Int. J. Biol. Chem. Sci., Vol. 5, no. 1, pp. 345-353, 2011b.
- [6] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.

- [7] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [8] B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, K.P. Museu, K.N. Ngbolua. A preliminary survey of the amphibian fauna of Kisangani eco-region, Democratic Republic of the Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I4. DOI: 10.15297/JABZ.V3I4.01, 2015.
- [9] P. Baelo, J.A. Asimonyio, S. Gambalemoke, N. Amundala, R. Kiakenya, E. Verheyen, A. Laudisoit, K.N. Ngbolua. Reproduction et structure des populations des Sciuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 23, no. 2, pp. 428-442, 2016.
- [10] P. Baelo, C. Kahandi, J. Akuboyi, J.L. Juakaly, K.N. Ngbolua. Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 23, no. 2, pp. 412-418, 2016.
- [11] J.K. Kambale, F.M. Feza, J.M. Tsongo, J.A. Asimonyio, S. Mapeta, H. Nshimba, B.Z. Gbolo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, no. 1, pp. 51-60, 2016.
- [12] J.-L.K. Kambale, J.A. Asimonyio, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Tsongo, P.K. Kavira, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 24, no. 2, pp. 309-321, 2016.
- [13] J.-L.K. Kambale, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Omatoko, F.B. Kirongozi, O.D. Basa, E.P. Bugenth, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, K.N. Ngbolua. Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 24, no. 2, pp. 300-308, 2016.
- [14] P.K. Kavira, F.B. Kirongozi, J.-L.K. Kambale, J.M. Tsongo, N.A. Shalufa, K.K. Bukasa, P.Y. Sabongo, H.K. Nzap, K.N. Ngbolua. Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 24, no. 2, pp. 322-331, 2016.
- [15] T.B. Mambo, J.U. Thumitho, E.L. Tambwe, C.M. Danadu, J.A. Asimonyio, A.B. Kankonda, J.A. Ulyel, C.M. Falanga, K.N. Ngbolua. Etude qualitative du régime alimentaire de *Hippopotamys psittacus* (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, no. 2, pp. 321-329, 2016.
- [16] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, E.K. Kitwa, A.B. Kanangila, J.B.S. Lumbu, K.N. Ngbolua, E.K. Atibu, M.K. Kakule. Antisickling Activity of Anthocyanins from *Bombax pentadrum*, *Ficus capensis*, *Zizyphus mucronata*: Photo degradation effect. *J. Ethnopharmacol.* Vol. 120, pp. 413-418, 2008.
- [17] K.N. Ngbolua, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda, C.A. Masengo. In vitro and in vivo anti-malarial and cytotoxic activities of ethanolic extracts of *Annona senegalensis* Pers (Annonaceae) from Democratic Republic of the Congo. *Journal of Modern Drug Discovery and Drug Delivery Research*. V2I2. DOI: 10.15297/JMDDR.V2I2.01, 2014.
- [18] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana. The Possible Role of a Congolese polyherbal formula (Drepanoalpa®) as source of Epigenetic Modulators in Sickle Cell Disease: A Hypothesis. *J. of Advancement in Medical and Life Sciences*. V2I1. DOI: 10.15297/JALS.V2I1.02, 2014.
- [19] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindukila, P.T. Mpiana, C.A. Masengo, R. Baholy, P.R. Fatiany, E.G. Ekutsu, Z.B. Gbolo. In vitro Assessment of Antibacterial and Antioxidant activities of a Congolese medicinal plant species *Anthocleista schweinfurthii* Gilg (Gentianaceae). *J. of Modern Drug Discovery and Drug Delivery Research*. V1I3, 20014a. DOI: 10.15297/JMDDR.V1I3.03.
- [20] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindukila, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, C.A. Masengo, K.W. Nzongola, R. Baholy, P.R. Fatiany. Phytochemical screening, Antibacterial and Antioxidant activities of *Anthocleista liebrechtsiana* Wild & T. Durand (Gentianaceae) originated from Democratic Republic of the Congo. *Journal of Advancement in Medical and Life Sciences* V1I3, 2014b. DOI: 10.15297/JALS.V1I3.04.
- [21] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, D.D. Tshilanda, Z.B. Gbolo, T.D. Mwanangombo, P.R. Fatiany, R. Baholy. Ethno-botanical survey, in vitro antisickling and free radical scavenging activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae). *Journal of Advanced Botany & Zoology* V1I2, 2014e. DOI: 10.15297/JABZ.V1I2.04.

- [22] J.K. Kambale, K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, R. Wumba, L.G. Mvumbi, L.R. Kalala, K.G. Mesia, E. Ekutsu. Evaluation in vitro de l'activité antifalcémiant et effet antioxydatif des extraits d'*Uapaca heudelotii* Baill. (Euphorbiaceae). Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol. 7, no. 2, pp. 523-534, 2013.
- [23] K.N. Ngbolua, B.M. Bolaa, P.T. Mpiana, E.G. Ekutsu, A.C. Masengo, D.S.T. Tshibangu, V. Mudogo, D.D. Tshilanda, K.R. Kowozogono. Great Apes Plant Foods as Valuable Alternative of Traditional Medicine in Congo Basin: The Case of Non-Human Primate Bonobos (*Pan paniscus*) Diet at Lomako Fauna Reserve, Democratic Republic of the Congo. J. of Advanced Botany and Zoology, V3I1, 2015. DOI: 10.15297/JABZ.V3I1.01.
- [24] K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, O.S. Mihigo, B.K. Mavakala, C.A. Masengo, L.C. Muanyishay. Anti-sickling and antibacterial activities of Some Extracts from *Gardenia ternifolia* subsp. *jovis-tonantis* (Welw.) Verdc. (Rubiaceae) and *Uapaca heudelotii* Baill. (Phyllanthaceae). Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences Vol. 2, no. 1, pp. 10-19, 2015.
- [25] G.E. Ekutsu, K.N. Ngbolua, B.M. Bolaa, P.T. Mpiana, B.P. Ngoy, C.A. Masengo, G.N. Bongo. Enquête sur la pharmacopée des bonobos (*Pan paniscus*, Primates) dans un foyer endémique et Mise en évidence de l'activité anti-drépanocytaire chez un taxon végétal (*Treulia africana* Decne ex Trécul, Moraceae) testé in vitro. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 14, no. 2, pp. 315-326, 2016.
- [26] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, B.Z. Gbolo, N.O. Kabena. Ethno-pharmacological survey, in vitro antisickling and free radical scavenging activities of *Carapa procera* DC. stem bark (Meliaceae). Nova Journal of Medical and Biological Sciences Vol. 2, no. 2, pp. 01-14, 2014.
- [27] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, D.D. Tshilanda, B.Z. Gbolo, T.D. Mwanangombo, P.R. Fatiany, R. Baholy. Ethno-botanical survey, in vitro antisickling and free radical scavenging activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae). Journal of Advanced Botany & Zoology V1I2, 2014. DOI: 10.15297/JABZ.V1I2.04
- [28] P.T. Mpiana, F.M. Misakabu, J.M. Kitadi, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, B.K. Lombe, P.V. Tsalu, E.K. Atibu, B.Z. Gbolo, C.L. Muanishay. Antisickling activity and physico-chemical stability of anthocyanin extracts from *Hypoxis angustifolia* Lam. (Hypoxidaceae) bulbs. M. Noboru (Ed.), in: Anthocyanins: Occurrence, Structure, Biosynthesis and Health benefits Based on their Evidences of Phytochemicals in Vegetables and Fruits, NOVA Science Publishers, Inc., New York, USA, 2014; Vol. 2, pp: 97-113.
- [29] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, E.K. Atibu, E.K. Kitwa, A.B. Kanangila, L.K. Makelele. Activité antifalcémiant et thermodégradation d'une fraction d'anthocyanes extraits de *Zizyphus mucronata*, Ann. Afr. Med. Vol. 2, no. 2, pp. 91-97, 2009.
- [30] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, O.M. Shetonde, K.N. Ngbolua, M.B. Mbala. Antisickling activity of some Congolese plants, in: Drug discovery from African flora, The 12th Symposium of the Natural Product Research Network for Eastern and Central Africa, July 22-26, 2007; University of Makerere, Kampala, Uganda, p.45 (PS-6).
- [31] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, P.K. Mangwala, E.K. Atibu, M.K. Kakule, L.K. Makelele, M.T. Bokota. Antisickling Activity and Thermodegradation of an Anthocyanin fraction from *Ocimum basilicum* L. (LAMIACEAE). Comp. Bio. Nat. Products. 2010; Vol. 3. Effects, Safety & Clinical (Pt II), pp. 278-287.
- [32] K.N. Ngbolua, V. Mudogo, P.T. Mpiana, M.J. Malekani, H. Rafatro, R.S. Urverg, L. Takoy, H. Rakotoarimana, D.S.T. Tshibangu. Evaluation de l'activité anti-drépanocytaire et antipaludique de quelques taxons végétaux de la République démocratique du Congo et de Madagascar. Ethnopharmacologia Vol. 50, pp. 19-24, 2013.
- [33] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, B.F. Mwanza, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda, A.C. Masengo, V. Mudogo, R. Baholy, P.R. Fatiany. Antisickling and antibacterial activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae) and *Tetradenia riparia* (Hochst.) Codd (Lamiaceae) from Democratic Republic of the Congo. J. of Advancement in Medical and Life Sciences. V4I1. DOI: 10.15297/JALS.V4I1.01, 2016.
- [34] P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, E.K. Atibu, D.D. Tshilanda, N.M. Misengabu. Antisickle erythrocytes haemolysis properties and inhibitory effect of anthocyanins extracts of *Trema orientalis* (ULMACEAE) on the aggregation of human deoxyhemoglobin S in vitro. Journal of Medical Sciences Vol. 11, no. 3, pp. 129-137, 2011.
- [35] P.T. Mpiana, B.L. Kimbadi, A.M. Ombeni, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda, N.M. Misengabu, C.L. Muanyishay, S.K. Muyisa. In vitro inhibitory effects and anti-sickle erythrocytes haemolysis of *Dicliptera colorata* C.B. Clarke, *Euphorbia hirta* L. and *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Open Journal of Blood Diseases Vol. 3, pp. 43-48, 2013.
- [36] D.D. Tshilanda, D.V.N. Onyamboko, P.B. Babady, P.K. Mutwale, P.V. Tsalu, D.S.T. Tshibangu, N.K. Ngombe, K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana. Chemical fingerprint and anti-sickling activity of Rosmarinic acid and Methanolic extracts from three Species of *Ocimum* from DR Congo. Journal of Biosciences and Medicines Vol. 4, pp. 59-68, 2016.
- [37] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda. In vitro anti-erythrocyte sickling effect of lunularic acid of natural origin. International Blood Research & Reviews Vol. 4, no. 3, pp. 1-6, 2015.

- [38] D.D. Tshilanda, D.N.V. Onyamboko, P.B. Babady, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, E.F. Dibwe, P.T. Mpiana. Anti-sickling Activity of Ursolic Acid Isolated from the Leaves of *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae). *Nat. Prod. Bioprospect* Vol. 5, pp. 215-221, 2015.
- [39] D.S.T. Tshibangu, F.O. Shode, N. Koorbanally, V. Mudogo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Antisickling triterpenoids from *Callistemon viminalis*, *Meulaleuca bracteata* var. *Revolution Gold* *Syzygium guineense* and *Syzygium cordatum*. The 14th NAPRECA Symposium and AAMPS Ethnoverterinary Medicine Symposium 8th-12th August 2011. International Centre For Insect Physiology and Ecology (ICIPE): Kasarani, Nairobi, Kenya, pp.296-300 (YS 27).
- [40] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, J.B. Akoundze, F.B. Mwanza, D.S.T. Tshibangu, C.A. Masengo, L. Liesse, K. Takaisi. Anti-sickling and bacterial inhibitory effects of two medicinal foods from the Congo River basin: *Gnetum africanum* Welw. (Gnetaceae) and *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae). *Current Traditional Medicine* Vol. 2, no. 1, pp. 34-41, 2016.
- [41] P.T. Mpiana, V. Mudogo, L. Nyamangombe, M.K. Kakule, K.N. Ngbolua, E.K. Atibu, M.B. Mbala, A.K. Mbongo, J.N. Ntumba. Antisickling Activity and Photodegradation Effect of Anthocyanins Extracts from *Alchornea cordifolia* (SCHUMACH & Thonn.) and *Crotalaria retusa* L. *Ann. Afr. Med.* Vol. 2, no. 4, pp. 240-245, 2009.
- [42] K.N. Ngbolua, E.M. Lengbiye, J.K. Lumande, P.T. Mpiana. *Canarium schweinfurthii* Engl. (Burseraceae): An Updated Review and Future Direction for Sickle Cell Disease. *J. of Advancement in Medical and Life Sciences*, 2015. V3I3 DOI: 10.15297/JALS.V3I3.05.
- [43] P.T. Mpiana, F.M. Misakabu, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, D.T. Mwanangombo. Antisickling activity and membrane stabilization effect of anthocyanins extracts from *Adansonia digitata* L. bark on sickle blood cells. *International Blood Research and Reviews* Vol. , no. 5, pp. 198-212, 2014,
- [44] P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, O.M. Shetonde, K.N. Ngbolua. In vitro antidrepanocytary activity (anti-sickle cell anaemia) of some Congolese plants. *Phytomedicine* Vol. 14, pp. 192-195, 2007.
- [45] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, O.M. Shetonde, P.K. Mangwala, B.K. Mavakala. In vitro Antisickling Activity of Anthocyanins Extracts of a Congolese Plant: *Alchornea cordifolia* M.Arg. *J. Med. Sci.* Vol. 7, no. 7, pp. 1182-1186, 2007.
- [46] K.N. Ngbolua, K.L. Karume, G.N. Bongo, F.B. Mwanza, D.D. Tshilanda, D.S.T. Tshibangu, V. Mudogo, P.T. Mpiana. Larvicidal activity validation of *Scorodophleous zenkeri* Harms and *Garcinia mangostana* L. from Democratic Republic of the Congo using *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) as model system. *J. of Advancement in Medical and Life Sciences*. V4I1, 2016. DOI: 10.15297/JALS.V4I1.03
- [47] K.N. Ngbolua, E.M. Lengbiye, C.A. Masengo, J.A. Asimonyio, J.L.K. Kambale, D.S.T. Tshibangu, N.K. Ngombe, I. Kamika, P.T. Mpiana. Antisickling and antibacterial activities of *Uvariopsis congensis* Robyns & Ghesq. (Annonaceae). *Discovery Phytomedicine* Vol. 3, no. 2, pp. 7-14, 2016.
- [48] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, E.K. Atibu, E.K. Kitwa, A.B. Kanangila, L.K. Makelele. Activité antifalcémiant et thermodégradation d'une fraction d'anthocyanes extraits de *Zizyphus mucronata*, *Ann. Afr. Med.* Vol. 2, no. 2, pp. 91-97, 2009.
- [49] F.N. Mulwele. Evaluation phytochimique et efficacité de traitement de l'amande des graines de *Moringa oleifera* Lam sur la qualité des eaux superficielles à Kenge. Mémoire de DEA, Département de Biologie à la Faculté des Sciences de L'université de Kinshasa, 2013.
- [50] M. Kanene. Etude du centre urbain de Kenge, mémoire de licence, Institut Pédagogique National, Kinshasa, 1977.
- [51] Monographie de la Province de Bandundu (2005) Ministère du plan unité de pilotage du processus DSRP Kinshasa-Gombe, 2005.
- [52] B.G. Ilumbe, P. Van Damme, F.L. Lukoki, V. Joiris, M. Visser, J. Lejoly. Contribution à l'étude des plantes médicinales dans le traitement des hémorroïdes par les pygmées de Twa et leur voisin Oto de bikoro, RDC. *Congo Sciences* Vol. 2, no. 1, pp. 46-54, 2014.
- [53] P. Kamtchouing, G.Y.F. Mbongur, T. Dimo, P. Watcho, H.B. Jasta, S.D. Sokeng. Effects of *Aframomum melegueta* and *Piper guineense* on sexual behavior of male rats. *Behav pharmacol.* Vol. 13 no. 3, pp. 243-247, 2002.
- [54] H. Guohua, L. Yanhua, M. Rengang, W. Dongzhi, M. Zhengzhi, Z. Hua. Aphrodisiac properties of *Allium tuberosum* seeds extract *Journal of Ethnopharmacology* Vol. 122, no. 3, pp. 579-582, 2009.
- [55] N.O. Kabena, K.N. Ngombe, K.N. Ngbolua, B.A. Kikufi, L. Lassa, E. Mboloko, P.T. Mpiana, F.L. Lukoki. Etudes ethnobotanique et écologique des plantes d'hygiène intime féminine utilisées à Kinshasa (R.D Congo). *Int. J. Biol. Chem.Sci.* Vol. 8, no. 6, pp. 2626-2642, 2014.
- [56] A.C. Lubini. Les plantes utilisées en médecine traditionnelle par le Yansi de l'entre Kwilu-Kamtsha (Zaïre) in comptes rendus de la 12ème réunion plénière de l'AETFAT, Hamburg Vol. 23, pp. 1007-1020, 1990.
- [57] S. Sahli, M. Fadli, L. Zidane, A. Douira. Etudes floristiques et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kenitra (Maroc). *Lazaroa* Vol. 31, pp. 133-146, 2010.

- [58] B. Wome. Recherche ethnopharmacologiques sur les plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle à Kisangani (Haut-Zaïre). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 1985.
- [59] K. N'Guessan, B. Kadja, G. Zirihi, D. Traore, I. Ake-Assi.. Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire) Sciences et Nature Vol. 6, no. 1, pp. 1-15, 2009.
- [60] S.D. Dibong, M.E. Mpondo, A. Ngoye, M.F. Kwim, J.L. Betti. Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun. Journal of Applied Biosciences Vol. 37, pp. 2496-2507, 2011.
- [61] K.N. Ngbolua, B.M. Benamambote, P.T. Mpiana, D.M. Muanda, E.G. Ekutsu, D.S.T. Tshibangu, B.Z. Gbolo, C.L. Muanyishay, N.B. Basosila, G.N. Bongo. B. Robijaona. Ethno-botanical survey and Ecological Study of some Medicinal Plants species traditionally used in the District of Bas-Fleuve (Bas-Congo Province, Democratic Republic of Congo). Research Journal of Chemistry, Vol. 01, no. 02, pp. 01-10, 2013.
- [62] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, V. Mudogo, N.K. Ngombe, D.S.T. Tshibangu, E.G. Ekutsu, O.N. Kabena, B.Z. Gbolo, L. Muanyishay. Ethno-pharmacological survey and Floristical study of some Medicinal Plants traditionally used to treat infectious and parasitic pathologies in the Democratic Republic of Congo. International Journal of Medicinal Plants Vol. 106, pp. 454-467, 2014.

Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le District de la Lukunga à Kinshasa (RD du Congo)

[Ethno-botanical and ecological studies of medicinal plant species traditionally used in Lukunga district, Kinshasa city (DR Congo)]

Koto-te-Nyiwa Ngbolua¹⁻³, Benjamin L. Mandjo², Juvin M. Munsebi², Masengo C. Ashande³, Lengbiye E. Moke¹⁻³, Lionel S. Asambo¹, Ready K. Konda¹, Didier L. Dianzuangani¹, Marlin Ilumbe⁴, Adelin B. Nzudjom⁴, Kadimanche Mukebayi⁴, and Pius T. Mpiana³⁻⁵

¹Département de Biologie, Faculté des Sciences,
Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

²Unité d'écodéveloppement, ethnobiologie et savoirs endogènes,
Département des Sciences de l'environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

³Research for Sustainable Development (RESUD/NGO),
Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

⁴Unité de Chirurgie orale, Service de stomatologie maxillo-faciale, Cliniques universitaires de Kinshasa,
Université de Kinshasa, RD Congo

⁵Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

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

ABSTRACT: According to the World Health Organization, more than 80% of the population in Africa resort to traditional medicine to solve the primary problem of health. In the present study, an ethno-botanical survey was carried out in six markets of the district of Lukunga according to principles' included in the declaration of Helsinki. The ethno-botanical data collected were then supplemented by information concerning the plant ecological types. The results from this study revealed that 39 species belonging 37 genera and 25 families were inventoried in the medicinal flora of the District of Lukunga in Kinshasa city. These plant species treat 31 diseases; however the best consensus emerges between inquired only for the treatment of malaria and diabetes mellitus (ICF $\geq$ 50%). While according to the value of use agreement, only two plant species: *Annona senegalensis* and *Quassia africana* displayed interesting result (VAUs $\geq$ 0.15). Our study revealed that the use of the medicinal plant species is a current practice among the age ranging from 22 to 67 years with prevalence at the old people of 43-49 years. The majority (66%) of the medicinal plants users have a level of secondary studies. The maceration (32%) is the most use mode of preparation while the root is the most used plant part. According to ecological studies, the phanerophytes as well as the Guinean species are prevalent in the medicinal flora of the District of Lukunga. Lastly, the chemical screening revealed the presence in the two selected plant species of the secondary metabolites of biopharmaceutical relevance such as total polyphenols, flavonoids and saponins. It is thus desirable that advanced phytochemical and pharmacological studies are carried out on the two plant species for the scientific validation of their bioactivity (conversion of the traditional knowledge into scientific culture) on the one hand, but also with an aim of both revalorizing and preserving/using them for sustainable development according to the convention on biological diversity on the other hand.

KEYWORDS: Ethno-botanical survey, medicinal plant species, convention on biological diversity, sustainable development, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, plus de 80% de la population en Afrique recourent à la médecine traditionnelle pour résoudre le problème de santé primaire. Dans la présente étude, une enquête ethnobotanique a été menée dans six marchés du district de Lukunga selon les principes repris dans la déclaration d'Helsinki. Les données ethnobotaniques recueillies ont ensuite été complétées par des informations concernant les types écologiques. Il ressort de cette étude que 39 espèces appartenant à 37 genres et 25 familles ont été inventoriées dans la flore médicinale du District de la Lukunga à Kinshasa. Ces plantes traitent 31 maladies, cependant le meilleur consensus ne se dégage entre les enquêtes que pour le traitement du paludisme et du diabète (ICF $\geq$ 50%).

En recourant à la valeur d'accord d'utilisation, seules deux plantes se dégagent. Il s'agit de *Annona senegalensis* et *Quassia africana* (VAUs $\geq$ 0,15). Nos résultats ont aussi indiqué que l'utilisation des plantes médicinales est une pratique courante dans les tranches d'âges allant de 22 à 67 ans avec une prédominance chez les personnes âgées de 43-49 ans. La majorité (66%) des usagers des plantes médicinales ont un niveau d'études secondaires. La macération (32%) est le mode de préparation le plus utilisé tandis que la racine est la partie de la plante la plus utilisée. Du point de vue écologique, les phanérophytes ainsi que les espèces guinéennes sont prédominants dans la flore médicinale du District de la Lukunga. Enfin, le screening chimique a révélé la présence dans les deux plantes sélectionnées des métabolites secondaires d'intérêt biopharmaceutique tels que les polyphénols totaux, les flavonoïdes et les saponines. Il est donc souhaitable que des études phytochimique et pharmacologique approfondies soient réalisées sur les deux plantes en vue de leur validation scientifique (conversion du savoir traditionnel en culture scientifique) d'une part, mais aussi dans le but de les revaloriser, de les conserver et de les utiliser durablement en respectant la convention sur la diversité biologique d'autre part.

MOTS-CLEFS: Enquête ethnobotanique, Plantes médicinales, Convention sur la diversité biologique, Développement durable, République démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, plus de 80% de la population en Afrique recourent à la médecine traditionnelle pour résoudre le problème de santé primaire. Le recours aux plantes médicinales pour divers problèmes de santé est non seulement un choix, mais serait aussi lié à la pauvreté et aux coûts élevés des médicaments modernes [1-5].

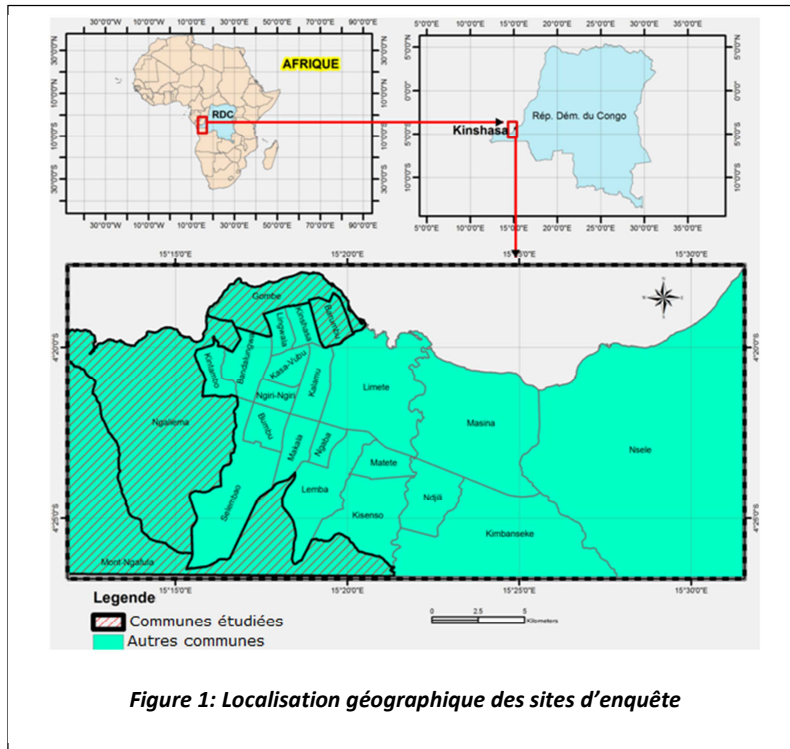
La République démocratique du Congo (RDC), par sa diversité culturelle, la richesse et la diversité de sa flore et de sa faune, constitue un véritable réservoir de la biodiversité comme l'indique les résultats de travaux récents [6-29], ce qui lui permet d'occuper une place privilégiée parmi les pays du bassin du Congo ayant un savoir-faire traditionnel à base de plantes médicinales et/ou animaux.

Cependant, dans le domaine de la phytothérapie, les recherches bibliographiques indiquent que les données relatives aux plantes médicinales de la RDC sont très fragmentaires et dispersées [30]. En outre, la destruction accélérée par l'homme des espaces naturels, rend de plus en plus difficile la conservation de ces ressources phytogénétiques. La présente étude, réalisée dans le District de la Lukunga à Kinshasa a pour but de contribuer à la connaissance des plantes médicinales, de leurs usages thérapeutiques et de leurs caractéristiques écologiques (types morphologiques, types biologiques et distributions phytogéographiques) dans le but de convertir ce savoir traditionnel en une connaissance scientifique afin de le revaloriser, de le conserver et de l'utiliser durablement selon la convention sur la diversité biologique [31-33]. Enfin, nous avons aussi effectué le screening chimique sur les deux plantes ayant présenté une valeur d'accord d'utilisation élevée afin d'identifier les métabolites secondaires d'intérêt biopharmaceutique susceptibles de leur conférer les propriétés pharmacologiques citées.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 2.1. DESCRIPTION DU MILIEU

La ville de Kinshasa est située entre 4° 18' et 4° 25' de latitude Sud et entre 15° 18' et 4° 22' de longitude Est. Elle est limitée au Nord et à l'Est par la province du Bandundu, au Sud par la province du Bas-Congo et à l'Ouest par la République du Congo, avec une altitude moyenne de 300 m au-dessus de la mer. La ville est bâtie sur la rive gauche du fleuve Congo appelé pool Malabo et elle est traversée par des nombreuses rivières dont les trois plus importantes (N'djili, N'sele et Mai-Ndombe) sont dites allogènes. Le climat de la ville de Kinshasa est de type Aw4 c'est-à-dire un climat tropical. Il est caractérisé par la



3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DONNEES ETHNOBOTANIKES

Le tableau 1 donne la liste des plantes répertoriées.

Tableau 1. Données ethnobotaniques et écologiques des plantes répertoriées.

Espèce (famille)	Nom local	TM	TB	TP	Maladies traitées	Parties utilisées	Doses
<i>Aframomum albo-violaceum</i> (Zingiberaceae)	Tondolo	HV	Grh	Pan	Fièvre, hémorroïdes	Ecorces, racines, bulbes	½ verre matin-soir ; 7jrs
<i>Aframomum melengueta</i> (Zingiberaceae)	Mondongo	Hv	Grh	Pan	Angine, lombalgie	Graines	Croquer les graines sans dose
<i>Aloe buettneri</i> (Xanthorrhoeaceae)	Badinseke	arb	Nph	Pan	Hémorroïdes, Ulcère	Feuilles, écorces, bulbes, racines	1 verre matin-soir ; 5jrs
<i>Annona senegalensis</i> (Annonaceae)	Lolo	arb	Mcph	At	Fièvre jaune, malaria, hémorroïdes, lombalgie	Tiges, écorces, racines	1 verre matin-soir; 5jrs
<i>Gigasiphon gossweileri</i> (Leguminosae)	Musimbi	A	Msph	Guin	Hémorroïdes	Tiges, graines, racines	½ pompe/jr pendants 3jrs
<i>Bridelia ferruginea</i> (Phyllanthaceae)	Kimwindi	arb	Mcph	Cguin	Hémorroïdes	Ecorces	2 pompes à l'intervalle d'un jr
<i>Dysphania ambrosioides</i> (Amaranthaceae)	Timor	Ha	Thd	Guin	Lombalgie, ascaridiose	Feuilles	1 pompe; 5jrs
<i>Croton angolensis</i> (Euphorbiaceae)	Bangu	arb	Mcph	Guin	Faiblesse sexuelle	Fruits,, graines, écorces	1 verre d'eau par cuillerée
<i>Cyperus articulatus</i> (Cyperaceae)	Tshakutshaku	Hv	Grh	Cguin	Hémorroïdes	Fruits, écorces	1 verre matin-soir
<i>Dacryodes edulis</i> (Burseraceae)	Nzete ya Safou	A	Msph	Cguin	Gastrite	Feuilles	Sans dose
<i>Elaeis guineensis</i> (Arecaceae)	Mbila	A	Msph	Pan	Toux	Fruits	1 pompe; 3jrs
<i>Cola acuminata</i> (Malvaceae)	Makasu	A	Msph	Cguin	Faiblesse sexuelle	Racines, bulbes	1 verre matin-soir
<i>Erythrophleum suaveolens</i> (Leguminosae)	Mbonzo	A	Msph	Guin	Antipoison	Fruits, écorces	1 pompe
<i>Garcinia huillensis</i> (Clusiaceae)	Nsima	A	Mcph	Cguin	Toux	Racines	½ verre matin-soir; 5jrs
<i>Garcinia kola</i> (Clusiaceae)	Ngadiadia	A	Mgph	Guin	Malaria, lombalgie	Fruits	3 ou 4; 5jrs
<i>Gardenia ternifolia</i> (Rubiaceae)	Kilembazau	arb	Mcph	Cguin	Hernie, hémorroïdes	Graines, racines	1 verre matin-soir; 7jrs
<i>Gongronema latifolium</i> (Apocynaceae)	Lolago	Lia	Lph	Pan	Antipoison, hémorroïdes, lombalgie	Racines	1 verre matin-soir; 5jrs
<i>Gladiolus gregarius</i> (Iridaceae)	Litunguluyazamba	Hv	Gb	Pan	Hémorroïdes	Fruits	1 verre matin-soir; 7jrs
<i>Fleroya stipulosa</i> (Rubiaceae)	Longo	arb	Msph	Guin	Hémorroïdes	Ecorces, fruits	1 verre matin-soir; 7jrs
<i>Heinsia crinata</i> (Rubiaceae)	Kitamata	arb	Mcph	Guin	Faiblesse sexuelle, hémorroïdes	Racines	1 verre matin-soir, croqué
<i>Hyptis suaveolens</i> (Lamiaceae)	Musunda	arb	Nph	Pan	Hémorroïdes, infection	Racines	1 verre matin-soir; suppositoire
<i>Milletia eetveldeana</i> (Leguminosae)	Mbwengi	A	Msph	At.	Maladie rénale, Gastrite	Bulbes, graines	1 verre matin-soir
<i>Mondia whitei</i> (Apocynaceae)	Kimbiolongo	Lia	Lph	Cguin	Hémorroïdes	Racines	½ verre matin-soir

<i>Monodora myristica</i> (Annonaceae)	Mpei	A	Msph	Cguin	Diabète sucré, malaria, hémorroïdes	Fruits, graines	1 verre matin-soir
<i>Morinda lucida</i> (Rubiaceae)	Siki	A	Msph	Guin	Angine, infection	Feuilles, racines	1 verre matin-soir
<i>Musa acuminata</i> (Musaceae)	Likemba	A	Gb	Pan	Toux	Ecorces	1 verre matin-soir
<i>Ocimum gratissimum</i> (Lamiaceae)	Lumbalumba	S/arb	Nph	Paléo	Hémorroïdes	Feuilles	1 pompe
<i>Pentadiplandra brazzeana</i> (Pentadiplandraceae)	Kengekiasa	Lia	Msph	Cguin	Hémorroïdes	Racines, feuilles, tiges	suppo 1 boule
<i>Persea americana</i> (Lauraceae)	Savoka	A	Lph	Pan	Diabète sucré	Feuilles	1 verre matin-soir
<i>Piper nigrum</i> (Piperaceae)	Ketshu	Lia		Paléo	Malaria, gripes	Feuilles	Sans dose
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (Anacardiaceae)	Mototondo	Arb	Grh	BGC	Gale	Ecorces	Appliquer sans dose
<i>Pycnopus sanguineus</i> (Polyporaceae)	Mayebo	Hv	Lph	Pan	Ascaridiose	Graines	consommer les graines
<i>Quassia africana</i> (Simaroubaceae)	Mopeshipeshi	A	Msph	Cguin	Microbe, hémorroïdes, malaria	Racines	1 verre matin-soir
<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Rubiaceae)	Kilolokikwada	Arb	Mcph	At	Hémorroïdes, hernie, maladie rénale	Fruits, écorces	½ verre matin-soir
<i>Securidaca longipedunculata</i> (Polygalaceae)	Sunda	A	Mcph	Cguin	Rhumatisme, hémorroïdes, toux	Racines	1 verre matin-soir
<i>Strychnos icaia</i> (Loganiaceae)	Kinyuma	Lia	Lph	Cguin	Mauvais esprit	Racines	Briller sans dose
<i>Uvaria scabrida</i> (Annonaceae)	Kalombo	Lia	Lph	Cguin	Hémorroïdes	Ecorces	1 verre matin-soir
<i>Xylopia aethiopica</i> (Annonaceae)	Kuyakuya	A	Mgph	Guin	Maux de ventre, hémorroïdes	Ecorces, racines	1 verre matin-soir
<i>Zingiber officinale</i> (Zingiberaceae)	Tangawisi	Hv	Grh	Guin	Lombalgie, infection, hémorroïdes	Racines	½ verre matin-soir, 1/2 pompe

Légende : TM : Type morphologique; TB: Type biologique; TP : Type phytogéographique.

Il ressort du tableau 1 que 39 espèces appartenant 37 genres et 25 familles ont inventorié dans la flore médicinale du District de la Lukunga à Kinshasa.

Le tableau 2 donne le nombre de citations et les valeurs de facteur de consensus informateur des maladies traitées.

Tableau 2 : Facteurs de consensus informateur des maladies soignées

N°	Maladies traitées	NTV	NC	ICF
01	Angine	4	4	0,33
02	Amibiase	1	1	0
03	Ascaridiose	3	4	0,33
04	Poison	1	5	0
05	Céphalée	1	1	0
06	Carie dentaire	1	2	0
07	Douleur	2	2	0
08	Diabète sucré	4	7	0,5
09	Dysménorrhée	1	1	0
10	Faiblesse sexuelle	8	11	0,3
11	Fièvre	1	1	0
12	Fièvre jaune	1	1	0
13	Fièvre typhoïde	1	1	0
14	Gale	2	2	0
15	Gastrite	2	6	0
16	Grippes	1	1	0
17	Hémorroïdes	24	43	0,45
18	Hernie	3	4	0,33
19	Hypertension artérielle (HTA)	3	4	0,33
20	Infection	6	7	0,16
21	Lombalgie	8	11	0,3
22	Malaria	5	14	0,7
23	Maladies rénales	3	4	0,33
24	Mauvais esprit	1	1	0
25	Maux de ventre	3	4	0,33
26	Mycose	1	1	0
27	Ulcères de Buruli	1	1	0
28	Peste	1	1	0
29	Rhumatisme	1	1	0
30	Spermatorrhée	1	1	0
31	Toux	5	5	0

(Légende : NTV : Nombre de taxons végétaux; NC: Nombre de citation; IFC: Facteur de consensus informateur) IFC: 1 = 100% Consensus; 0.5-0.9 = Consensus élevé; 0.1-0.4: Consensus faible; 0: Absence de consensus (Désaccord).

Il ressort de ce tableau que 31 maladies sont citées mais le consensus élevé ne se dégage que dans le traitement de deux maladies notamment le Paludisme (70%) et le Diabète sucré (50%). Cependant, les le consensus le plus faible est obtenu avec le traitement des Hémorroïdes, Angine, Ascaridiose, Hernie, HTA, Maux de ventre, Faiblesse sexuelle, Lombalgie et infections. En outre, on peut noter une absence de consensus pour 19 maladies citées.

Le tableau 3 donne la liste des plantes et les valeurs d'accord d'utilisation de ces plantes.

Tableau 3 : Liste des plantes utilisées dans le traitement des maladies et leur valeur d'accord d'utilisation à Kinshasa

N°	Espèces utilisées	Nr	NI	NC	VUs	ICs	VAUs
01	<i>Aframomum alboveolaceum</i>	2	1	2	2	0,01	0,02
02	<i>Aframomum melengeta</i>	3	2	4	2	0,02	0,04
03	<i>Aloe buettneri</i>	7	4	10	2,5	0,04	0,1
04	<i>Annona senegalensis</i>	10	11	20	1,81	0,11	0,19
05	<i>Gigasiphon goswelliri</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
06	<i>Bridelia ferruginea</i>	2	2	2	1	0,02	0,02
07	<i>Dysphania ambrosioides</i>	3	1	3	3	0,01	0,03
08	<i>Croton angolensis</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
09	<i>Cyperus articulatus</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
10	<i>Dacryodes edulis</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
11	<i>Elaeis guineensis</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
12	<i>Cola acuminata</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
13	<i>Erythrophleum suaveolens</i>	3	2	3	1,5	0,02	0,03
14	<i>Garcinia huillensis</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
15	<i>Garcinia kola</i>	3	2	4	2	0,02	0,04
16	<i>Gardenia ternifolia</i>	2	1	2	2	0,01	0,02
17	<i>Gongrenema latifolium</i>	4	3	6	2	0,03	0,06
18	<i>Gladiolus gregarius</i>	1	2	2	1	0,02	0,02
19	<i>Fleroya stipulosa</i>	2	2	2	1	0,02	0,02
20	<i>Heinsia crinata</i>	1	2	2	1	0,02	0,02
21	<i>Hyptis suaveolens</i>	1	2	3	1,5	0,02	0,03
22	<i>Milletia eetveldeana</i>	2	3	3	1	0,02	0,02
23	<i>Mondia whitei</i>	3	1	4	1,33	0,03	0,03
24	<i>Monodora myristica</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
25	<i>Morinda lucida</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
26	<i>Musa acuminata</i>	2	1	2	2	0,01	0,02
27	<i>Ocimum gratissium</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
28	<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	3	3	3	1	0,03	0,03
29	<i>Persa americana</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
30	<i>Piper nigrum</i>	3	2	3	1,5	0,02	0,03
31	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
32	<i>Pycnopus sanguinens</i>	2	2	2	1	0,02	0,02
33	<i>Quassia africana</i>	9	10	19	1,9	0,10	0,19
34	<i>Sarcocephalus latifolius</i>	7	4	9	2,5	0,04	0,1
35	<i>Securidatalonge longipedunculata</i>	6	5	6	1,2	0,05	0,06
36	<i>Strychnos icaia</i>	1	1	1	1	0,01	0,01
37	<i>Uvaria scabrida</i>	4	4	7	1,75	0,04	0,07
38	<i>Xylopi aethiopica</i>	3	3	4	1,33	0,03	0,03
39	<i>Zingiber officinale</i>	4	4	7	1,75	0,04	0,07

(Légende : Nr : Nombre de recette, NI : Nombre d'informateur, NC : Nombre de citation, Vus : Valeur d'utilisation, ICs : Indice de confirmation, VAUs : Valeur d'utilisation d'accord).

Le tableau montre que sur les 39 taxons répertoriés 16 sont classés en première position par l'indice VUs dont les valeurs sont supérieures ou égales à 1,5.

Il s'agit de : *Aframomum albo violaceum*, *Aframomum melengueta*, *Aloe congolensis*, *Annona senegalensis*, *Chenodium ambrosioides*, *Erythrophleum suaveoleus*, *Garcinia kola*, *Gardenia ternifolia*, *Gongrenema lateriflora*, *Hyptis suaveolens*, *Musa acuminata*, *Piper nigrum*, *Quassia africana*, *Sarcocephalus latifolius*, *Uvaria scabrida*, *Zingiber officinale*. Alors que celui de l'indice ICs met en première position trois taxons avec des valeurs supérieur ou égale à 0,05.

Il s'agit notamment de : *Annona senegalensis*, *Quassia africana*, *Securidata longepedunculata*. En combinant l'indice VUs et ICs, deux plantes ont une VAUs supérieure ou égale à 1,5. Ces plantes sont *Annona senegalensis* et *Quassia africana*.

La répartition des informateurs selon le sexe a montré que les femmes (90%) utilisent des plantes médicinales plus que les hommes (10%).

La figure 2 donne la répartition des informateurs selon l'âge.

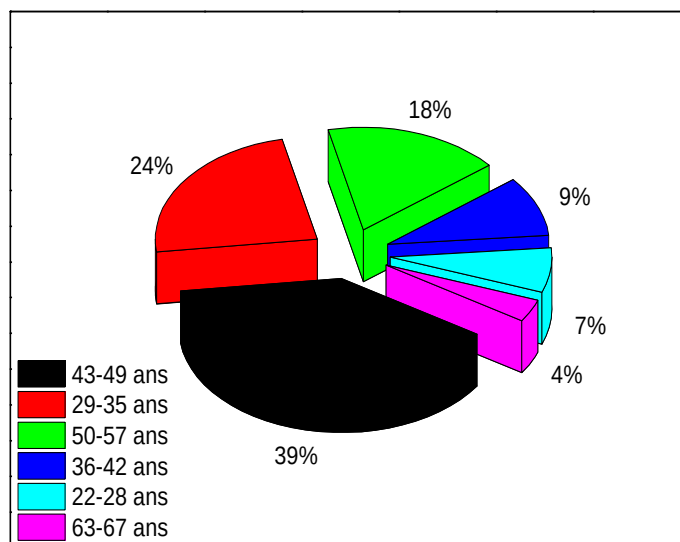


Figure 2 : Répartition des informateurs l'âge

Il ressort de cette figure que l'utilisation des plantes médicinales est une pratique courante dans les tranches d'âges allant de 22 à 67 ans avec une prédominance chez les personnes âgées de 43-49 ans (39%) suivi respectivement des personnes âgées de 29-35 ans (24%), 50-57 ans (18%) et 36-42 ans (9%), 22-28 ans (7%), 63-67 ans (4%).

La figure 3 donne la répartition des informateurs selon le niveau d'études.

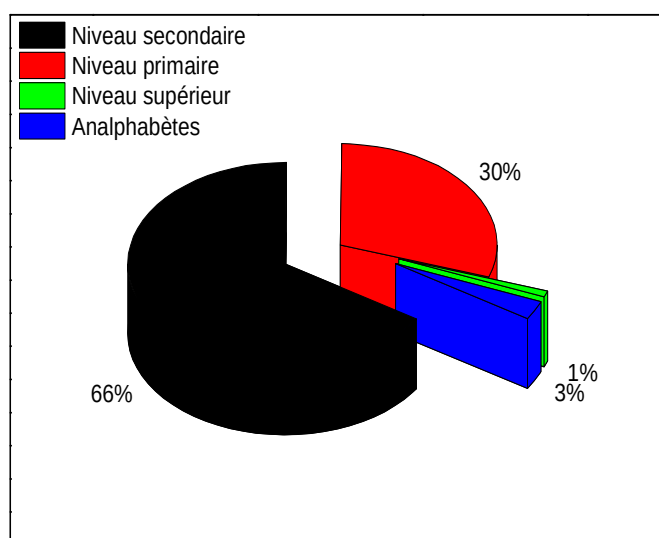


Figure 3 : Répartition des informateurs selon le niveau d'études

Il ressort de cette figure que la majorité (66%) des usagers des plantes médicinales ont un niveau d'études secondaires, 30% des personnes ont un niveau d'études primaires, 1% des personnes ont un niveau d'études supérieures ou universitaires tandis que 3% sont analphabètes. Cependant, selon la situation familiale on peut noter que 70% des personnes enquêtées sont des mariées et 30% sont des célibataires.

La figure 4 renseigne sur le choix thérapeutique.

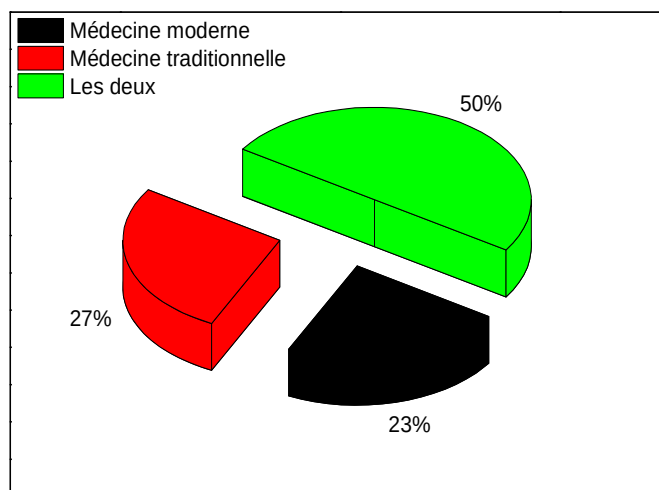


Figure 4 : Choix thérapeutique

La figure 4 montre que 27% des personnes enquêtées recourent exclusivement à la médecine traditionnelle pour se soigner contre 23% des personnes qui s'adressent à la médecine moderne. Cependant, 50% des personnes enquêtées s'adressent indistinctement aux deux formes de médecine pour se soigner.

En ce qui concerne la composition des recettes, l'enquête a révélé que 67% des recettes sont préparées à base d'association des plantes médicinales tandis que 33% des recettes sont préparées à base d'une seule plante.

La figure 5 renseigne sur l'état de la plante.

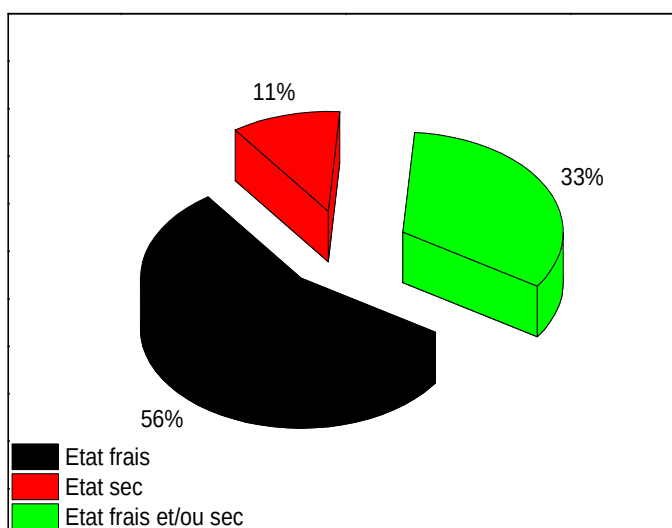


Figure 5 : Etat de la plante

La figure 5 montre que 56% des enquêtés préparent les recettes à base des plantes fraîches alors que 11% seulement des enquêtés utilisent la plante à l'état sec. Cependant, 33% des personnes enquêtées préparent les recettes médicinales à base des plantes sèches et fraîches.

La figure 6 donne la méthode de séchage utilisée par les tradipraticiens.

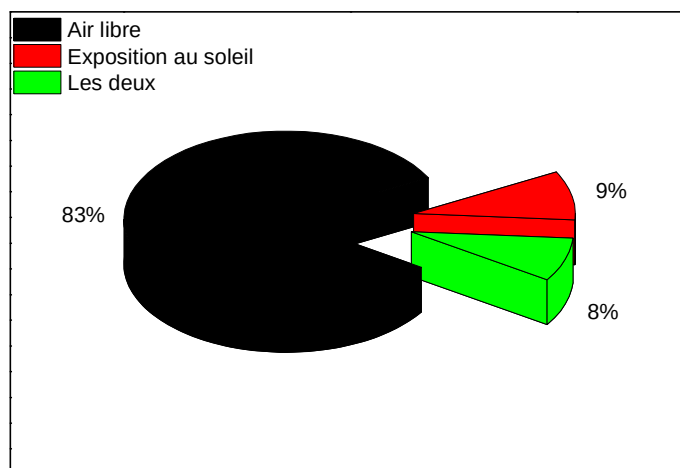


Figure 6: Méthode séchage du matériel végétal

Il ressort de cette figure 6 que 83% des enquêtés sèchent leurs plantes à l'air libre, 9% des enquêtés exposent leur matériel végétal au soleil.

Cependant, 8% des personnes enquêtées sèchent leurs plantes à l'air libre ou exposent leur matériel végétal au soleil. Mais l'exposition du matériel végétal au soleil peut entraîner la détérioration de la qualité des recettes (bio-activité) car en effet, la plupart des métabolites secondaires sont sensibles à la lumière [38].

La figure 7 donne les différents modes de préparation des recettes traditionnelles à base des plantes.

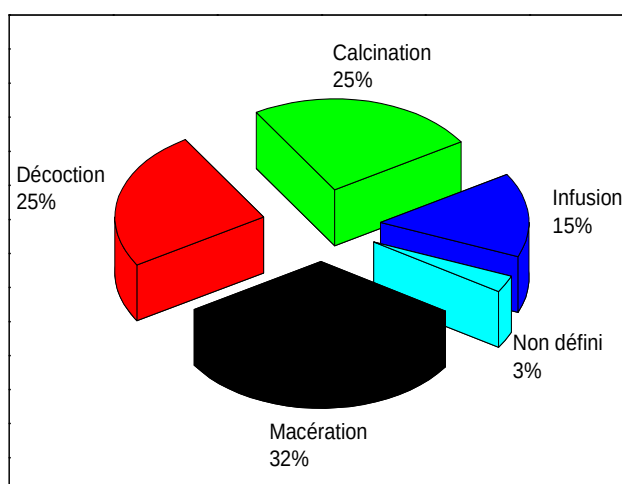


Figure 7 : Modes de préparation des recettes traditionnelles

La figure 7 montre que la macération (32%) est le mode de préparation le plus utilisé suivi respectivement de la décoction et de la calcination (25% chacune) et de l'infusion (15%).

Cependant, 3% des enquêtés n'utilisent pas un mode de préparation défini. La figure 8 donne les parties utilisées des plantes en vue de la préparation des recettes.

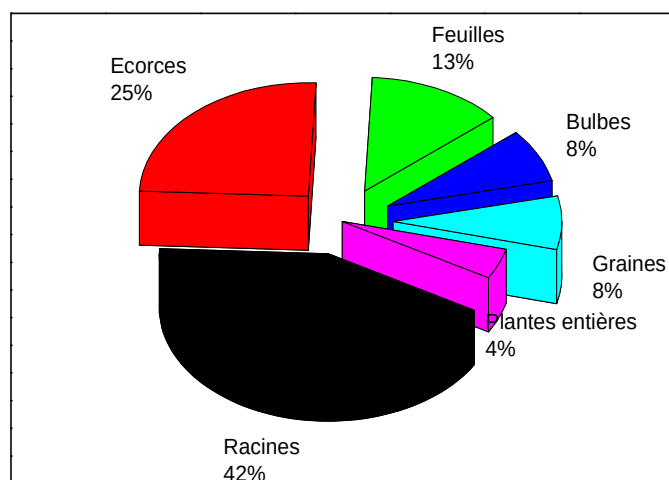


Figure 8 : Parties utilisées des plantes pour la préparation des recettes

Il ressort de cette figure que les organes des plantes les plus utilisés sont les racines (39%), suivis respectivement des écorces (23%), des feuilles (12%), des bulbes (7%) et des graines (7%). Les plantes entières ne présentent que 4%. L'utilisation à grande échelle des racines et des tiges est une pratique dangereuse car elle contribuerait l'érosion de ces ressources phytogénétiques.

La figure 9 donne la dose des recettes.

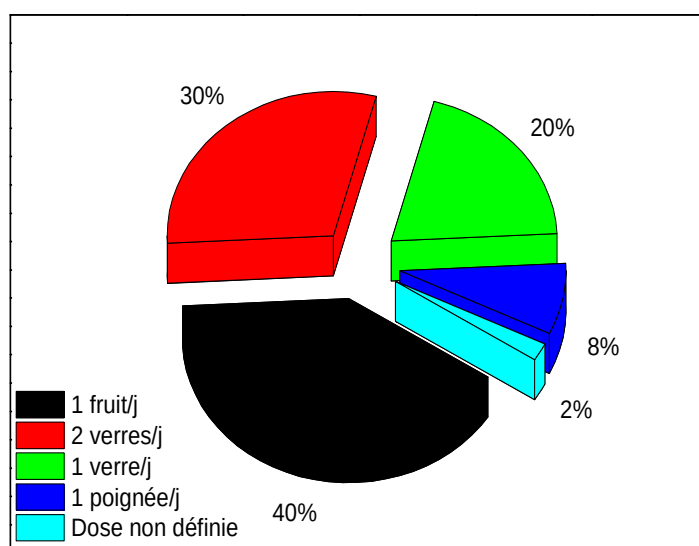


Figure 9 : Dose

Il ressort de cette figure 9 que 40% des enquêtées utilisent un fruit/jour, 30% utilisent deux verres/jour, 20% utilisent un verre/jour, 8% utilisent une poignée/jour tandis que les 2% restants ne tiennent pas compte de dose.

Cependant, en ce qui concerne les méthodes de conservation des recettes, les résultats de l'enquête ont montré que 78% des enquêtés conservent leurs recettes à l'abri de la lumière tandis que 22% de ceux-ci les exposent à la lumière.

Par ailleurs, l'évaluation de l'état de connaissance sur la toxicité des plantes utilisées à Lukunga montre que pour 96% des personnes enquêtées, les plantes utilisées ne sont pas toxiques alors que 4% seulement des enquêtées affirment au contraire que certaines plantes utilisées sont toxiques. Il est bien établi que certaines plantes utilisées en médecine traditionnelle sont cytotoxiques. C'est le cas notamment de *Annona senegalensis* largement utilisé à Kinshasa [39].

La figure 10 donne les références thérapeutiques.

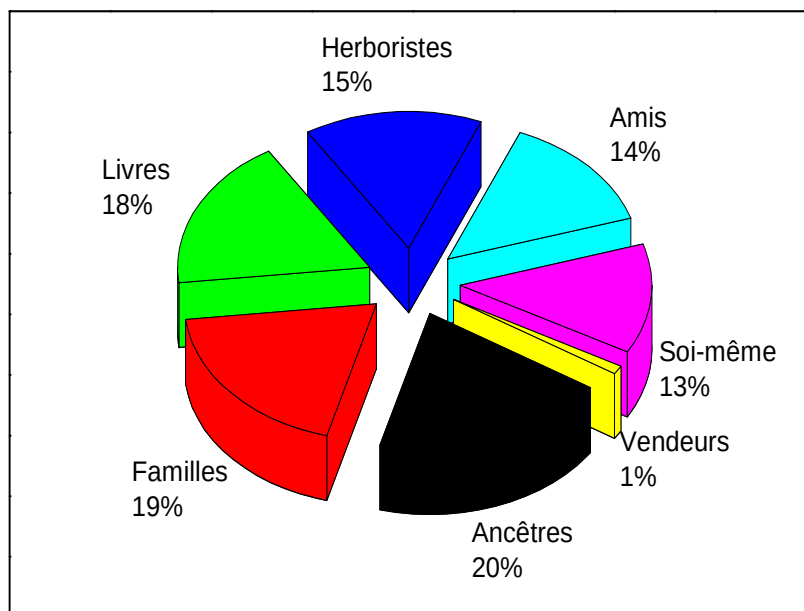


Figure 10 : Références thérapeutiques

Il ressort de la figure 10 que 20% des enquêtés ont hérité la connaissance des plantes médicinales de leurs ancêtres (révélation), 19% des personnes enquêtées ont hérité cette connaissance de leurs familles, 18% des personnes à partir des livres, 15% des personnes à partir des herboristes, 14% des personnes à partir des amis, 13% des personnes ont pour références thérapeutiques soi-même, et enfin 1% des personnes à partir des vendeurs.

La figure 11 donne le diagnostic de la maladie.

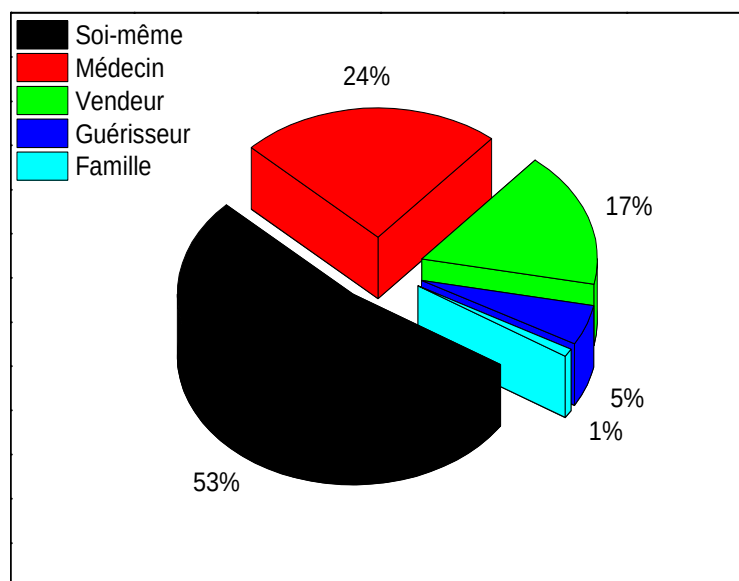


Figure 11 : Diagnostic de maladie

Il ressort de cette figure que 53% des maladies soignées sont diagnostiquées par les malades eux-mêmes, 24% des maladies par le médecin, 17% des maladies par les vendeurs, 5% des maladies par les guérisseurs et enfin 1% des maladies est diagnostiqué par la famille.

Concernant les résultats des soins, 91% des enquêtés pensent que les plantes médicinales permettent une guérison des maladies traitées tandis que 9% des enquêtés estiment que les plantes médicinales permettent seulement une amélioration de l'état de santé.

La figure 12 donne les effets indésirables des plantes médicinales utilisées pour les soins.

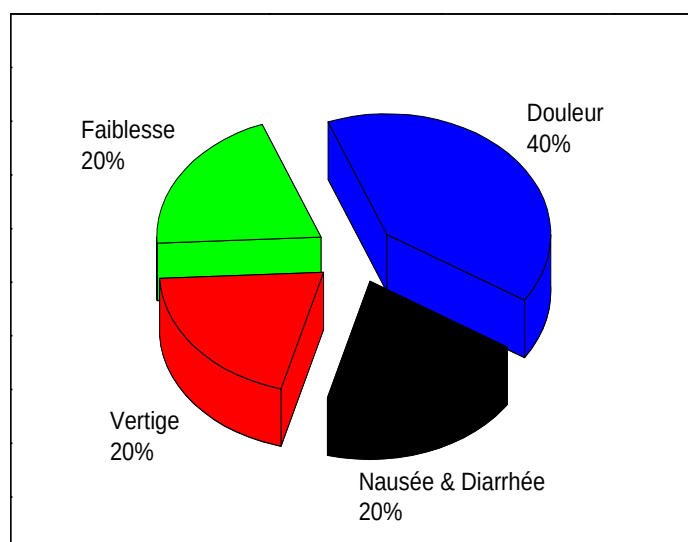


Figure 12 : Effets indésirables des plantes utilisés pour les soins

Il ressort de la figure 12 que 40% des enquêtés pensent que les plantes médicinales sont responsable de la douleur, 20% des enquêtés pensent que les plantes médicinales donnent le vertige, la faiblesse ainsi que la nausée plus la diarrhée. Ces effets secondaires seraient dus à la dose des recettes utilisées.

La figure 13 donne le choix thérapeutique de la médecine traditionnelle.

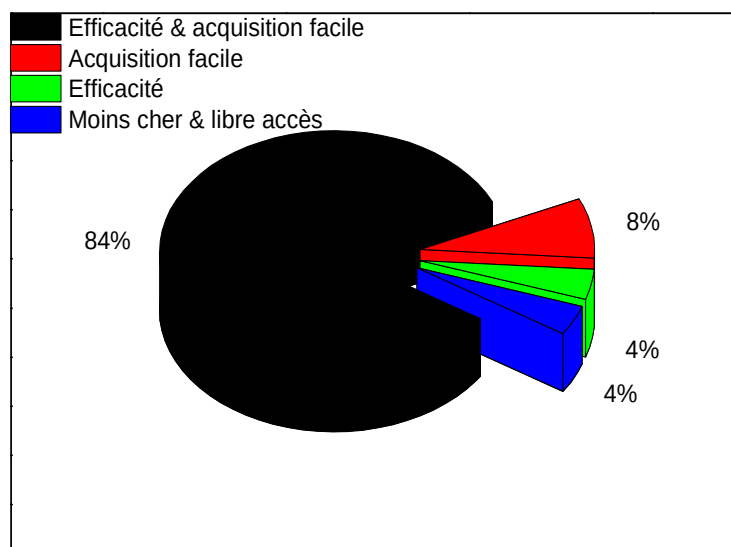


Figure 13 : Choix thérapeutique de la médecine traditionnelle

Comme on peut observer sur cette figure 13, 84% des enquêtés utilisent les plantes médicinales pour son efficacité et son acquisition facile, 8% des enquêtés recourent aux plantes médicinales à cause de leur acquisition facile, 4% des enquêtés y recourent pour leur efficacité ou simplement parce que elles sont moins chères et d'accès libre.

3.2 DONNEES ECOLOGIQUES

Les figures 14 à 16 donnent les caractéristiques écologiques de la flore médicinale répertoriée.

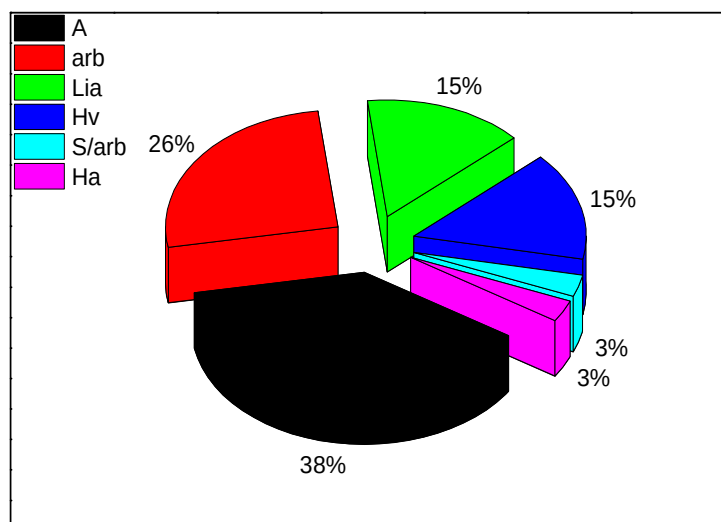


Figure 14: Types morphologiques

Il ressort de la figure 14 que la flore médicinale répertoriée des arbres (A : 38%) suivie respectivement des arbustes (arb : 26%), des lianes (Lia) et herbes vivantes (Hv), 15% respectivement), sous arbustes (S/arb) et herbes annuelles (Ha), 3% respectivement.

La figure 15 donne les types biologiques des taxons recensés.

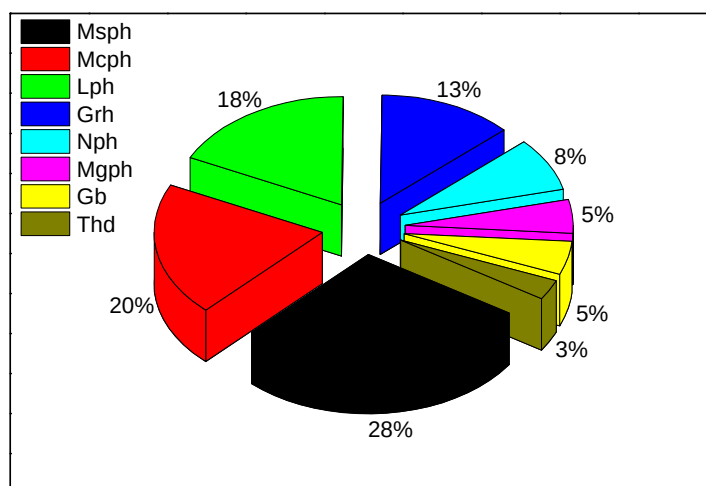


Figure 15: Types biologiques

La figure 15 montre que la flore médicinale de la Lukunga est constituée des mésophanérophyles (Msph : 28%), microphanérophyles (Mcph : 20%), des phanérophyles lianeux (Lph : 18%), des géophytes rhizomateux (Grh : 13%), des nanophanérophyles (Nph : 8%), des megaphanérophyles (Mgph:5%), des géophytes bulbeux (Gb: 5%) et des thérophyles dressés (Thd: 3%).

La prédominance des phanérophytes dans la flore médicinale du District de la Lukunga est une caractéristique des régions tropicales [4, 5]. En outre, le caractère pérène des espèces garanti la disponibilité et l'usage des plantes.

La figure 16 renseigne la distribution phytogéographique des plantes répertoriées.

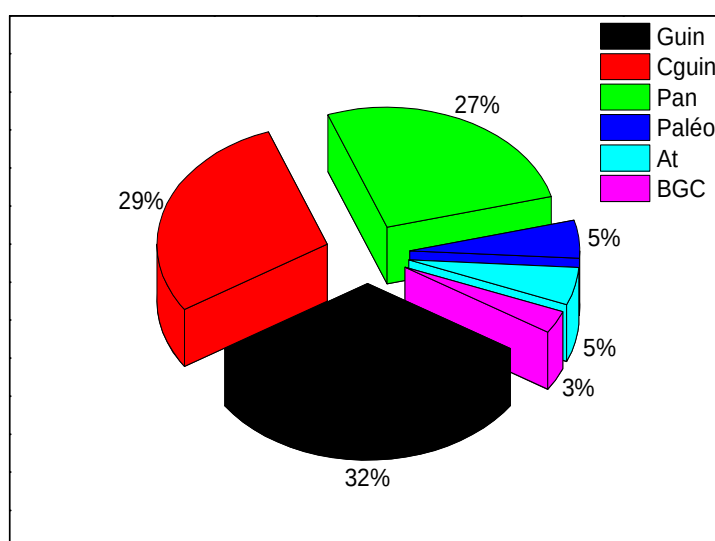


Figure 16 : Distribution phytogéographique des plantes répertoriées

La figure 16 montre que les plantes répertoriées sont largement distribuées dans le monde. Les espèces Guinéennes (Guin) représentent 31% des espèces répertoriées, les espèces Centro-guinéennes (Cguin), 28%, Pantropicales (Pan), 26%, Paléo-tropicales (Paléo) et Afro-tropicales (At) 5% respectivement, et enfin, les espèces Bas guinéo-congolaises (BGC) représentent 2%. Ces résultats montrent que ces taxons végétaux sont largement distribués en Afrique. Ainsi donc, leur protection devrait être un effort concerté tant au niveau national, sous régional que régional sur base d'une certaine volonté politique.

3.3 SCREENING PHYTOCHIMIQUE

Le tableau 4 donne les résultats de screening chimique réalisé sur *Annona senegalensis* et *Quassia africana*.

Tableau 4 : Résultats du screening chimique.

Composés recherchés	Plantes médicinales (VAUs $\geq 0,15$)	
	<i>Annona senegalensis</i>	<i>Quassia africana</i>
Flavonoïdes	+	+
Anthocyanes	+	-
Leuco-anthocyanes	-	-
Quinones liées	-	-
Saponines	+	+
Tanins	-	-
Polyphénols	+	+
Alcaloïdes	-	-

Légende (+) : Présence de la substance recherchée ; (-) : Absence de la substance recherchée

Le screening chimique réalisé sur les extraits aqueux de deux plantes ayant une valeur d'accord d'utilisation élevée notamment *Annona senegalensis* et *Quassia africana* a montré que ces deux plantes sont dépourvues des leuco-anthocyanes, quinones liées, tanins et alcaloïdes. Par contre, elles contiennent toutes les Flavonoïdes, Saponines et les polyphénols. Cependant *Annona senegalensis* contient les anthocyanosides, par contre ces composés sont absents dans les extraits de *Quassia africana*. La présence de ces métabolites secondaires justifierait la large utilisation de ces deux ressources phytogénétiques en médecine traditionnelle à Kinshasa. En effet, le recours aux plantes médicinales pour la prise en charge des maladies courantes en République démocratique du Congo ainsi que leur validation scientifique n'est plus à démontrer comme le témoigne les résultats de recherche de ces dix dernières [40-70].

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le but de cette étude a été d'inventorier les espèces végétales vendues dans le District de la Lukunga à Kinshasa en vue de leur validation scientifique lors des travaux futures.

Il ressort de cette étude que :

- o 39 espèces appartenant 37 genres et 25 familles ont inventorié dans la flore médicinale du District de la Lukunga à Kinshasa;
- o Ces plantes traitent 31 maladies, cependant le meilleur consensus ne se dégage entre les enquêtés que pour le traitement du paludisme et du diabète;
- o En recourant à la valeur d'accord d'utilisation, seules deux plantes se dégagent: *Annona senegalensis* et *Quassia africana*;
- o L'utilisation des plantes médicinales est une pratique courante dans les tranches d'âges allant de 22 à 67 ans avec une prédominance chez les personnes âgées de 43-49 ans;
- o La majorité des usagers des plantes médicinales ont un niveau d'études secondaires;
- o La macération est le mode de préparation le plus utilisé tandis que la racine est la partie de la plante la plus utilisée;
- o Les phanérophyles ainsi que les espèces guinéennes sont prédominants da la flore médicinale du District de la Lukunga;

- o Le screening chimique a révélé la présence dans ces deux plantes des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des saponines.

Il est donc souhaitable que des études phytochimiques et pharmacologiques approfondies soient réalisées sur les deux plantes en vue leur validation scientifique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Organisation non gouvernementale « Research for Sustainable Development, RESUD : Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, République démocratique du Congo » pour son assistance technique.

REFERENCES

- [1] World Health Organization. Traditional medicine strategy 2002-2005, 2002.
http://www.who.int/medicines/library/trm_trat_eng.pdf.
- [2] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [3] K.N. Ngbolua, H. Rakotoarimanana, H. Rafatro, S.R. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two *Vernonia* species: *V. amygdalina* from the Democratic Republic of Congo and *V. cinerea* subsp *vialis* endemic to Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 1, pp. 345-353, 2011b.
- [4] K.N. Ngbolua, B.M. Benamambote, P.T. Mpiana, D.M. Muanda, E.G. Ekutsu, D.S.T. Tshibangu, B.Z. Gbolo, C.L. Muanyishay, N.B. Basosila, G.N. Bongo. B. Robijaona. Ethno-botanical survey and Ecological Study of some Medicinal Plants species traditionally used in the District of Bas-Fleuve (Bas-Congo Province, Democratic Republic of Congo). *Research Journal of Chemistry*, Vol. 01, no. 02, pp. 01-10, 2013.
- [5] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, V. Mudogo, N.K. Ngombe, D.S.T. Tshibangu, E.G. Ekutsu, O.N. Kabena, B.Z. Gbolo, L. Muanyishay. Ethno-pharmacological survey and Floristical study of some Medicinal Plants traditionally used to treat infectious and parasitic pathologies in the Democratic Republic of Congo. *International Journal of Medicinal Plants* Vol. 106, pp. 454-467, 2014.
- [6] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [7] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [8] B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, K.P. Museu, K.N. Ngbolua. A preliminary survey of the amphibian fauna of Kisangani eco-region, Democratic Republic of the Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I4. DOI: 10.15297/JABZ.V3I4.01, 2015.
- [9] P. Baelo, J.A. Asimonyio, S. Gambalemoke, N. Amundala, R. Kiakenya, E. Verheyen, A. Laudisoit, K.N. Ngbolua. Reproduction et structure des populations des *Sciuridae* (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 23, no. 2, pp. 428-442, 2016.
- [10] P. Baelo, C. Kahandi, J. Akuboyi, J.L. Juakaly, K.N. Ngbolua. Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 23, no. 2, pp. 412-418, 2016.
- [11] J.K. Kambale, F.M. Feza, J.M. Tsongo, J.A. Asimonyio, S. Mapeta, H. Nshimba, B.Z. Gbolo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, no. 1, pp. 51-60, 2016.
- [12] J.-L.K. Kambale, J.A. Asimonyio, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Tsongo, P.K. Kavira, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 24, no. 2, pp. 309-321, 2016.
- [13] J.-L.K. Kambale, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Omatoko, F.B. Kirongozi, O.D. Basa, E.P. Bugenthoo, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, K.N. Ngbolua. Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre

- hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 24, no. 2, pp. 300-308, 2016.
- [14] P.K. Kavira, F.B. Kirongozi, J.-L.K. Kambale, J.M. Tsongo, N.A. Shalufa, K.K. Bukasa, P.Y. Sabongo, H.K. Nzapu, K.N. Ngbolua. Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 24, no. 2, pp. 322-331, 2016.
- [15] T.B. Mambo, J.U. Thumitho, E.L. Tambwe, C.M. Danadu, J.A. Asimonyio, A.B. Kankonda, J.A. Ulyel, C.M. Falanga, K.N. Ngbolua. Etude qualitative du régime alimentaire de *Hippopotamys psittacus* (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, no. 2, pp. 321-329, 2016.
- [16] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [17] K.N. Ngbolua, J.A. Asimonyio, N. Ndrodza, B. Mambo, P. Bugenthoo, Y. Isangi, J.K. Mukirania, L. Ratsina, N.K. Ngombe, P.T. Mpiana. Valeur nutritive et teneur en acide cyanhydrique de huit espèces végétales consommées par *Okapia johnstoni* (Mammalia: Giraffidae) en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 23, no. 2, pp. 419-427, 2016.
- [18] K.N. Ngbolua, B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V4I1 DOI: 10.15297/JABZ.V4I1.04, 2016.
- [19] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.02, 2015.
- [20] 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 Democratic Republic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. *Journal of Advanced Botany & Zoology*. V2I1. DOI: 10.15297/JABZ.V2I1.02, 2014.
- [21] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de *Cola acuminata* (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). *Congo Sciences* Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [22] E. Okangola, E. Solomo, W.B. Tchatchambe, M. Mate, A. Upoki, A. Dudu, Justin A. Asimonyio, G.N. Bongo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Valeurs nutritionnelles des chenilles comestibles de la ville de Kisangani et ses environs (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 25, no. 1, pp. 278-286, 2016.
- [23] J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 13, no. 2, pp. 452-463, 2015.
- [24] J.U. Thumitho, T.B. Mambo, C.C. Urom, J.C. Ngab'u, A.B. Kankonda, A.P. Ulyel, M.G. Ngemale, K.N. Ngbolua. Ecologie alimentaire de *Ichtyoborus besse congolensis* (Giltay, 1930;Teleostei: Distichodontidae) de rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko (RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, no. 2, pp. 330-341.
- [25] J.M. Tsongo , P. Sabongo , J.K. Kambale , B.T. Malombo , E.W. Katembo , P.K. Kavira , J.A. Asimonyio, P.M. Konga , K.N. Ngbolua. Régénération naturelle de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Leguminosae) dans la réserve forestière de Masako à Kisangani, République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, no. 1, pp. 61-68, 2016.
- [26] E.Y. Isangi, E.M. Katungu, C.K. Mukirania, J.K. Kosele, P. Baelo, E.P. Bugenthoo, S. Gambalemoke, J.A. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Biodiversité des rongeurs et musaraignes de la forêt de Yasikia (Opala, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 1, pp. 146-160, 2016.
- [27] J.B. Akuboy, F. Bapeamoni, G. Tungaluna, G.B. Badjedjea, L. Baelo, J.A. Asimonyio, A. Laudisoit, A. Dudu, K.N. Ngbolua. Diversité et répartition des ophidiens (Reptilia) dans les trois aires protégées de la province orientale RD .Congo, *International journal of innovation and Scientific Research* Vol. 23, no. 2, pp. 476-484. 2016.

- [28] C.K. Kaswera, D. Akaibe, J.-L. K. Kambale, E. Verheyen, K.N. Ngbolua. Pression de chasse sur *Petrodromus tetradactylus tordayi* (Thomas, 1910 : Mammalia) dans six villages des environnants de la Réserve Forestière de Yoko (Province de la Tshopo, RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 1, pp. 182-189, 2016.
- [29] P. Bugenthoo, K. Kosele, M. Gambalemoke, Y. Isangi, J.A. Asimonyio, A. Upoki, G.N. Bongo, C.K. Bongo, 9 K.N. Ngbolua. Building Materials and biometry of *Ploceus cucullatus* and *Ploceus nigerrimus* (Aves: Ploceidae) Nests in the monospecific colony at Kisangani city, Democratic Republic of the Congo. *International Journal of Zoology Studies* Vol. 1, no. 5, pp. 28-31, 2016.
- [30] M. Katemo, P.T. Mpiana, B.M. Mbala, S.O. Mihigo, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, P.R. Koyange. Ethno-pharmacological survey of plants used against diabetes in Kisangani city (D.R. Congo). *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 144, pp. 39-43, 2012.
- [31] M.H. Buck. The Nagoya protocol on access to genetic resources and the fair and equitable sharing of benefits arising from their utilization to the convention on Biological Diversity. *Review of European Community & International Environment Law* Vol. 20, pp. 47-61, 2011.
- [32] R.J. Coomb. Protecting traditional environmental knowledge and new social movements in the Americas: Intellectual property, Human Right, or claims to an alternative form of sustainable development. *Florida Journal of International Law* Vol. 17, pp. 115-136, 2005.
- [33] J. Soares. The Nagoya protocol and natural product based research. *ACS Chemical Biology* Vol. 6, no. 4, p. 289, 2011.
- [34] K.L. Lassa. Inventaire préliminaire des plantes médicinales vendues dans quelques marchés de la partie Est de la ville de Kinshasa: cas de Mont - Amba et Tshangu. Mémoire de DEA, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, 2007.
- [35] B.G. Ilumbe, P. Van Damme, F.L. Lukoki, V. Joiris, M. Visser, J. Lejoly. Contribution à l'étude des plantes médicinales dans le traitement des hémorroïdes par les pygmées de Twa et leur voisin Oto de bikoro, RDC. *Congo Sciences* Vol. 2, no. 1, pp. 46-54, 2014.
- [36] A. Alsarhan, N. Sultana, M.R.A. Kadi, T. Aburjai. Ethno-pharmacological survey of medicinal plants in Malaysia, the KangkarPulai Region. *Int. J. Pharmacol.* Vol. 8, no. 8, pp. 679-686, 2012.
- [37] J. Bruneton. Pharmacognosie, Phytochimie des Plantes Médicinales. 3rd Edition, Revue et Augmentée, Tec & Doc, Paris : 1999.
- [38] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, E.K. Kitwa, A.B. Kanangila, J.B.S. Lumbu, K.N. Ngbolua, E.K. Atibu, M.K. Kakule. Antisickling Activity of Anthocyanins from *Bombax pentadrum*, *Ficus capensis*, *Zizyphus mucronata*: Photo degradation effect. *J. Ethnopharmacol.* Vol. 120, pp. 413-418, 2008.
- [39] K.N. Ngbolua, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda, C.A. Masengo. In vitro and in vivo anti-malarial and cytotoxic activities of ethanolic extracts of *Annona senegalensis* Pers (Annonaceae) from Democratic Republic of the Congo. *Journal of Modern Drug Discovery and Drug Delivery Research*. V2I2. DOI: 10.15297/JMDDR.V2I2.01, 2014.
- [40] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana. The Possible Role of a Congolese polyherbal formula (Drepanoalpha®) as source of Epigenetic Modulators in Sick Cell Disease: A Hypothesis. *J. of Advancement in Medical and Life Sciences*. V2I1. DOI: 10.15297/JALS.V2I1.02, 2014.
- [41] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindukila, P.T. Mpiana, C.A. Masengo, R. Baholy, P.R. Fatiany, E.G. Ekutsu, Z.B. Gbolo. In vitro Assessment of Antibacterial and Antioxidant activities of a Congolese medicinal plant species *Anthocleista schweinfurthii* Gilg (Gentianaceae). *J. of Modern Drug Discovery and Drug Delivery Research*. V1I3, 20014a. DOI: 10.15297/JMDDR.V1I3.03.
- [42] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindukila, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, C.A. Masengo, K.W. Nzongola, R. Baholy, P.R. Fatiany. Phytochemical screening, Antibacterial and Antioxidant activities of *Anthocleista liebrechtsiana* Wild & T. Durand (Gentianaceae) originated from Democratic Republic of the Congo. *Journal of Advancement in Medical and Life Sciences* V1I3, 2014b. DOI: 10.15297/JALS.V1I3.04.
- [43] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, D.D. Tshilanda, Z.B. Gbolo, T.D. Mwanangombo, P.R. Fatiany, R. Baholy. Ethno-botanical survey, in vitro antisickling and free radical scavenging activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae). *Journal of Advanced Botany & Zoology* V1I2, 2014e. DOI: 10.15297/JABZ.V1I2.04.
- [44] J.K. Kambale, K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, R. Wumba, L.G. Mvumbi, L.R. Kalala, K.G. Mesia, E. Ekutsu. Evaluation in vitro de l'activité antifalcémiant et effet antioxydatif des extraits d'*Uapaca heudelotii* Baill. (Euphorbiaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol. 7, no. 2, pp. 523-534, 2013.
- [45] K.N. Ngbolua, B.M. Bolaa, P.T. Mpiana, E.G. Ekutsu, A.C. Masengo, D.S.T. Tshibangu, V. Mudogo, D.D. Tshilanda, K.R. Kowozogono. Great Apes Plant Foods as Valuable Alternative of Traditional Medicine in Congo Basin: The Case of Non-Human Primate Bonobos (*Pan paniscus*) Diet at Lomako Fauna Reserve, Democratic Republic of the Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I1, 2015. DOI: 10.15297/JABZ.V3I1.01.

- [46] K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, O.S. Mihigo, B.K. Mavakala, C.A. Masengo, L.C. Muanyishay. Anti-sickling and antibacterial activities of Some Extracts from *Gardenia ternifolia* subsp. *jovis-tonantis* (Welw.) Verdc. (Rubiaceae) and *Uapaca heudelotii* Baill. (Phyllanthaceae). *Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences* Vol. 2, no. 1, pp. 10-19, 2015.
- [47] G.E. Ekutsu, K.N. Ngbolua, B.M. Bolaa, P.T. Mpiana, B.P. Ngoy, C.A. Masengo, G.N. Bongo. Enquête sur la pharmacopée des bonobos (*Pan paniscus*, Primates) dans un foyer endémique et Mise en évidence de l'activité anti-drépanocytaire chez un taxon végétal (*Treculia africana* Decne ex Trécul, Moraceae) testé in vitro. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 14, no. 2, pp. 315-326, 2016.
- [48] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, B.Z. Gbolo, N.O. Kabena. Ethno-pharmacological survey, in vitro antisickling and free radical scavenging activities of *Carapa procera* DC. stem bark (Meliaceae). *Nova Journal of Medical and Biological Sciences* Vol. 2, no. 2, pp. 01-14, 2014.
- [49] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, D.D. Tshilanda, B.Z. Gbolo, T.D. Mwanangombo, P.R. Fatiany, R. Baholy. Ethno-botanical survey, in vitro antisickling and free radical scavenging activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae). *Journal of Advanced Botany & Zoology* V1I2, 2014. DOI: 10.15297/JABZ.V1I2.04
- [50] P.T. Mpiana, F.M. Misakabu, J.M. Kitadi, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, B.K. Lombe, P.V. Tsalu, E.K. Atibu, B.Z. Gbolo, C.L. Muanyishay. Antisickling activity and physico-chemical stability of anthocyanin extracts from *Hypoxis angustifolia* Lam. (Hypoxidaceae) bulbs. M. Noboru (Ed.), in: *Anthocyanins: Occurrence, Structure, Biosynthesis and Health benefits Based on their Evidences of Phytochemicals in Vegetables and Fruits*, NOVA Science Publishers, Inc., New York, USA, 2014; Vol. 2, pp: 97-113.
- [51] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, E.K. Atibu, E.K. Kitwa, A.B. Kanangila, L.K. Makelele. Activité antifalcémiant et thermodégradation d'une fraction d'anthocyanes extraits de *Zizyphus mucronata*, *Ann. Afr. Med.* Vol. 2, no. 2, pp. 91-97, 2009.
- [52] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, O.M. Shetonde, K.N. Ngbolua, M.B. Mbala. Antisickling activity of some Congolese plants, in: *Drug discovery from African flora, The 12th Symposium of the Natural Product Research Network for Eastern and Central Africa*, July 22-26, 2007; University of Makerere, Kampala, Uganda, p.45 (PS-6).
- [53] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, P.K. Mangwala, E.K. Atibu, M.K. Kakule, L.K. Makelele, M.T. Bokota. Antisickling Activity and Thermodegradation of an Anthocyanin fraction from *Ocimum basilicum* L. (LAMIACEAE). *Comp. Bio. Nat. Products*. 2010; Vol. 3. Effects, Safety & Clinical (Pt II), pp. 278-287.
- [54] K.N. Ngbolua, V. Mudogo, P.T. Mpiana, M.J. Malekani, H. Rafatro, R.S. Urverg, L. Takoy, H. Rakotoarimana, D.S.T. Tshibangu. Evaluation de l'activité anti-drépanocytaire et antipaludique de quelques taxons végétaux de la République démocratique du Congo et de Madagascar. *Ethnopharmacologia* Vol. 50, pp. 19-24, 2013.
- [55] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, B.F. Mwanza, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda, A.C. Masengo, V. Mudogo, R. Baholy, P.R. Fatiany. Antisickling and antibacterial activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae) and *Tetradenia riparia* (Hochst.) Codd (Lamiaceae) from Democratic Republic of the Congo. *J. of Advancement in Medical and Life Sciences*. V4I1. DOI: 10.15297/JALS.V4I1.01, 2016.
- [56] P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, E.K. Atibu, D.D. Tshilanda, N.M. Misengabu. Antisickle erythrocytes haemolysis properties and inhibitory effect of anthocyanins extracts of *Trema orientalis* (ULMACEAE) on the aggregation of human deoxyhemoglobin S in vitro. *Journal of Medical Sciences* Vol. 11, no. 3, pp. 129-137, 2011.
- [57] P.T. Mpiana, B.L. Kimbadi, A.M. Ombeni, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda, N.M. Misengabu, C.L. Muanyishay, S.K. Muyisa. In vitro inhibitory effects and anti-sickle erythrocytes haemolysis of *Dicliptera colorata* C.B. Clarke, *Euphorbia hirta* L. and *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Open Journal of Blood Diseases* Vol. 3, pp. 43-48, 2013.
- [58] D.D. Tshilanda, D.V.N. Onyamboko, P.B. Babady, P.K. Mutwale, P.V. Tsalu, D.S.T. Tshibangu, N.K. Ngombe, K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana. Chemical fingerprint and anti-sickling activity of Rosmarinic acid and Methanolic extracts from three Species of *Ocimum* from DR Congo. *Journal of Biosciences and Medicines* Vol. 4, pp. 59-68, 2016.
- [59] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, D.D. Tshilanda. In vitro anti-erythrocyte sickling effect of lunularic acid of natural origin. *International Blood Research & Reviews* Vol. 4, no. 3, pp. 1-6, 2015.
- [60] D.D. Tshilanda, D.N.V. Onyamboko, P.B. Babady, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu, E.F. Dibwe, P.T. Mpiana. Anti-sickling Activity of Ursolic Acid Isolated from the Leaves of *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae). *Nat. Prod. Bioprospect* Vol. 5, pp. 215-221, 2015.
- [61] D.S.T. Tshibangu, F.O. Shode, N. Koorbanally, V. Mudogo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Antisickling triterpenoids from *Callistemon viminalis*, *Meulaleuca bracteata* var. *Revolution Gold* *Syzygium guineense* and *Syzygium cordatum*. *The 14th*

- NAPRECA Symposium and AAMPS Ethnoveternary Medicine Symposium 8th-12th August 2011. International Centre For Insect Physiology and Ecology (ICIPE): Kasarani, Nairobi, Kenya, pp.296-300 (YS 27).
- [62] K.N. Ngbolua, P.T. Mpiana, J.B. Akoundze, F.B. Mwanza, D.S.T. Tshibangu, C.A. Masengo, L. Liesse, K. Takaisi. Antisickling and bacterial inhibitory effects of two medicinal foods from the Congo River basin: *Gnetum africanum* Welw. (Gnetaceae) and *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae). *Current Traditional Medicine* Vol. 2, no. 1, pp. 34-41, 2016.
- [63] P.T. Mpiana, V. Mudogo, L. Nyamangombe, M.K. Kakule, K.N. Ngbolua, E.K. Atibu, M.B. Mbala, A.K. Mbongo, J.N. Ntumba. Antisickling Activity and Photodegradation Effect of Anthocyanins Extracts from *Alchornea cordifolia* (SCHUMACH & Thonn.) and *Crotalaria retusa* L. *Ann. Afr. Med.* Vol. 2, no. 4, pp. 240-245, 2009.
- [64] K.N. Ngbolua, E.M. Lengbiye, J.K. Lumande, P.T. Mpiana. *Canarium schweinfurthii* Engl. (Burseraceae): An Updated Review and Future Direction for Sickle Cell Disease. *J. of Advancement in Medical and Life Sciences*, 2015. V3I3 DOI: 10.15297/JALS.V3I3.05.
- [65] P.T. Mpiana, F.M. Misakabu, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, D.T. Mwanangombo. Antisickling activity and membrane stabilization effect of anthocyanins extracts from *Adansonia digitata* L. bark on sickle blood cells. *International Blood Research and Reviews* Vol. , no. 5, pp. 198-212, 2014,
- [66] P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, O.M. Shetonde, K.N. Ngbolua. In vitro antidrepanocytary activity (anti-sickle cell anaemia) of some Congolese plants. *Phytomedicine* Vol. 14, pp. 192-195, 2007.
- [67] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, O.M. Shetonde, P.K. Mangwala, B.K. Mavakala. In vitro Antisickling Activity of Anthocyanins Extracts of a Congolese Plant: *Alchornea cordifolia* M.Arg. *J. Med. Sci.* Vol. 7, no. 7, pp. 1182-1186, 2007.
- [68] K.N. Ngbolua, K.L. Karume, G.N. Bongo, F.B. Mwanza, D.D. Tshilanda, D.S.T. Tshibangu, V. Mudogo, P.T. Mpiana. Larvicidal activity validation of *Scorodophleous zenkeri* Harms and *Garcinia mangostana* L. from Democratic Republic of the Congo using *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) as model system. *J. of Advancement in Medical and Life Sciences*. V4I1, 2016. DOI: 10.15297/JALS.V4I1.03
- [69] K.N. Ngbolua, E.M. Lengbiye, C.A. Masengo, J.A. Asimonyio, J.L.K. Kambale, D.S.T. Tshibangu, N.K. Ngombe, I. Kamika, P.T. Mpiana. Antisickling and antibacterial activities of *Uvariopsis congensis* Robyns & Ghesq. (Annonaceae). *Discovery Phytomedicine* Vol. 3, no. 2, pp. 7-14, 2016.
- [70] P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngbolua, E.K. Atibu, E.K. Kitwa, A.B. Kanangila, L.K. Makelele. Activité antifalcémiant et thermodégradation d'une fraction d'anthocyanes extraits de *Zizyphus mucronata*, *Ann. Afr. Med.* Vol. 2, no. 2, pp. 91-97, 2009.

ANNEXE 1

FICHE D'ENQUETE

N°.....

Date :.....

INFORMATEUR

1. Age
2. Sexe : masculin ☐ féminin ☐
3. Niveau d'étude : primaire ☐ secondaire ☐ universitaire ☐ Analphabète ☐
4. profession
5. situation familiale : célibataire ☐ marié ☐
6. Commune :
7. Lorsque vous vous sentez malade, vous vous adressez :
 - A la médecine traditionnelle ☐

Pourquoi : efficace ☐ acquisition facile ☐ moins cher ☐ médicament inefficace ☐

 - A la médecine moderne ☐

Pourquoi : efficace ☐ plus précise ☐ toxicité des plantes ☐

MATERIEL VEGETAL

1. Nom vernaculaire :
2. Nom scientifique :
3. Origine de la plante :
4. Technique de la récolte : manuelle ☐ mécanique ☐

REPARATION DE LA DROGUE

1. Plante seule ☐ ou association de plantes ☐
Si association de plantes, citer la
Recette :
2. Etat de la plante : fraîche ☐ sèche ☐
3. méthode de séchage : à l'air libre ☐ exposée au soleil ☐ à l'ombre ☐ autres (Spécifier) :
4. Parties utilisées : tiges ☐ feuilles ☐ fleurs ☐ fruits ☐ graines ☐ écorces ☐ racines
Bulbe ☐ plante entière ☐ autres combinaisons :
5. dose utilisée : pince ☐ poignée ☐ cuillerée ☐ autres (spécifier) :
6. Modes de préparation : infusion ☐ décoction ☐ macération ☐ poudre ☐ autres (spécifier) :
7. Méthodes de conservation : à l'abri de la lumière ☐ exposée à la lumière ☐ dans des flacons ☐ dans des sachets en plastiques dans des sachets en papier autres :

UTILISATIONS

1. type de maladie :
 2. diagnostic : par soi-même ☐ par le médecin ☐ par le guérisseur ☐ par la famille ☐ autres :
 3. lorsque vous voulez utiliser une plante, vous vous adressez à un herboriste ☐ un pharmacien ☐ l'expérience des livres ☐ autres :
 4. Résultats des soins : guérisons ☐ amélioration ☐ évolution de la maladie ☐ effets secondaires ☐ citez ces effets :
 5. Connaissez-vous des plantes toxiques dans le district : oui ☐ non ☐
- Si oui, donnez des exemples :

Dynamic Channel Assignment technique for minimizing Congestion in a Mobile radio Network

Osita Ngozika Ann, Michael Onyemaechi Alor, and Gregory Nwachukwu Onoh

Department of Electrical and Electronic Engineering, Enugu State University of Science and Technology (ESUT), Enugu, Nigeria

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

ABSTRACT: Congestion in mobile radio network has been a great challenge due to increase in demand by the mobile users on the limited available channels. Dynamic channel assignment technique was employed in this work to minimize congestion in the network. Twelve base stations were studied and analyzed using some telecommunication traffic Key performance indicators (KPI) such as Call Completion Rate (CCR), Grade Of Service (GOS) and Channel Utilization Percentage (CUP). The result of the analysis was compared with the Nigeria Communication Commission (NCC) regulatory standards. It was discovered that call completion rate (CCR) of all the Base Transceiving Stations (BTSs) investigated were not in accordance with NCC standard. Math lab program for Erlang B model used to evaluate the call congestion and call blocking probability on the network was developed and used in observing the system. The result of analysis of the system based on simulation of Erlang B model showed that the call congestion probability in some BTS were approximately equal to zero while the others were highly congested with higher probability of calls being blocked when fixed channel assignment technique was implemented. The model for the chosen technique for this work (Dynamic Channel Assignment Technique) was used to simulate the 12 base stations investigated. The result showed lower probability of call congestion when compared with those BTSs with higher probability of call congestion. Thus congestion was minimized and more calls accommodated when compared with fixed channel assignment technique. Algorithm for implementing the technique was developed and modeled using flow graph.

KEYWORDS: Channel allocation, key performance indicators, spectrum utilization, Telephone traffic congestion, telephone traffic load.

1 INTRODUCTION

BACKGROUND OF THE STUDY

Traffic congestion in a mobile radio communication system is a great challenge, in terms of the number of subscribers that can successfully access the network at a particular period of time due to limited availability of transmission channels [1]. When the number of subscribers in a network exceeds the maximum network installed capacity, users are bound to experience frequent call blockings. This implies that some subscribers accessing the network will be denied access into the network at that particular period of time especially during busy hours (peak period) of the day as a result of congestion on the network. The effect is deterioration of network service quality, resulting in problems such as queuing delay, interference, frames or data packet losses, degradation of signal strengths and blocking of new calls with reduced network throughput. Furthermore, congestion could also be caused by; lack of adequate number of base stations, reduction in tariff as marketing strategy which will cause users to be making unnecessary calls, additional services and lack of system upgrade.[2].The major cause of congestion in a mobile radio network which is our great concern is limited availability of channels as mentioned earlier. A user that is experiencing congestion will get frustrating signal responses like "the number you have dialed is currently switched off, network or number busy, not available" etc., while the phone the user is trying to call is on and active. During festive periods (example Christmas and Easter) in Nigeria, mobile radio network usage is usually higher than in any other month of the year and more problems of congestion are experienced at those times[3][4].

2 THEORY OF WORK

SPECTRUM UTILIZATION IN MOBILE RADIO NETWORKS

In any radio network, the number of possible simultaneous calls that may occur is determined by the available frequency spectrum and the number of channels that can be supported by the available bandwidth [5]. These channels are allocated to base stations which the network uses to provide access to their users in their area of coverage[6]. And because no two users are allocated the same frequency (channel) in the spectrum to avoid interference, this resource is very scarce.

However to ensure that many users are given access to mobile network, frequency re-use technique is used to achieved that by assigning a subset of the total number of channels available to each base station, and controlling the power output of the transmitters. In this way, cellular networks increase capacity (number of channels available to users). Adjacent cells are not allowed to operate at the same frequency since this causes interference between the cells.

BASE STATION SIGNALS

In mobile telephony a base station provides the connection between mobile phones and the wider network. using the channels allocated to it. When a call is made to a mobile phone, the system already knows the cell location of that phone in its network. The base station of that cell knows in which zone, within that cell, the mobile phone is located. Therefore when it receives the signal, the base station transmits it to the suitable zone site. The zone site receives the mobile signal from the base station and transmits that signal to the mobile phone. [7]

CHANNEL ALLOCATION SCHEMES

These are methods for allocating channels to users while maintaining an acceptable quality of service (QOS) in a mobile network. The three basic types of channel allocation schemes are:

1. Fixed (FCA)
2. Dynamic (DCA)
3. Flexible

➤ Fixed Channel Allocation/Assignment (FCA)

In Fixed Channel Allocation or Fixed Channel Assignment (FCA) each cell is given a predetermined set of frequency channels. Complex frequency planning to allocate permanently resources.FCA is not well suited for varying traffic conditions (typically, a worst-case capacity allocation is performed).It requires manual frequency planning, which is an arduous task in time division multiple access (TDMA) and frequency division multiple access (FDMA) based systems, since such systems are highly sensitive to co-channel interference from nearby cells that are reusing the same channel. Another drawback with TDMA and FDMA systems with FCA is that the number of channels in the cell remains constant irrespective of the number of customers in that cell. This gives rise to traffic congestion resulting in calls being lost when traffic gets heavy in some cells, while some cells that are not busy will be idle.

➤ Dynamic Channel Allocation (DCA)

In dynamic channel assignment strategy channels are temporarily assigned for use in cells for the duration of the call, provided that the reuse distance constraint is fulfilled. Each time a call attempt is made from a cell the corresponding BS requests a channel from the master switching center (MSC)[6]. The MSC then allocates a channel to the requesting BS. After the call is over the channel is returned and kept in a central pool. To avoid co-channel interference any channel that is not in use in one cell can only be reassigned to another cell in the system if the distance between the two cells is larger than minimum reuse distance. This a more efficient way of channel allocation compare with fixed channel allocation technique. When compared to the FCA, DCA has reduced the likelihood of blocking and even increased the trunking capacity of the network as all of the channels are available to all cells, i.e., good quality of service. The channels are allocated taking into account the following criteria:

1. Future blocking probability in neighboring cells
2. Reuse distance
3. Usage frequency of the candidate channel
4. Average blocking probability of the overall system
5. Instantaneous channel occupancy distribution

This technique requires the MSC to collect real time data on channel occupancy, traffic distribution and Received Signal Strength Indications (RSSI).

DCA can be further classified into centralized and distributed. Some of the centralized DCA schemes are:

1. First available (FA): the first available channel satisfying reuse distance requirement is assigned to the call
2. Locally optimized dynamic assignment (LODA): cost function is based on the future blocking probability in the neighboring cells
3. Selection with maximum usage on the reuse ring (RING): a candidate channel is selected which is in use in the most cells in the co-channel set

➤ Spread Spectrum

Spread spectrum can be considered as an alternative to complex DCA algorithms. Spread spectrum avoids co-channel interference between adjacent cells, since the probability that users in nearby cells use the same spreading code is insignificant [8]. Thus the frequency channel allocation problem is relaxed in cellular networks based on a combination of Spread spectrum and FDMA, for example IS95 and 3G systems. Spread spectrum also facilitate that centrally controlled base stations dynamically borrow resources from each other depending on the traffic load, simply by increasing the maximum allowed number of simultaneous users in one cell (the maximum allowed interference level from the users in the cell), and decreasing it in an adjacent cell. Users in the overlap between the base station coverage area can be transferred between the cells (called cell-breathing), or the traffic can be regulated by admission control and traffic-shaping.

However, spread spectrum gives lower spectral efficiency than non-spread spectrum techniques, if the channel allocation in the latter case is optimized by a good DCA scheme. Especially OFDM modulation is an interesting alternative to spread spectrum because of its ability to combat multipath propagation for wideband channels without complex equalization. OFDM can be extended with OFDMA for uplink multiple accesses among users in the same cell. For avoidance of inter-cell interference, FDMA with DCA or DFS is once again of interest. One example of this concept is the above mentioned IEEE 802.11h

Different DCA techniques can be considered depending on the criterion adopted to select a channel to be assigned in a cell among all available resources.

Table 1 Advantages of Dynamic Channel Assignment Scheme over that of Fixed Channel Assignment

S/N	Fixed channel assignment technique	Dynamic channel assignment technique
1.	Channels are assigned to cell permanently.	Channels are assigned to cell temporarily.
2.	Incoming call requests are blocked when all the channels in a cell are occupied.	Call request can be assigned to channels in other cells.
3.	Cannot access channels in other cells even though there are idle channels in those cells.	Can access and use channels in other cells through the serving MSC.
4.	It takes time and cost to create more cells when the congestion is sensed in the network.	Available channels can be utilized thereby distributing traffic load in the network instead of concentrating it in a particular cell while others are less busy. This is done at little or no time and lower cost too.

TDMA/FDMA

In digital cellular networks, multiple access systems are used to allow simultaneous users to share the same channel within a cell. The common methods are time division multiple access (TDMA) and frequency division multiple access (FDMA).

In TDMA, the bandwidth allocated for the channel is divided into time slots - the number of slots depends on the system. Each user is then allocated a slot, and hence multiple users share the same frequency but at different times. In FDMA, the channel is divided into frequency bands, and each user is allocated a different frequency band [8].

3 METHODOLOGY

ANALYZING THE EFFECT OF TRAFFIC LOAD ON THE NETWORK USING THE KPI

Congestion has also a negative effect on the mobile radio network as it has on network users; it degrades the received signal strength. To determine other effects of traffic load on the network, key performance indicators for quality of service were used to analyze the network. These KPIs are parameters that should be observed closely while monitoring the network. Some of the parameters considered are;

$$1. \text{ Grade Of Service (GOS)} = \frac{\text{Number of lost calls}}{\text{Total number of offered calls}} \quad (1)$$

$$= \frac{\text{Blocked Calls}}{\text{Nattempted Calls.}}$$

$$2. \text{ Call Setup Success Rate (CSSR)} = \frac{\text{Nattempt} - \text{Nblock}}{\text{Nattempt}} \quad (2)$$

Where Nattempt is the number of call attempts and Nblock is the number of blocked calls.

$$3. \text{ Channel utilization rate(\%)} = \frac{\text{total no of customers served(in terms of carried traffic in Erlang)}}{\text{total available channels}} \times \frac{100}{1} \quad (3)$$

4. Blocked Calls or call congestion:- The congestion probability or probability of blocked calls was assessed based on the result of simulation of model as in equation 4 and presented in table 2 .

The results of these calculations were presented in table 2 and analyzed as shown in Figs .1 - 5. Some recommended standards from NCC [4] for the KPI considered are listed below:

1. Grade of Service (GOS) 2%
2. Call Completion Rate (CCR) 90%
3. Channels Utilization Rate(CUR) 60%
4. Block Calls 2%

Item 1- 3(GOS, CCR, CUR) were first treated and presented in the table mentioned above, then item 4, which was blocked calls was considered subsequently using the model in equation 4 as discussed below.

SIMULATING FIXED CHANNEL ASSIGNMENT TECHNIQUE

The Erlang B call congestion probability model was simulated with fixed channel assignment technique implemented. It showed the behavior of the system in terms of its traffic load variation at every period of time. This traffic model was designed based on the arrival rate and holding time, which was statistical distributed among subscribers making calls within the cell and handover calls. The channels are divided in time and frequency domain.

This model gives the congestion probability in the Erlang loss model i.e. in the M/M/c/0 model. Evaluating the model to be used in this work, some assumptions were made. These assumptions are;

1. There are finite numbers of channels available in the network which is fully available for servicing call request until all channels are occupied.
2. There are infinite numbers of users.
3. Congestion occurs when demand on the network by the users is greater than the available channel capacity.
4. Congestion is proportional to offered traffic load. It increases as offered load increases.
5. The probability of a user occupying a channel (called service time) is exponentially distributed. Longer calls are likely to happen by exponential distribution.
6. The requesting user is allocated channel if available else it will be blocked from gaining access without affecting future arrivals and is free to retry again later.
7. The service call request is based on First-Come-First-Served (FCFS) using the TDMA technique
8. The arrival rate (λ) is assumed to be Poisson and the service time (duration of calls) is also assumed to be exponentially distributed random variable with mean ($1/\mu$) and independence identical distributed.
9. Inter-arrival time of call request does not dependent on each other. The calls can arrive any time.

10. For every user who request for service, there is no setup time and user is given immediate access to a channel if at least one channel is available.
11. There are memory-less arrivals of requests, implying that all users may request for channels at any time including blocked user.
12. No queuing for call requests.
13. Let J be the total number of channels provided or available in a cell. These channels are homogenous, working in parallel and no extra waiting space.
14. Call congestion probability is the Probability of calls being blocked.

As mentioned in the assumption above, Congestion can occur when offered traffic (a) > total number of available channels (j).

And possible state of K (discrete random process representing the number of occupied or busy channels) when the network is congested is given as [9];

$$K = j$$

Under these conditions, congestion is proportional to traffic load (demand). As demand increases, congestion also increases.

Evaluating Erlang B model, recall the probability of call blocking or congestion is;

$$P(K = j) = \frac{\frac{a^j}{j!}}{\sum_{K=0}^n \frac{a^K}{K!}} \quad (4) \quad [10]$$

Where K is a discrete random process representing the number of occupied or busy channels at discrete time. While P(K) is the probability of observing the system in state (K).

In this work 12 base stations were studied by simulating the model in equation 4 with the aid of Math lab (R2012b). The result was presented in table 3 and analyzed using the graph of Fig 6,. Algorithm for implementing this technique was developed and illustrated using a flow graph as shown in Fig.7.

DETERMINATION OF THE EFFECT OF DYNAMIC CHANNEL ASSIGNMENT TECHNIQUE ON THE CONGESTED NETWORK

In dynamic channel assignment technique, the channels are temporarily assigned to cells and are potentially available to be use by any cell. Equation 6 was simulated using the average of the assumed parameter values of the call congestion probabilities of the 12 base stations. The result is presented in table 4 followed by the graph of Fig 9.

$$\text{Mean (arithematic average)} = \frac{1}{n} * \sum_i^n x_i \quad (5) \quad (\text{Edu et al,2009})$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Average call intensity for BHT} &= \frac{1}{n} * \sum_i^n x_i \\ &= \frac{x_1+x_2+x_3 \dots + x_n}{n} \end{aligned} \quad (6)$$

in this case, x= traffic load of the network, while n = no of base stations.

COMPARING THE EFFECT OF FIXED AND DYNAMIC CHANNEL ASSIGNMENT TECHNIQUE

The results of fixed and dynamic channel assignment technique implemented were compared. Table 5 and Fig10 showed the results. The average of the call congestion probability of the 12 Base Stations were calculated using equation 6 above, in this case, x= Congestion probability of each base station, while n = no of base stations.

The result was used to calculate the percentage improvement made when the technique was implemented using equation 7 below;

$$\% \text{ improvement made} = \frac{P_{bF} - P_{bD}}{P_{bF}} \times \frac{100}{1} \quad (7)$$

Where P_{bF} = average congestion probability of the 12 base stations with fixed channel assignment technique implemented.

Pb_D = average congestion probability of the 12 base stations with dynamic channel assignment technique implemented.

The Algorithm for implementation of the Technique employed in this work was developed and represented using a flow graph as shown in Fig 9. The average of the result of congestion probability was calculated and compared with the result of the simulation when the technique was implemented, showing the percentage improvement achieved in this work.

RESULT OF THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF TRAFFIC LOAD ON THE NETWORK USING KPI

Table 2: The Average Traffic Key Performance Indicators for 12 Base Stations Investigated

S/N	Base Station Identification Name	Busy Hour Calls Attempted (BHCA)	Busy Hour Successful Calls (BHSC)	Busy Hours Blocked Calls (BHBC)	Average Holding Time (Minutes)	CSSR	GOS	Total Offered Traffic in Erlang	Total Carried Traffic in Erlang	Available Channels	Channel Utilization Rates (%) using Carried Traffic Load
1	AB0007	3075	1790	1285	35.13	0.58	0.42	30.00	17.47	18	166.71
2	AB0018	2998	1041	1957	26.01	0.35	0.65	21.66	7.52	10	216.61
3	AB0019	1939	1002	937	36.31	0.52	0.48	19.56	10.11	12	162.98
4	AB0126	2726	2001	725	23.35	0.73	0.27	17.68	12.98	4	442.03
5	OBE07(11)	1999	1043	956	18.04	0.52	0.48	10.01	05.23	20	50.09
6	UK035 (12)	2605	2018	587	31.34	0.77	0.23	22.68	17.57	8	283.48
7	UK071(1)	2275	1208	1067	29.3	0.53	0.47	18.52	09.83	9	205.73
8	AS1430	1371	615	756	34.67	0.45	0.55	13.20	5.93	7	188.62
9	AB1800	1479	732	747	18.38	0.49	0.51	07.55	3.74	11	68.65
10	AB 0112	1605	1102	503	26.26	0.69	0.31	11.71	8.04	6	195.13
11	AB2071	1898	1295	603	28.59	0.68	0.32	15.07	10.29	3	502.44
12	OBE18 (12)	2075	1168	907	19.12	0.56	0.44	11.02	6.20	17	64.83

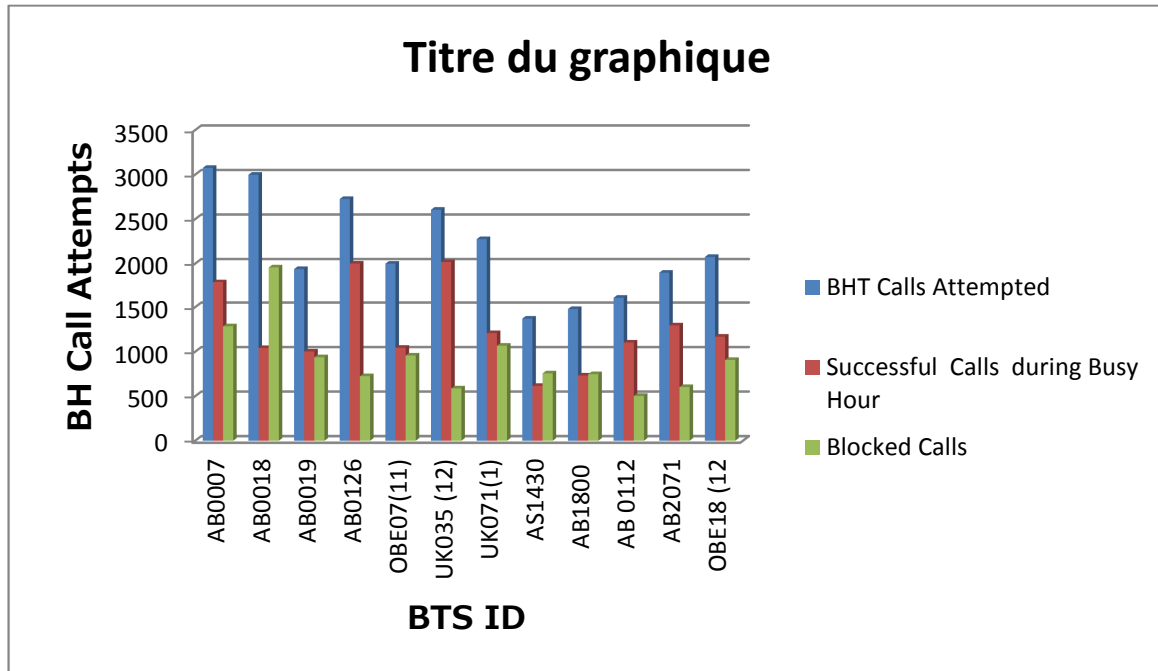


Fig 1 Presentation of Calls Attempted, Successful and Blocked Calls of the investigated Network.

1. Key performance indicators were arrived at using the data obtained as in table 2 above.
2. The graph of Fig.1 showed the average attempted calls, successful completed calls and blocked calls of the 12 sites considered. From the graph, AS1430 has the lowest calls attempts and completed calls, AB0007 has the highest call

attempts while AB0126 and UK035 (12) has the highest completed call during BH, followed by AB0007. This implies that the rate of channel utilization was high. Any attempt to increase the load further will cause more calls to be blocked. NCC should ensure the operators conform to their standard in terms of channel utilization.

- AB0018 has the highest call blockings followed by AB0007 and UK071(1) etc. These BTSs are congested during BH.

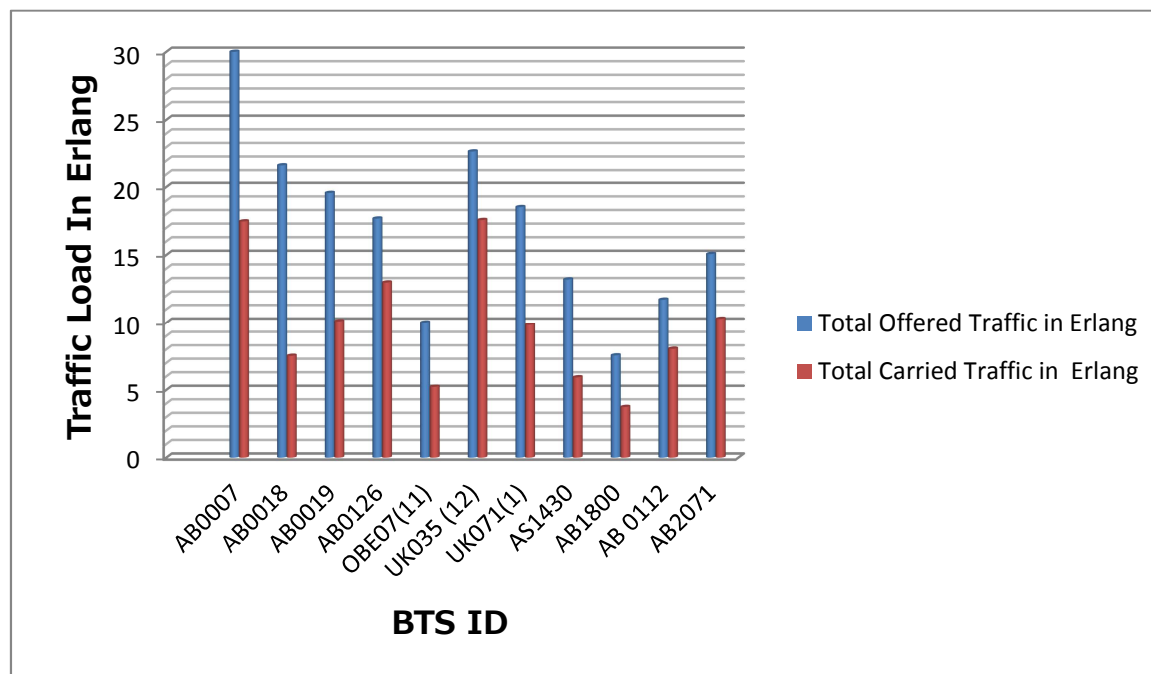


Fig 2 Offered Traffic and Carried Traffic of the 12 BS.

Fig 2 presented the relationship between the offered and carried traffic loads for the 12 BS during busy hour. BTS AB0007 had the highest traffic load followed by UK035(12) and AB0018 etc. These BTSs are highly congested; any slight increase in offered traffic will result in more calls being blocked during the busy hour. While BTS AB1800 had the lowest offered traffic load and carried traffic load. Attention should be given to BTS AB0007, UK035(12) and AB0018 while improving the system capacity.

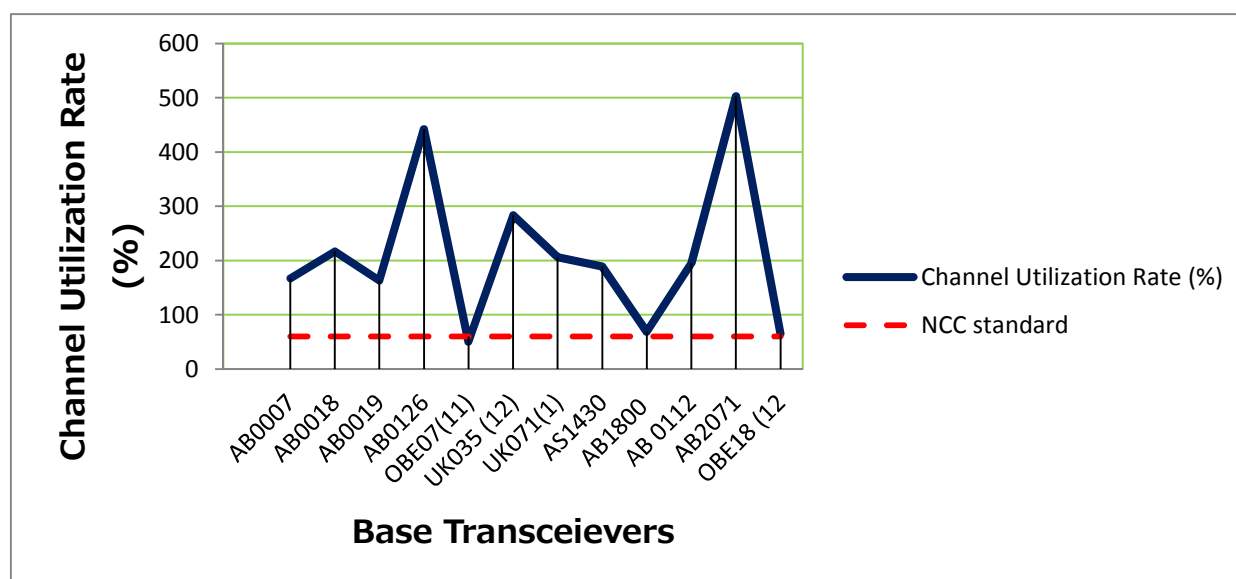


Fig 3 Comparing Channel Utilization Rate of the Network with the NCC Standard

Graph of Fig.3 showed the channel utilization of 12 sites. Based on NCC recommendation, the channel utilization rate should be less than 60%. From the graph, the channel utilization rate for BTS; OBE07 (11) in the network conformed to NCC's standard, it was below 60 percent. There will be low call blocking in these BTSs. While the rest are greater than the recommended NCC standard, thus these will result in blocked calls in affected BTSs during the busy hour.

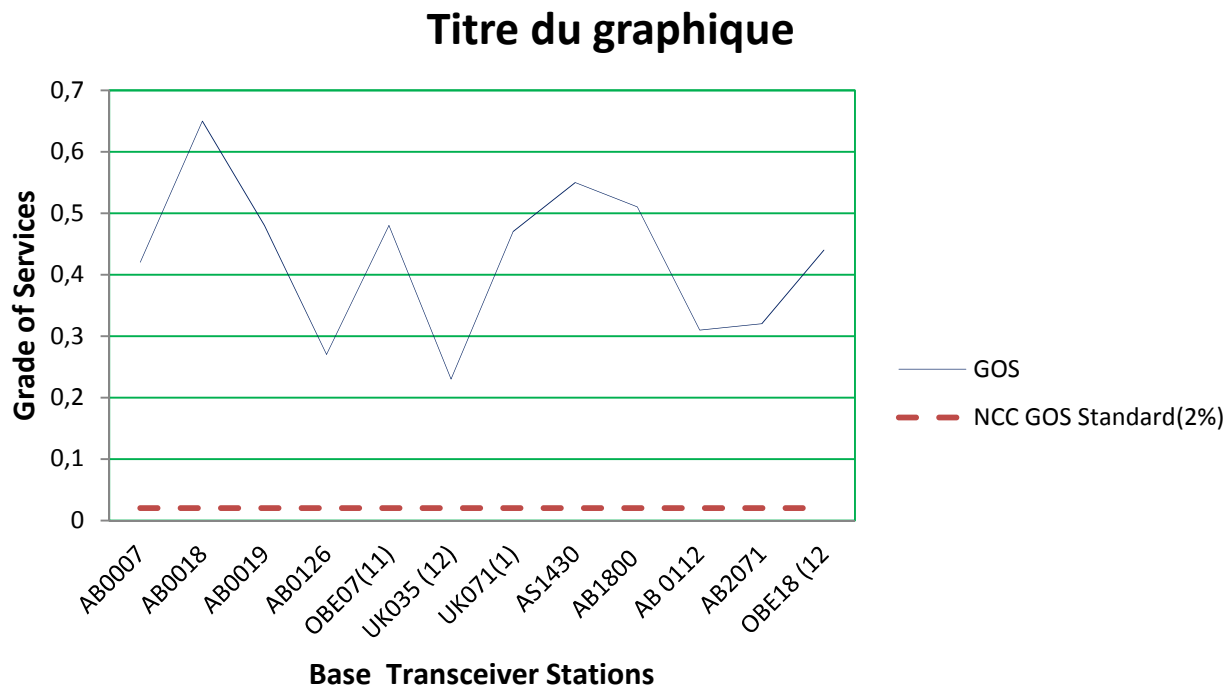


Fig 4 Grade of Service of the investigated Network compared with the NCC Standard.

The Nigerian Communication Commission (NCC) recommended value for Grade of Service is 0.02 or 2%. The grades of services of various routes (12 base station s) were presented in table 2 and in Fig..4. The graph showed that all the BTSs are above the NCC recommendation. Therefore these routes may likely experience blocked calls during the busy hours.

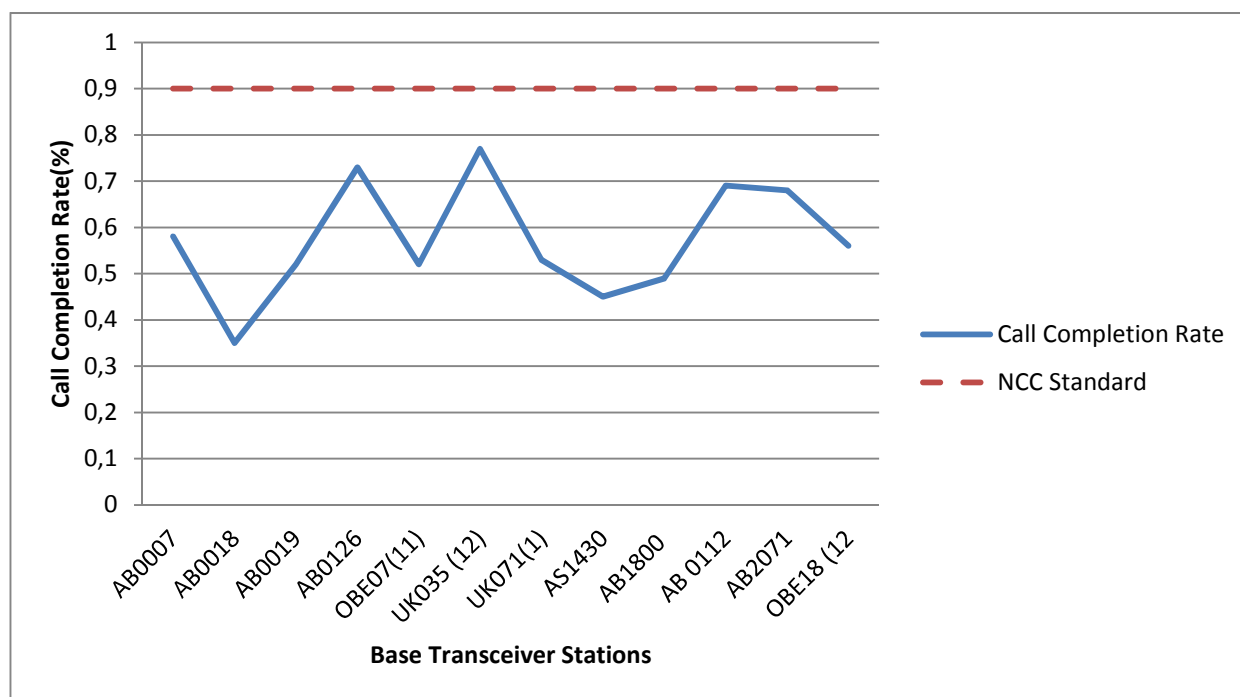


Fig 5 Successful Call Completion Rate of the investigated Network Compared With The NCC Standard

The graph of Fig.5 showed the call completion rate in the 12 BTS. The call completion rate is a major key in traffic performance. The recommended standard for Nigerian Communication Commission is 90%. From the graph mentioned above, all the BTSs are below recommended level. This implies that the system has more losses due to congestion of the network.

IMPLEMENTATION OF FIXED CHANNEL ASSIGNMENT TECHNIQUE

Results of Simulation of Equation 4 for Fixed Channel Assignment Technique is presented below:

Table 3 Simulation result of equation.4 of 12 Base Stations using assumed parameter Values by implementing Fixed Channel Assignment Technique

BTS ID	Total Offered Load(B)	No. of Available Channels (C)	Call Congestion Probability using Model in equation 3.4 with Fixed Channel Assignment Technique implemented (PbF)
AB0007	30.0000	18.0000	0.4378
AB0018	22.0000	10.0000	0.5757
AB0019	20.0000	12.0000	0.4518
AB0126	18.0000	4.0000	0.7914
OBE07(11)	10.0000	20.0000	0.0019
UK035 (12)	23.0000	8.0000	0.6718
UK071(1)	19.0000	9.0000	0.5626
AS1430	13.0000	7.0000	0.5209
AB1800	8.0000	11.0000	0.0813
AB 0112	12.0000	6.0000	0.5561
AB2071	15.0000	3.0000	0.8140
OBE18 (12)	11.0000	17.0000	0.0245
TOTAL	188.0000	116.0000	-

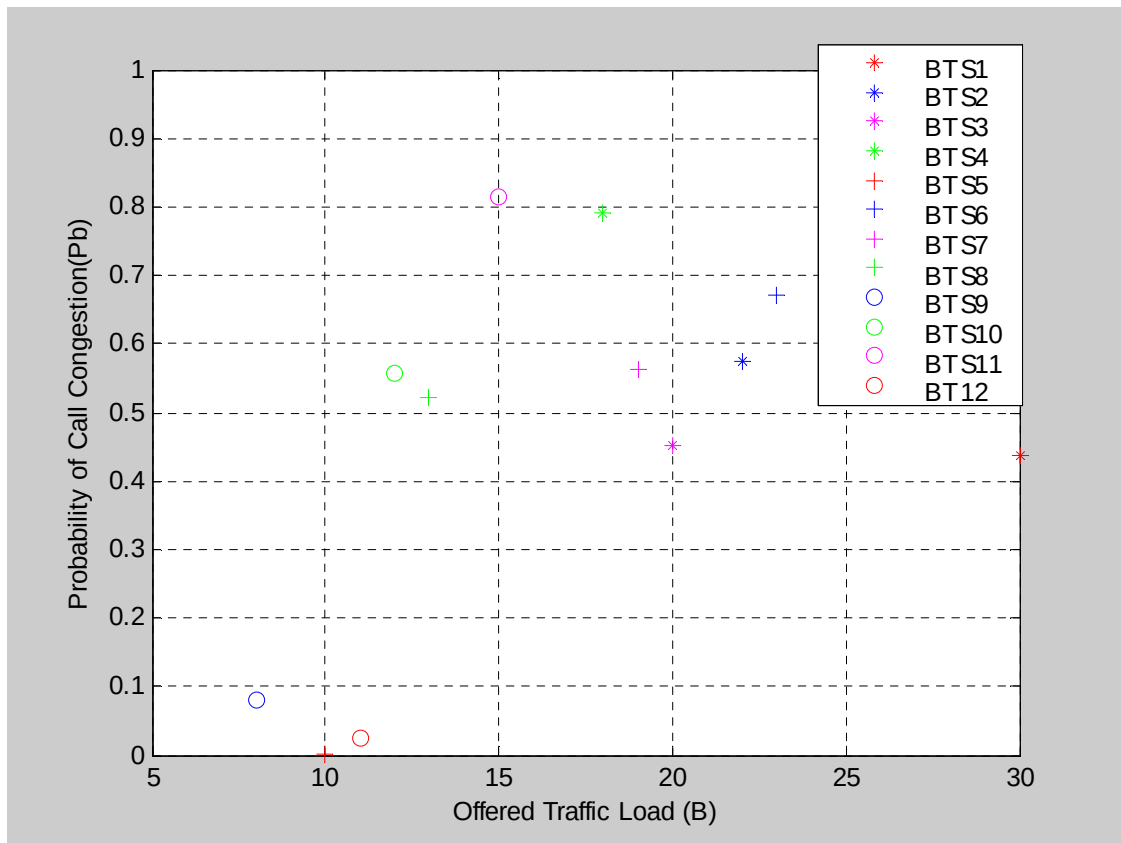


Fig.6 Graphical representation of the Simulation result for Fixed Channel Assignment Technique implemented on the 12 BTSs using assumed parameters values.

Fig 6 was generated from the simulation work on equation 4 using assumed parameters for the 12 base stations implementing fixed channel assignment technique. The result indicates that the base station AB2071 have the highest call congestion probability of 81.40% followed by AB126 with 79.14%, while OBE07(11) had the least.

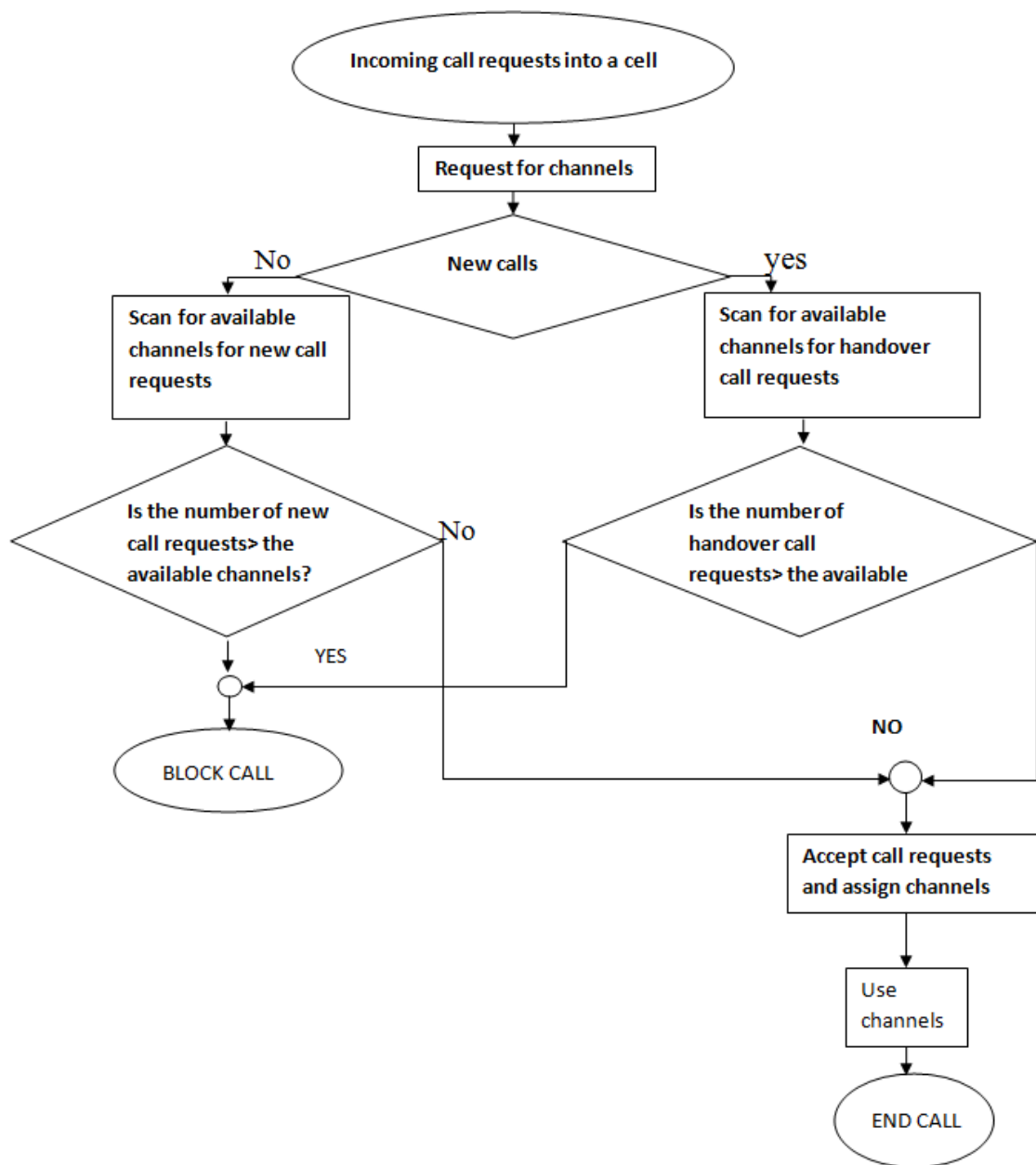


Fig 7 Flow diagram for the implementation of Fixed Channel Assignment Technique on a Congested Mobile Radio Network

ALGORITHM FOR IMPLEMENTATION OF FIXED CHANNEL ASSIGNMENT TECHNIQUE

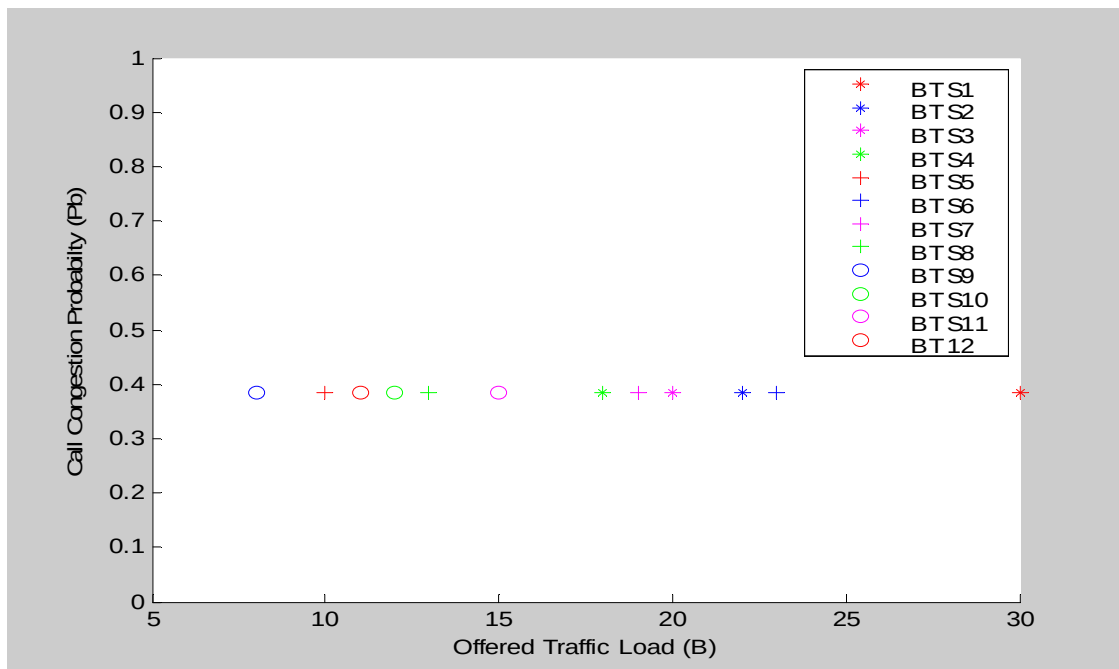
Incoming call requests to a cell
 If (new calls or handoff calls)
 Scan (if there are free channels)
 If (the number of call requests > the available channels), then
 Reject/block the call request
 Else,
 Allocate the free channel for handoff call or new call
 Use channel
 End call.

EFFECT OF DYNAMIC CHANNEL ASSIGNMENT ON THE CONGESTED NETWORK

Table 4 Result of the Implementation of Dynamic Channel Assignment Technique using assumed parameter values for the 12 BTS.

Table 4 Presentation of Simulation Result for the 12 BTS with the Dynamic Channel Assignment Technique Implemented using assumed parameter values

BTS ID	Total offered load (Erlang) (B)	No. of available channels (C)	Call Congestion Probability using model in equation 3.4 with the proposed technique Implemented. . (PbD)
AB0007	30.0000	18.0000	0.3858
AB0018	22.0000	10.0000	0.3858
AB0019	20.0000	12.0000	0.3858
AB0126	18.0000	4.0000	0.3858
OBE07(11)	10.0000	20.0000	0.3858
UK035 (12)	23.0000	8.0000	0.3858
UK071(1)	19.0000	9.0000	0.3858
AS1430	13.0000	7.0000	0.3858
AB1800	8.0000	11.0000	0.3858
AB 0112	12.0000	6.0000	0.3858
AB2071	15.0000	3.0000	0.3858
OBE18 (12)	11.0000	17.0000	0.3858
Total	201.0000	125.0000	-



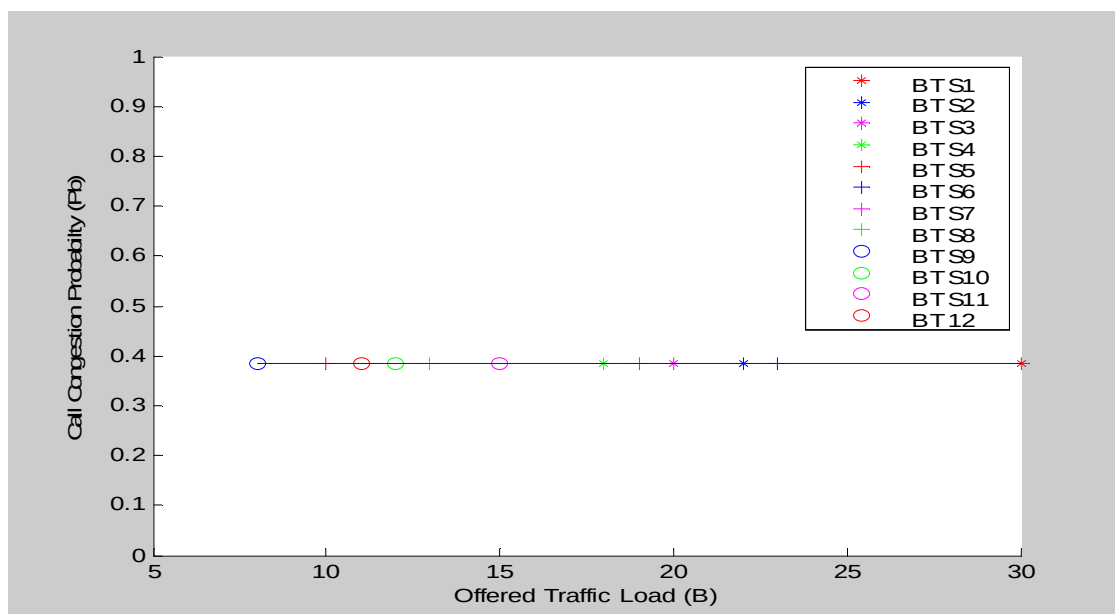


Fig 8 Graph showing the Simulation Result of the 12 BTS with Dynamic Channel Assignment Technique implemented.

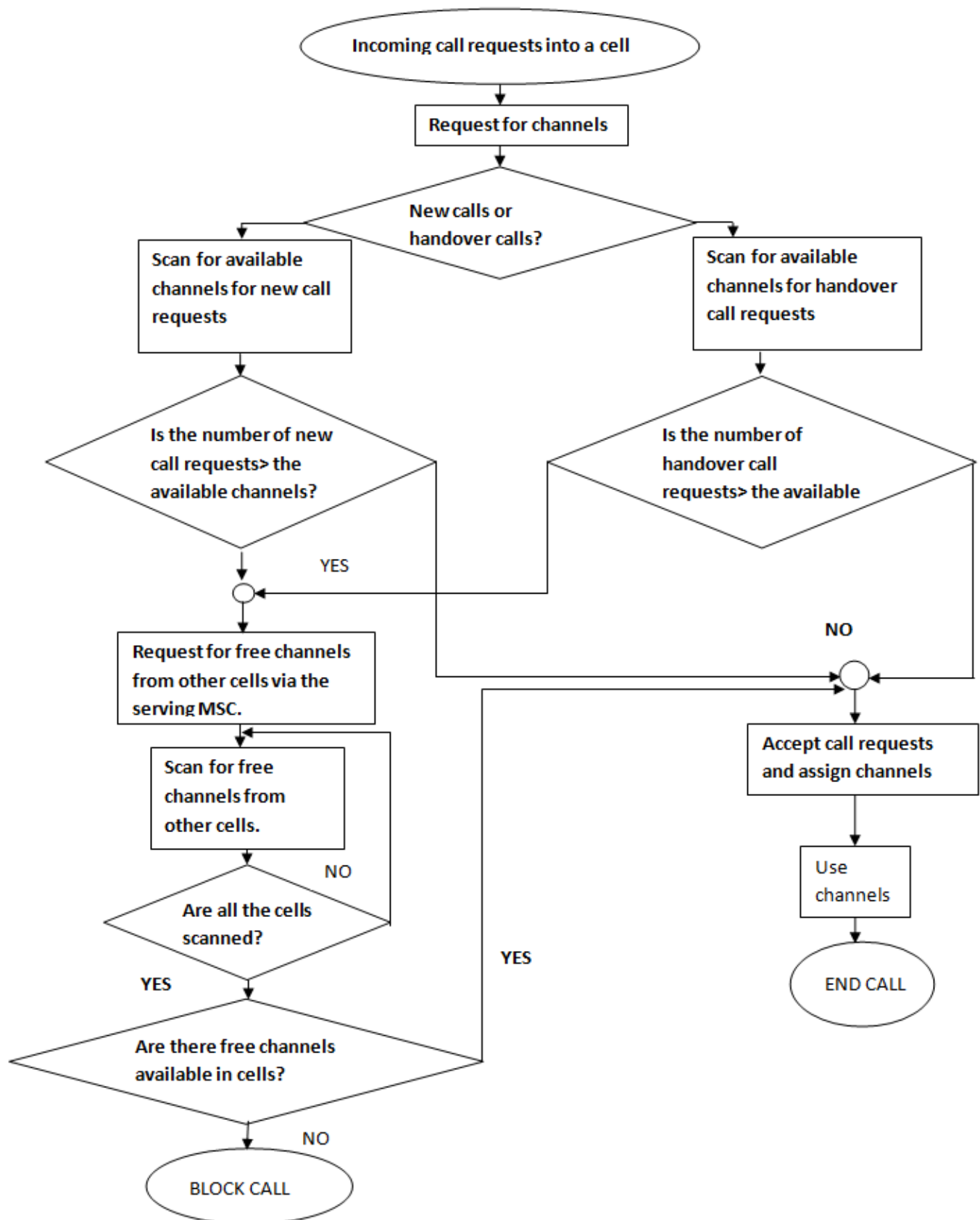
Implementing the dynamic channel assignment by simulating the model using a developed Math lab code and assumed parameter values, call congestion probability of 0.3858 were distributed uniformly in all the base stations in the network as indicated in table 4 and fig 8. This implies that the traffic load in the network was distributed to all the channels in the network instead of concentrating it to a particular cell thereby increasing congestion and blocking of incoming calls at the peak hour. This technique minimized congestion thus accommodated more calls in the network. Proper planning of the system in terms of channel utilization if given due attention by the network designer will bring congestion on the network to the barest minimum.

ALGORITHM FOR IMPLEMENTATION OF THE DYNAMIC CHANNEL ASSIGNMENT TECHNIQUE

```

Incoming call requests to a cell
If (new calls or handoff calls)
Scan (if there are free channels)
If (the number of calls  $\leq$  the available channels), then
Allocate and use free channels
Else
Request for channels from other cells through the serving MSC
Scan the cells
If no channel
Reject/block the call request
Else,
If (there is any free channel)
Allocate the free channel for handoff call or new call
Use channel
End call.

```



Comparing the Result of the Simulation of Fixed Channel Assignment and Dynamic Channel Assignment Technique using assumed values

Table 5: Simulation Result of Call congestion probability showing the implementation of Fixed Assignment and Dynamic Channel Assignment Technique for the 12 Base Stations using assumed parameter values.

BTS ID	Total Offered Load (Erlang) (B)	No. Of Available Channels (C)	Call Congestion Probability on the network with Fixed Channel Assignment Technique implemented using the Model in equation 3.4 (PbF)	Call Congestion Probability on the network Dynamic Channel Assignment Technique the Model in equation 3.4 (PbD)
AB0007	30.0000	18.0000	0.4378	0.3858
AB0018	22.0000	10.0000	0.5757	0.3858
AB0019	20.0000	12.0000	0.4518	0.3858
AB0126	18.0000	4.0000	0.7914	0.3858
OBE07(11)	10.0000	20.0000	0.0019	0.3858
UK035 (12)	23.0000	8.0000	0.6718	0.3858
UK071(1)	19.0000	9.0000	0.5626	0.3858
AS1430	13.0000	7.0000	0.5209	0.3858
AB1800	8.0000	11.0000	0.0813	0.3858
AB 0112	12.0000	6.0000	0.5561	0.3858
AB2071	15.0000	3.0000	0.8140	0.3858
OBE18 (12)	11.0000	17.0000	0.0245	0.3858
TOTAL	188.0000	116.0000	5.4898	4.6296
AVERAGE Pb			0.4575	0.3858

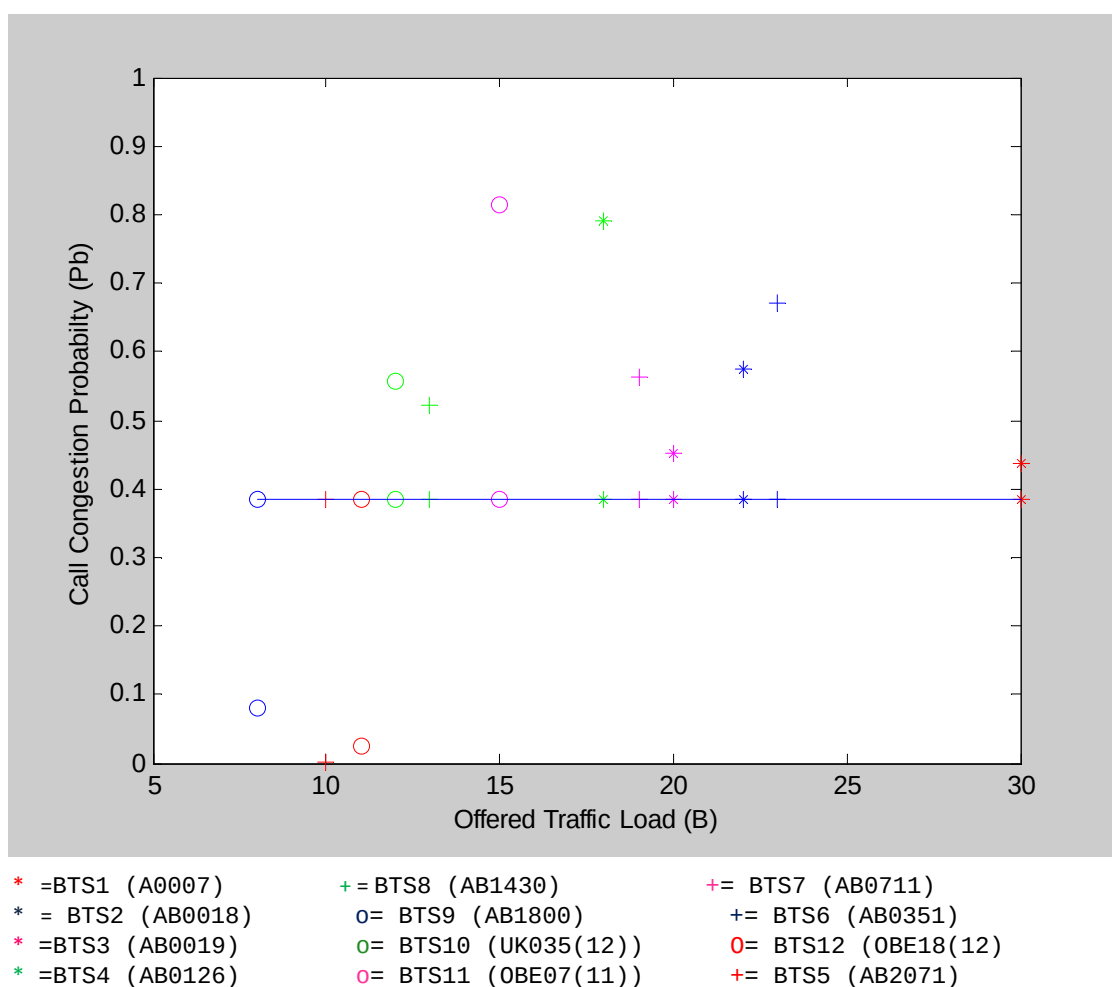


Fig 10 Comparing Fixed Channel Assignment and Dynamic Channel Assignment Technique with parameters Less than the actual parameters values from the experiment done.

The graph of fig 10 contain graph for fixed channel assignment technique and that of dynamic channel assignment technique. This was generated using Matlab code in appendix C. The plot with blue line across the point shows the dynamic assignment technique implemented while the other scattered point showed fixed channel assignment technique. Looking at the graph, there are base stations with lower call congestion probability while in others is higher. Comparing the system with fixed and dynamic channel assignment technique implemented, the graph of Fig 10 and table 5 showed that the call congestion probability and probability call blocking for the entire system was brought to 0.3858. This result was evenly distributed in the entire system, thereby distributing the load on the network than concentrating it to a particular cell and decreasing call congestion probability and probability call blockings in some base stations during busy hour. This technique gave room for utilization of available resources at lower cost instead of over loading some cells while some cells are less busy.

The average of the call congestion probability and probability call blocking is higher in fixed than in dynamic channel assignment technique as shown in the result of the simulation. The percentage improvement in this case was 15.67% when the dynamic channel assignment technique was implemented this calculated using equation 7above.

4 CONCLUSION

Congestion control in mobile radio network is a continuous process since the demand on the limited available channel by mobile users increases daily. This requires efficient and effective planning towards utilization of the limited available resource in order to minimize congestion and improve network performance quality. This paper used dynamic channel allocation to achieve that.

The result showed that call congestion probability in the network was minimized, thereby accommodating more calls when compared with the result of the fixed channel assignment technique implemented at same time.

REFERENCES

- [1] Regis, J. (2002). "Broadband Telecommunication Handbook 2nd Edition, McGraw Hill", page 126-186, 326-412.
- [2] Deshpande Vivek, Prachi Sarode, Sambhaji Sarode, (2010), "Root Cause Analysis of Congestion in Wireless Sensor Network", International Journal of Computer Applications (0975 - 8887) Volume 1 – No. 18, pp 28-29.
- [3] Alese B.K., Ph.D, Kuboye B.M., and O. Fajuyigbe, Ph.D., (2009)," Congestion Analysis on the Nigerian Global System for Mobile C (GSM) Network", The Pacific Journal of Science and Technology Volume 10. Number 1, pp266-267.
- [4] Nigeria Communication Commission Technical Report,3/9 /2010,pp5-6 <http://www.ncc.gov.ng>
- [5] Adrian B, Cornel B. and Georgeta B., (2010) "Mixed traffic models for Dimensioning Radio Resources in GSM/GPRS Networks" WSEAS Transaction On Communications,ISSN:1109-2777,Issue 3,Volume 9,pp 233-242.
- [6] Cho D., Lee S., Lee D., Lee W. and Shim D.,(2006), "A Dynamic Channel Allocation Mechanism in Cellular Mobile Networks for Ubiquitous Environment Based on Time Constraints", Proceedings of Computational Science and Its applications, pp. 491-498.
- [7] Akut e. k., s. m. Sani,(2013), " identification and modeling of dominant causes of congestion in a fixed-line network" international refereed journal of engineering and science ISSN 2319-183x, volume 2, issue 1,pp.10.
- [8] www.en.wikipedia.org/wiki/channel_allocation_schemes,7/6/15.
- [9] Adrian .B., Cornel B, Eugen .M. and Georgeta .B., (2009). "Traffic models and Associated parameters in GSM/(E)GPRS Networks" WSEAS Transaction On Communications,ISSN:1109-2742,Issue 8,Volume 8,pp 830-840.
- [10] Ward Whitt (2002), "Advance Topic queueing Theory:focus on customer contact centers"
- [11] Edu C.N, Elom M.C, Ezeora J.N., Olo E.E, Okoro N., Oshim S.N., Ugama J.O., Uguru B.N.,(2009)," foundation mathematics for higher education", second edition, ISBN 978-978-48862-2-2, pg349.

EVALUATION COMPARATIVE DE L'ACTIVITE INSECTICIDE DES EXTRAITS AQUEUX TOTAUX DES QUELQUES PLANTES CONTRE *Acanthoscelides obtectus*, INSECTE RAVAGEUR DE HARICOTS

[COMPARATIVE EVALUATION OF INSECTICIDE ACTIVITY OF SOME PLANTS'TOTAL AQUEOUS EXTRACTS ANGAINST *Acanthoscelides obtectus*, DEVASTATOR INSECT OF BEANS]

Oswald KOLERAMUNGU¹, Yves MATABARO AMANI², Telesphore MIRINDI CIRHUZA³, Nocy RUHEBUZA¹, MUSUNGAYI
TTCHITEBWA¹, and Jean Louis BAHIZIRE KAYEYE⁴

¹Laboratoire d'entomologie, Section défense des végétaux, recherche et développement, Institut National pour l'Etude et
Recherche Agronomique de Mulungu, RD Congo

²Laboratoire de phytochimie, Section botanique, Département de biologie, Centre de Recherche en Sciences Naturelles de
Lwiro, RD Congo

³Section amélioration des cultures, Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomique de Mulungu, RD Congo

⁴Section Zoologie, Département de biologie, Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, RD Congo

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

ABSTRACT: This study consists to evaluate the comparative insecticidal activity of aqueous total extracts of 13 plants used in bean seeds conservation. Currently the yield fall of alimentary foodstuff is not only due to enormous losses which take place before harvest period, but in post-harvest period too. However insecticides, chemical products are inaccessible, expensive and dangerous to be handled by farmers. According to the literature, some insecticide plants, their achievement about the reaction against the devastator insects of foodstuffs in stock, notably: *Cedrela sp*, *Cypress cupressus*, *Cymbogon citratus*, *Chenopodium ugandae*, *Haumaniastrum galeopsis folium*, *Lantana camara*, *Lantana trifolia*, *Mentha aquatica*, *Rannuculus multifidus*, *Tagetes minuta*, *Tephrosia vogellii*, *Tetradenia riparia* and *Titonia diverfolia* has been evaluated. In fact, the total extracts of *Tephrosia vogellii* plant have shown a high insecticide activity about 75% of dead insects at a low concentration about 0.0266g/ml. *Cedrela sp*, *Mentha aquatica*, *Tagetes minuta* have shown a low insecticide activity compared with aqueous total extracts of other plants either 0% of dead insects for a low concentration about 0.266mg /ml; but increasing the concentration of the aqueous total extracts of these three plants to 0,28mg/ml, their insecticide activity appeared to 100% of dead insects. The lethal doses or lethal concentrations DL50 and DL90 have been determined for the aqueous total extracts of each plant and the results are found in the table annexed.

KEYWORDS: insecticide activity, aqueous total extracts, *Acanthoscelides obtectus*, insecticide from plants.

RESUME: Cette étude consiste à évaluer l'activité insecticide des extraits totaux aqueux de 13 plantes utilisés dans la conservation des grains d'haricots. Actuellement la chute de rendement des denrées alimentaires n'est plus due non seulement aux pertes énormes qui interviennent en période pré-récolte, mais aussi en période post- récolte. Cependant les insecticides, produits chimiques sont inaccessibles, coûteux et dangereux pour être manipulés par les fermiers. Au vu de la littérature, certaines plantes insecticides, leur performance quant à la réaction contre les insectes ravageurs des denrées en stock, notamment: *Cedrela sp*, *Cyprès cupressus*, *Cymbogon citratus*, *Chenopodium ugandae*, *Haumaniastrum*

galeopsisifolium, *Lantana camara*, *Lantana trifolia*, *Mentha aquatica*, *Rannuculus ugandae*, *Haumaniastrum galeopsisifolium*, *Lantana camara*, *Lantana trifolia*, *Mentha aquatica*, *Rannuculus multifidus*, *Tagetes minuta*, *Tephrosia vogelii*, *Tetradenia riparia* et *Titonia diverfolia* ont été évalué. A cet effet, les extraits totaux de la plante *Tephrosia vogelii* ont manifesté une activité insecticide la plus élevée de 75% d'insectes morts avec une concentration très faible de 0,0266g/ml par rapport aux extraits d'autres plantes. *Cedrela sp*, *Mentha aquatica*, *Tagetes minuta* ont manifesté une activité insecticide la plus faible par rapport aux extraits aqueux totaux des autres plantes soit 0% d'insectes morts pour une concentration plus faible de 0,266g /ml ; mais en augmentant la concentration des extraits totaux de ces trois plantes à 0,28g/ml, leur activité insecticide s'est manifestée à 100% d'insectes morts. Les doses létales ou concentration létales DL 50 et DL90 ont été déterminées pour les extraits aqueux totaux de chaque plante et les résultats se trouvent dans le tableau en annexe.

MOTS-CLES: Activité insecticide, extraits aqueux totaux, *Acanthoscelides obtectus*, insecticides d'origine végétale.

1 INTRODUCTION

Cedrela sp, *Cymbogon citratus*, *Cyprès cupressus*, *Hamaniastrum galeopsisifolium*, *Lantana camara*, *Lantana trifolia*, *Mentha aquatica*, *Rannuculus multifidus*, *Tagetes minuta*, *Tephrosia vogelii*, *Tetradenia riparia* et *Titonia diverfolia*; sont des plantes insecticides utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des cultures et des denrées stockées [2].

En outre, certaines plantes sont utilisées en médecines traditionnelles pour lutter contre diverses maladies. C'est le cas de par exemple de la plante *Haumaniastrum galeopsisifolium* contre le charbon [2] [10], *Tetradenia riparia* utilisé contre les maladies bactériennes telles que les maladies dermiques [2], [3].

La plus part des études menées sur ces plantes démontrent leurs efficacité contre les insectes en général et contre les *Acanthoscelides obtectus* en particulier, pour constituer un cadre de valorisation de ces espèces botaniques.

En effet, la R.D.C tout comme dans tous les pays d'Afrique Centrale est confronté à un très important taux de destruction de récoltes au cours du stockage principalement du fait des bruches d'haricot [4].

L'infestation par *Acanthoscelides obtectus* ramenée dans le champs, la multiplication pendant plusieurs générations d'insectes issus de l'infection primaires (infection dans le champs) conjuguée aux infestations en cours de stockage par les insectes venus de l'extérieur conduit à un dynamique de prolifération de *A.obtectus*[6].

Les œufs pondus sur les gousses d'haricot par les insectes adultes se transforment en larves qui pénètrent ensuite dans les graines. Les larves consomment les réserves nutritives des graines dans lesquelles elles se développent, occasionnant ainsi des normes pertes durant le stockage.

A l'absence de tout traitement, 30% de récolte peut être détruite au bout de 6 mois de stockage portant ainsi une atteinte grave à la sécurité alimentaire des populations paysannes [5].

L'étude présentée a comme objectif d'évaluer l'activité insecticide comparative des extraits totaux aqueux de 13 plantes utilisées comme insecticides organiques contre *Acanthoscelides obtectus* bruche d'haricot ; et déterminer le DL50 et DL 90 des extraits totaux aqueux de ces 13 plantes insecticides.

2 MATERIEL ET METHODE

Cedrela sp, *Cymbogon citratus*, *Cyprès cupressus*, *Chenopodium ugandae*, *Haumaniastrum galeopsisifolium*, *Lantana camara*, *Lantana trifolia*, *Mentha aquatica*, *Rannuculus multifidus*, *Tagetes minuta*, *Tephrosia vogelii*, *Tetradenia riparia* et *Titonia diversifolia* ;ont été récolté dans le jardin botanique de l'INERA -Mulungu et ont été identifiées au laboratoire de botanique, systématique des végétaux du centre de recherche en sciences naturelles de Lwiro, en République Démocratique du Congo.

Les végétaux ont été séchés à l'air libre et finement pulvérisés, les poudres des plantes ont été gardées dans des sachets hermétiquement fermés.

Les graines d'haricots infestées d'insectes d'*A.obtectus* ont été collectionnées au magasin de l'INERA-Mulungu et ont été transportées au laboratoire d'entomologie agricole du C.R.S.N/ Lwiro où l'identification a été faite.

Les insectes ont été conservés dans les graines d'haricots déjà endommagées.

2.1 EXTRACTION

30 grammes de poudres de chaque plante ont été macérés dans 200 ml d'eau dé ionisée pendant 24 heures.

24 heures après macération, la filtration a été faite à l'aide d'un papier filtre.

Les extraits aqueux totaux sont obtenus par évaporation à sec et obtention des résidus noirs.

Le résidu noir constituant l'extrait total a été dissout dans 15ml d'eau dé ionisée pour constituer les différentes concentrations [1], [10].

2.2 PREPARATION DES SOLUTIONS

Chaque résidu des principes actifs d'extraits totaux des plantes a été redissout dans 15 ml d'eau dé ionisée pour constitution des différentes dilutions, cette préparation constitue la solution mère c'est à dire, la plus concentrée.

De la solution mère, on prélève 1ml qu'on dilue au 10^{ème} on obtient la solution (2).

Même 1ml de la solution (2) est dilué au 10^{ème} pour donner la solution (3), on dilue au 10^{ème} pour trouver la solution (4).

2.3 ESSAI BIOLOGIQUE OU TEST IN VITRO

2.3.1 DISPOSITIF D'ETUDE

On introduit 10 insectes vivants dans les tubes cylindriques en verres. On y introduit un papier filtre imprégné d'une solution d'extrait de la plante insecticide, on bouche l'ouverture avec l'ouate soit avec un tissu transparent pour permettre l'aération [6], [8].

On enregistre la mortalité toutes les 24 heures.

Le témoin est uniquement constitué par l'eau distillée.

Pour la détermination des doses létales, la quantité d'extraits exprimée en gramme ou en milligramme est déterminée par l'analyse statistique [7].

2.3.2 ACTIVITE INSECTICIDE

Les différents types d'activités insecticides sont exprimés en efficacité insecticide selon la formule d'ABBOTT [7] qui donne les valeurs corrigées de mortalités des échantillons traités et celles du témoin.

Cette correction permet d'exclure les biais dû à la mortalité observée dans nos conditions expérimentales.

$$(\%) \text{ d'efficacité} = \frac{\text{Mortalité échantillon test} - \text{Mort témoin} \times 100}{100 - \text{Témoin}}$$

3 RESULTATS

En comparant les résultats du tableau 1 de l'activité insecticide de différentes plantes, nous trouvons d'après ces résultats ce qui suit :

Les extraits aqueux de la plante *Tephrosia vogelii* sont plus efficace car à des concentrations faibles, elles ont manifesté une activité insecticide très élevée soit 0,0266 g / ml, il y a eu 75 % d'insectes morts ; suivi d'extraits aqueux de *Cymbogon citratus* avec 75% d'insectes morts à 0,066 g/ml ; *Cyprès cupressus* 100% à 0,086g/ml ; *Chenopodium ugandae* 100% à 0,13g /ml , *Lantana camara* 100% à 0,166g/ml ; *Tithonia diversifolia* 100% à 0,153g /ml ; *Lantana trifolia* 100% à 0,466mg/ml ; *Tetradenia riparia* 100% à 0,206 mg/ml ; *Haumaniastrum galeopsifolium* 100% à 0,226g/ml ; *Rannuculus multifidus* 100% à 0,24 g/ml.

Cedrela sp, *Mentha aquatica*, et *Tagetes minuta* ont manifesté une même activité insecticide de 100% d'insecticides morts pour une concentration de 0,28g/ml.

Tableau 1 : Résultats de l'activité insecticide des extraits aqueux totaux sur *A. Obtectus*, pourcentages corrigés

N°	PLANTES	Conc. g/mL	% Observés	% Corrigés
1	<i>Cedrela Sp</i>	0.286	100	100
		0.0286	90	75
		0.00286	75	38
		0.000286	69	15
2	<i>Cimbogon citratus</i>	0.066	90	75
		0.0066	60	0
		0.00066	45	0
		0.000066	0	0
3	<i>Cyprès cuprsus</i>	0.086	100	100
		0.0086	75	25
		0.00086	20	0
		0.000086	0	0
4	<i>Chenopodium Ugandae</i>	0.13	100	100
		0.013	75	25
		0.0013	50	0
		0.00013	20	0
5	<i>Haumaniastrum galeopsifolium</i>	0.226	100	100
		0.0226	60	0
		0.00226	20	0
		0.000226	0	0
6	<i>Lantana camara</i>	0.166	100	100
		0.0166	50	0
		0.00166	40	0
		0.000166	0	0
7	<i>Lantana trifolia</i>	0.146	100	100
		0.0146	50	0
		0.00146	40	0
		0.000146	0	0
8	<i>Mentha aquatica</i>	0.28	100	100
		0.028	40	0
		0.0028	30	0
		0.00028	0	0
9	<i>Rannuculus multifidus</i>	0.24	100	100
		0.024	100	100
		0.0024	95	80
		0.00024	30	0
10	<i>Tagetes minuta</i>	0.28	100	100
		0.028	30	0
		0.0028	20	0
		0.00028	0	0
11	<i>Tephrosia vogelii</i>	0.0266	90	75
		0.00266	70	25
		0.000266	65	15
		0.0000266	0	0
12	<i>Tetradenia riparia</i>	0.206	100	100
		0.0206	70	25
		0.00206	30	0
		0.000206	20	0
13	<i>Tithonia diversifolia</i>	0.153	100	100
		0.0153	60	0
		0.00153	40	0
		0.000153	30	0

DETERMINATION DE LA DOSE LETALE

Les doses létales des extraits aqueux totaux de nos différents échantillons sont présentées dans le tableau n°2.

Tableau 2 : Détermination de la dose létale (DL50 ; DL90)

N°	Plantes	DL50 en g/ml	DL90 en g/ml
1	<i>Cedrela sp</i>	DL50 :0.0	DL90 : 0.0
2	<i>Cymbogon citratus</i>	DL50 :0.055	DL90 : 0.09898
3	<i>Cyprès cupressus</i>	DL50 : 0.0716	DL90 : 0.1289
4	<i>Chenopodium ugandae</i>	DL50 :0.0	DL90 : 0.0
5	<i>Haumaniastrum galeopsifolium</i>	DL50:0.2892	DL90:0.330
6	<i>Lantana camara</i>	DL50:0.1383	DL90:0.248
7	<i>Lantana trifolia</i>	DL50:0.1227	DL90:0.218
8	<i>Mentha aquatica</i>	DL50:0.2342	DL90:0.359
9	<i>Rannuculus multifidus</i>	DL50:0.201	DL90: 0.359
10	<i>Tagetes minuta</i>	DL50:0.239	DL90:0.359
11	<i>Tephrosia vogelii</i>	DL50: 0.020	DL 90:0.03988
12	<i>Tetradenia riparia</i>	DL50:0.1726	DL90:0.3088
13	<i>Tithonia diversifolia</i>	DL50:0.127	DL90:0.2294

4 DISCUSSION

La faible activité insecticide des extraits aqueux de *Cedrela sp*, *Mentha aquatica* et *Tagetes minuta* sur *A. obtectus* montre à suffisance qu'à des concentrations plus élevées ; les extraits totaux aqueux de ces plantes auraient une activité insecticide remarquable.

Dans les travaux similaires [8], les extraits aqueux de *tephrosia* mélangés aux extraits aqueux de *Tetradenia riparia* et de *Tithonia diversifolia* avaient manifesté une moyenne totale perte de 13,7% ; alors que la forte insecticide des extraits aqueux de *Tephrosia vogelii* s'explique par le fait que ,à des concentrations très faibles, ont manifesté une activité insecticide remarquable par rapport aux extraits insecticides aqueux des autres plantes.

Comparativement aux travaux similaires, les poudres sèches combinées de *Tephrosia vogelii*, *Tetradenia riparia* et *Tithonia diversifolia* avaient manifesté une activité insecticide de 70% d'insectes morts trois mois après introduction de 10 paires d'insectes vivants dans un bocal contenant 50 graines d'haricots de la variété D6 [8]. Ces résultats ne s'écartent pas à ces derniers.

D'après les auteurs [6] ; [9], ont démontré qu'à forte concentration, l'extrait aqueux de *Melia volkesii* (Meliaceae) a un effet larvicide tandis que qu'à faible teneur on n'observe qu'une inhibition partielle sur les larves d'*Aedes acgypti* L.

Dans le même cadre [5] démontre une faible activité insecticide des extraits aqueux à l'acétone de *S. hermonliea* utilisé à la dose de 0,5% W /W (100mg d'extrait sec pour 20gr de niébé occasionne un effet ovicide de 48% et donc une réduction de moitié du taux d'adultes émergents des graines.

Les extraits aqueux de nos plantes ayant occasionné une activité insecticide faible seraient dû à la faible solubilité de ces principes actifs dans l'eau et par conséquent l'extraction par les solvants organiques seraient envisagée pour vérifier cette hypothèse.

5 CONCLUSION

Au vu de nos résultats, *Cedrela Sp*, *Cimbogon citratus*, *Cyprès cupressus*, *Chemopodium Ugandae*, *Haumaniastrum galeopsifolium*, *Latana trifolia*, *Lantana camara*, *Mentha aquatica*, *Rannuculus multifidus*, *Tagetes minuta*, *Tephrosia vogelii*, *Tetradenia riparia* et *Titonina diversifolia* pouvant avantageusement être utilisé comme insecticides botaniques pour conserver les gaines d'haricots et autres denrée alimentaires vis à vis des activités insecticides, observées à partir des extraits aqueux sur *Acanthoscelides obtectus*.

A cet effet, pour certaines plantes, il faudrait des concentrations plus élevées pour observer une activité insecticide plus remarquée.

En outre, étant donné que ces résultats sont issus des extraits aqueux totaux, il serait envisageable de faire l'extraction des groupes chimiques de chaque plante et évaluer son efficacité sur les différents insectes provoquant les altérations des denrées alimentaires en stocks.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent plus particulièrement au coordinateur d'ECABREN, Monsieur Abang qui n'avait jamais manqué d'apporter des conseils scientifiques pour la réalisation de ce travail ; aux responsables des sections défense des végétaux, sélection amélioration des cultures et de la recherche développement de l'Institut National pour l'étude et la recherche agronomique (INERA- Mulungu) ; aux agents techniques du programme national légumineuse de l'INERA-Mulungu, aux agents techniques du laboratoire de la défense des végétaux de l'INERA - Mulungu, et enfin aux agents techniques du laboratoire de phytochimie du centre de recherche en sciences naturelles de Lwiro

REFERENCES

- [1] BAGALWA M., BASHWIRA S. and CHIFUNDERA K., 2001. Insecticidal activity of *Occimum gratissilum*, *Mentha aquatica* and *Haumaniastrum galeopsifolium* (Lamiaceae), Plants of Kivu Province, Democratic Republic of Congo. *Annales de l'UCB*, 1,72-76.
- [2] DEFFOUR G., 1995. *Eléments d'identification de 400 plantes médicinales et vétérinaires au Bushi*. éd. Bandari, Bukavu.
- [3] BINDANDA et Dr. HANS M.H., 1996. *Médecine naturelle tropicale* 4^{ème} Ed. p. 54.
- [4] BUYCKXE, 1962. *Précis des maladies et des insectes nuisibles sur les plantes cultivées*, INEAC, Bruxelles. p.603.
- [5] Martin KIENDREBEOGO, 2005. Activités insecticides de *striga hermonthica* (Del.) Benth (scrophulariaceae) sur *callosobruchus maculatus* (Fab.). Inédit. p.7
- [6] Adebayo T. A. et Gbolade A. A., 1994. Protection of stored cowpea from *callosobruchus maculatus*, Using plant, *Insects*. *Sci.Aplic* 15(2) p.185-189).
- [7] Moretti M. D. L., Bazzoni E., GIVANNI S. P., Romolo P., 1998. Antifeedant of some essential oils on cerantis *Capitata* Wield. (Diptera Tephritidae). *J.E ssent. Res* 10.p.405-412.
- [8] Olswald KOLERAMUNGU, 2002. Etude du synergisme d'insecticides botaniques dans la protection du haricot contre les bruches, INERA/Mulungu, Inédit p.27.
- [9] Kerharo J., Adam J. G., 1974. *La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques*. Paris ; Vigot frères, 1011p.
- [10] MATABARO Amani, 2006. Evaluation de l'activité insecticide des extraits terpéniques, stéroïdiens, phénoliques de la plante *Eucalyptus citriodora* sur les insectes ravageurs des denrées stockées, ISP/Bukavu, Inédit p.35.

IMPROVING MEDIUM WAVE SIGNAL TRANSMISSION USING A FLEXIBLE IMPEDANCE MATCHING UNIT

C. I. Ugwu¹, M. O. Alor², and J. Eke²

¹Federal Radio Corporation of Nigeria, Enugu, Nigeria

²Electrical and Electronic Department, Enugu State University of Science and Technology, Enugu, Nigeria

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

ABSTRACT: This paper is on improving medium wave signal transmission using a flexible impedance matching unit. The system is T arrangement of impedance network that provides impedance matching between the transmitter and antenna. The parallel feeder used in the medium frequency ground wave signal transmission gives rise to a mismatch between antenna and the generator (transmitter). This network is a lumped reactance that effectively matches the transmitter to the antenna. The vertical antenna used in this range of frequency require a radial wire earth to achieve good ground; with effective connection to the matching network a good path to ground was achieved and noise associated with the transmission line was highly reduced.

KEYWORDS: wave signal transmission, impedance matching.

1 INTRODUCTION

Medium wave has frequency range between 300 KHz to 3 MHz of electromagnetic wave spectrum.

They are used in Radio terrestrial broadcasting in Amplitude Modulation mode of propagation. Because of the wavelength involved the electrical lengths of the antenna system are in the range of 25 meters to 250 meters, using quarter wavelength dipole antenna system. These are vertical of antenna with the whole mast radiating and called mast radiator. They are vertically polarized. The vertical antenna will provide adequate efficiency and bandwidth [1]. The radiation efficiency of a medium wave length antenna system are influenced by radiation resistance and they are proportional to loop radiation resistance and the ground resistance. Radiation resistance is the fictional resistance that would dissipate the amount of power that is radiated away from the antenna and loop resistance is the resistance between the antenna element and the antenna feed point. The loop resistance is very low for lower antenna and peak for antenna just less than 180° high.

The ground resistance is affected greatly by ground conductivity, antenna height and ground system. This ground system is very important in the operation of medium wave antenna [2]. These include the radial ground, the impedance matching network and the grounding system. Besides atmospheric fading, great amount of signal loss occur in the antenna ground system. Apart from the noise that is generated within the feeder, antenna noise is greatly reduced if appropriate ground is provided. Vertical polarization of this antenna is excellent for ground wave and even sky wave propagation.

The ground losses are also greatly reduced if the mast has radial copper ground system and the ground current will be in the low resistance copper ground system rather than the mass of earth which has high impedance.

Open wire feeders are installed between the transmitter and the antenna match unit. This is usually housed closely to the antenna to couple RF from the transmitter to the antenna. This ensures the transformation of the antenna impedance to the impedance of the open wire. Even in the digital format, the best of digital radio (the DRM) will fail in its reach if poor ground and matching systems are used [3] The flow of election up and down the vertical antenna creates the RF field, the more electrons flow, the stronger the field. In order to set greatest number of electron to flow, there is the need to have low

resistance storage full of electron, that means that the lower the resistance, the more electrons that can be forced up and back down out of the vertical radiator.

2 BACKGROUND/MATHEMATICAL THEORY

BACKGROUND OF THE STUDY

If the efficiency of a radio transmitter is guaranteed, and the antenna gain known, the antenna efficiency is realized if maximum energy is transferred from the transmitter to the antenna (Constantine, 2012). For this to happen, the input impedance of the antenna must be the same with the transmitter output impedance.

A mismatch of impedance causes degradation in antenna performance and the effect on both the transmitter and the antenna depends on its severity. Some of the transmitted power could be reflected back and, or the estimated signal reach is not realized [4].

(I) ANTENNA SYSTEM

Almost always and particularly for a medium frequency (medium wave) transmitter, the antenna is separated from the transmitter by a transmission line called antenna feeder, for a medium wave transmitter, an open wire parallel feeder is always used. This antenna, which is by design a function of the wavelength is always large and a mast radiator for medium wave transmission. This antenna is a transducer that converts electrical signal into an electromagnetic wave propagating in free space. The polarization is in the direction of E. field (electric field), this is a function of the geometry of the radiating element, hence a vertical antenna is vertically polarized. In practice a vertical antenna would be either, one wavelength, half wavelength or quarter wavelength. A half wave dipole antenna is always preferred.

From the work done by [1], a perfect quarter wave dipole antenna has a quarter of this antenna standing vertically as a radiating element, without ground resistance and 36 ohm radiation resistance.

However radio transmitter has other wavelengths in practice other than quarter wavelength and the ground has some measure of resistance. For a half wave dipole, the quarter of this half wavelength is used on the ground to improve the ground resistance; this is otherwise called the image aerial [5]. For the medium wave antenna system, there are two distinct meanings of ground. (a) A connection to ground at the base of a vertical antenna to enable electron flow in and out of the antenna (b) A large area under the vertical antenna that will hold the electro-magnetic wave field near the earth. Medium Wave propagation is therefore a ground wave propagated wave. An antenna can radiate an r.f field even on a poor ground but the field will be weak.

The vertical radiator and the radial wires form a giant capacitor supplying the flow of electron in the antenna. The efficiency of an antenna is equal to

$$\eta = \frac{\text{radiation resistance}}{\text{Sum of all the resistances in the antenna ground}} \times 100 \quad (1)$$

Sum of all the resistances in the antenna ground.

(II) EARTHING OF AN ANTENNA FIELD

Before earthing is done, the present conductivity of the ground must be ascertained. An earth resistance meter is used to measure the resistance of the ground. It is usually taken at four different points in the field.

Soil test. Factors that give rise to the conductivity of the ground, include water content of the soil, and salt content of the soil. When these preliminary tests are obtained, the depth of earth pith, length of earth rod, and impurity material to be used can be determined so as to achieve the required earth conductivity [7].

The process of determining water content of the soil (W_c) is simple, a known quantity of the soil is oven dried and weighed in a scale (B), then the same quantity is weighed without drying (A), the difference is obtained, and the percentage absorption is obtained as

$$W_c = \frac{A - B}{B} \times 100 \quad (2)$$

Where A is the sample of weight of saturated sand, and B is the weight of oven dried sand.

To assess the organic impurity content of the soil, the Sand is mixed with sodium hydroxide (NaOH) and the resulting colour compared with a standard colour and if it is darker, then the sand has sufficient impurity to support good ground.

The conductivity of the ground determines the depth of the earth pith. The resistance can be improved using copper earth mat and sufficient organic impurity and ingress material. The terminals of the matching unit and antenna ground are now bonded to the station ground provided. The Earth resistance should be less than one ohm.

(III) TRANSMITTER OUTPUT NETWORK/OUTPUT IMPEDANCE

Most transmitters are designed with coaxial feeder of 50 ohm output impedance but for the open wire with different transmission line impedance, an impedance matching is required to couple the transmitter output to the feeder.

The characteristic impedance of a parallel feeder is about 230 ohm. To overcome the mismatch between the feeder and transmitter output, a balancing unit transformer is used.

An approximate transformation ratio of 1:4 is required. BALUN is short form for balancing unit transformer.

This is a transformer which provides a broad means of matching the transmitter output to the parallel feeder. Fig 1 show the circuit configuration of BALUN transformer.

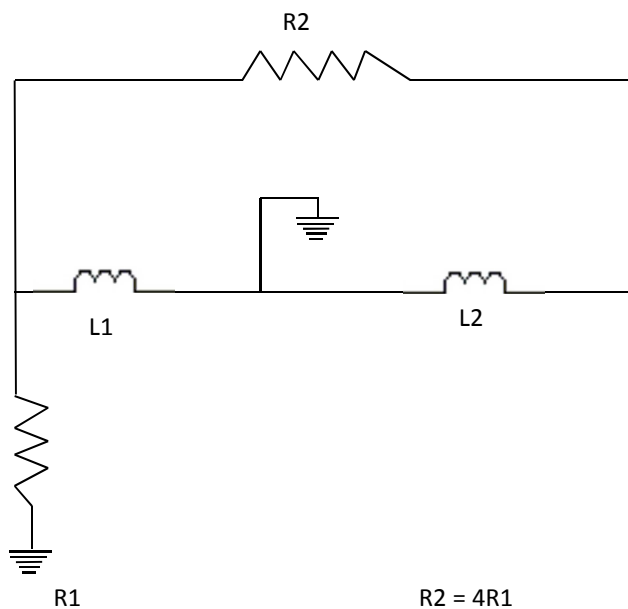


Fig. 1 Configuration of the BALUN Transformer

L_1 and L_2 is directly proportional to the number of turns and it is chosen to provide the balanced to unbalanced output. R_1 is the input, taken between the line and ground (balanced), while R_2 is the unbalanced output [6].

(IV) ANTENNA MATCHING UNIT

Transmission lines and wave guides are means of sending signal from signal generator to the load.

The signal is a radio frequency signal (RF), generated by a radio transmitter.

The transmission line comprises of basic electrical components of resistance, capacitance and inductance distributed along the line [8].

It's analysis is as with Resistance, Inductance and Capacitance (RLC) network. Medium Wave transmission frequency lies between 300 KHz to 3 MHz in the broadcast frequency spectrum and has an elaborate mast as a radiator.

The transmission line is an open wire parallel feeder. The characteristic impedance of a transmission line (Z_0) is a function of the per unit length parameters of resistance (R), inductance (L), conductance (G) and capacitance (C).

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (3)$$

Below in figure 2 is the circuit representation of a transmission line.

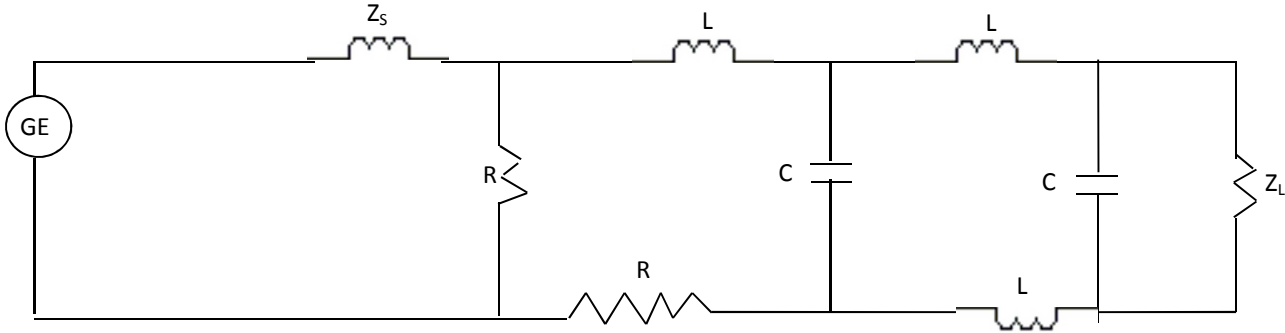


Fig.2: Equivalent circuit of a transmission line

Between the impedance of the transmission line and the load, (antenna) is an impedance matching network. Its Thevenin equivalent provides circuit analysis of maximum power transfer from the signal generator to the load.

When the load is a conjugate match to the generator $Z_L = Z^{th*}$

Where Z^{th*} indicates the conjugate Thevenin impedance.

If $Z^{th} = R^{th} + jX^{th}$ and $Z_L = R_L + jX_L$. This condition is equivalent to $R_L = R^{th}$ and $X_L = -X^{th}$. In this case half the generated power goes to the load, while half is dissipated on the generator Thevenin resistance.

The current through the load is given as

$$I_L = \frac{V^{th}}{Z^{th} + Z_L} = \frac{V^{th}}{(R^{th} + R_L) + j(X^{th} + X_L)} = \frac{V^{th}}{2R^{th}} \quad (4)$$

Thus the total reactance of the circuit is cancelled.

It follows that the power delivered by the Thevenin generator to the load and the power dissipated in the Thevenin resistance and the load will be

$$P_{tot} = \frac{|V|^2}{4R_{th}} \quad (5)$$

Assuming a lossless line (ie real values of Z_0 and B), the conjugate match condition can also be written in terms of the reflection coefficient (Γ) corresponding to Z_L and Z^{th} .

$$\Gamma_L = \Gamma_{th}^* = [\Gamma e^{-2jBd}]^* \quad \text{--- conjugate} \quad (6)$$

Moving the phase exponentially to the left, the conjugate match condition can be written in terms of the same quantities at the input of the transmission line.

$$\Gamma_d = \Gamma_L e^{-2jBd} \leftrightarrow Z_d = Z_G^* \text{ (conjugate match).}$$

Indeed the transmission line can be cut at any distance from the load and its entire left segment including the generator replaced by a thevenin equivalent circuit. The conjugate matching is obtained by propagating to the left by distance L or to the right by a distance $d - L$ hence

$$\Gamma_L = \Gamma_L e^{-2jB(d-L)} \quad (d-L). \quad (7)$$

In practice, network match is used at one or both end of the transmission line to achieve the desired type of matching.

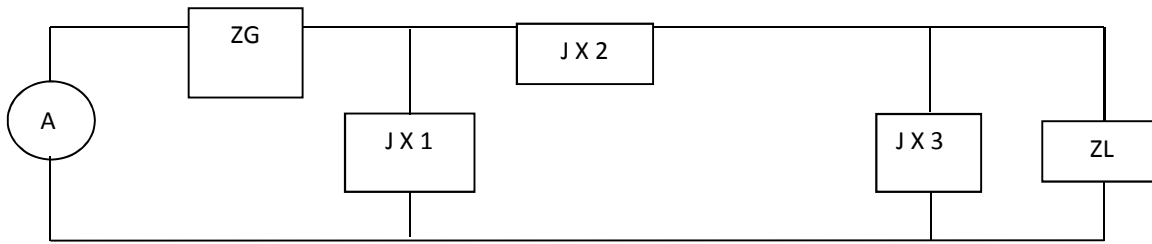


Fig. 3: A typical matching diagram

In the first case both the generator and the load are matched to achieve $Z_G = Z_L = Z_0$.

There are however cases where $Z_G = Z_0$ but $Z_L \neq Z_0$ the first case is the reflection less matching, while the second is the conjugate matching.

In the second case the load is connected to the line without matching circuit and the generator is conjugate matched to the input impedance of the line.

The line remains conjugate matched everywhere along its length, therefore the matching network can be inserted at any convenient point, and not necessarily at the input.

Because the value of Z_0 depends, on Z_L and the frequency, the conjugate match will work as designed only at a single frequency. On the other hand if the load and generator are purely resistive and are matched individually to the line, the matching will remain reflectionless over a larger frequency bandwidth.

Conjugate matching is usually accomplished using L – section reactive network: We are concerned in this work with the L – section impedance parameter reactive matching networks.

MATHEMATICS OF TECHNIQUE USED

At lower frequency lumped parameters circuit elements may be used to construct a matching network? Figure 4 below shows an L - section network. It consists of only reactive elements (inductors or capacitors) to conjugate match any load Z_L to any generator Z_G . The use of reactive elements minimizes power loss in matching network. An arbitrary load impedance may be matched by normal L - section or if not possible by a reversed L - section.

Sometime both normal L- section and reversed L- section are possible.

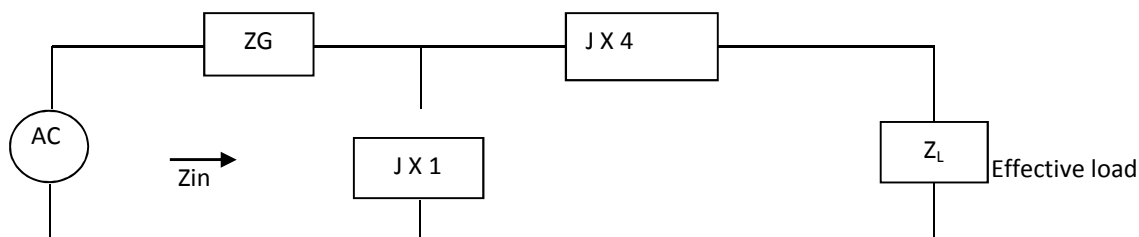


Fig .4: L- section network

The input to the design procedure are complex load and generator impedances; $Z_L = R_L + jX_L$ and $Z_G = R_G + jX_G$: The outputs are reactants X_1 and X_2 . For either type, the matching network transforms the load impedance Z_L into complex conjugate of the generator, [9]. Hence

$$Z_{in} = Z_G^* \text{ (conjugate match)} \quad (8)$$

Where Z_{in} is the input impedances looking into the L section.

$$Z_{in} = \frac{Z_1(Z_2 + Z_L)}{Z_1 + Z_2 + Z_L} \quad (\text{normal}) \quad (9)$$

$$Z_{in} = \frac{Z_2 + \frac{Z_1 Z_L}{Z_1 + Z_L}}{Z_1 + Z_L} \quad (\text{reversed}) \quad (10)$$

With $Z_1 = jx_1$ and $Z_2 = jx_2$. Inserting equation 9 into 8 and equating

real and imaginary parts of the two parts, we obtain a system of equations for X_1, X_2 with solution for the two types.

$$X_1 = \frac{X_G \pm R_G Q}{R_G / R_L} \quad - \quad - \quad (11)$$

$$X_2 = -X_L \pm R_L Q \quad (\text{Normal}) \quad - \quad - \quad (12)$$

$$Q = \sqrt{\frac{R_G - 1 + \frac{X_G^2}{R_G R_L}}{R_L}} \quad - \quad - \quad - \quad (13)$$

$$X_1 = \frac{X_L \pm R_L Q}{R_L / R_G - 1} \quad (\text{Reversed}) \quad - \quad - \quad - \quad (14)$$

$$X_2 = X_G \pm R_G Q \quad - \quad - \quad - \quad (15)$$

$$Q = \sqrt{\frac{R_L - 1 + \frac{X_L^2}{R_L R_G}}{R_G}} \quad (16)$$

If the load and generator impedances are both reactive, so that $X_L = 0$ and $X_G = 0$, the above solutions take the simple forms:

$$X_1 = \frac{\pm R_G}{Q} \quad - \quad - \quad (17)$$

$$X_2 = \pm R_L Q \quad - \quad - \quad - \quad (18)$$

$$Q = \frac{\sqrt{R_G}}{R_L} - 1 \quad (\text{normal}) \quad - \quad - \quad - \quad (19)$$

$$X_1 = \frac{\pm R_L}{Q} \quad - \quad - \quad - \quad (20)$$

$$X_2 = \pm R_L \quad - \quad - \quad - \quad (21)$$

$$Q = \frac{\sqrt{R_L}}{R_G} - 1 \quad - \quad - \quad - \quad (22)$$

We note that the reversed is obtained from the normal by exchanging Z_L with Z_G .

Both solution assumes that $R_G \neq R_L$. If $R_G = R_L$, then for either side $X_1 = X_2 = \infty$, $X_2 = (X_L + X_G)$ thus X_1 is open circuited and X_2 is such that $X_2 + X_L = -X_G$.

Q quantities play the role of series impedance Q - factor. Indeed, the X_2 equation in all cases imply that Q is equal to the ratio of total series reactance and the corresponding series resistance, that is $(X_1 + X_L)/R_L$ or $(X_2 + X_G)/R_G$.

The condition for real valued solution for X_1, X_2 are that Q factors in equation (19) and (20) be real valued or the quantities under the square root be non negative.

(B) SECTION NETWORK

Figure 5 Shows the  Section network and it offers an extra freedom in the control of the Q factor and bandwidth of the match. In particular the bandwidth can be made as narrow as possible.

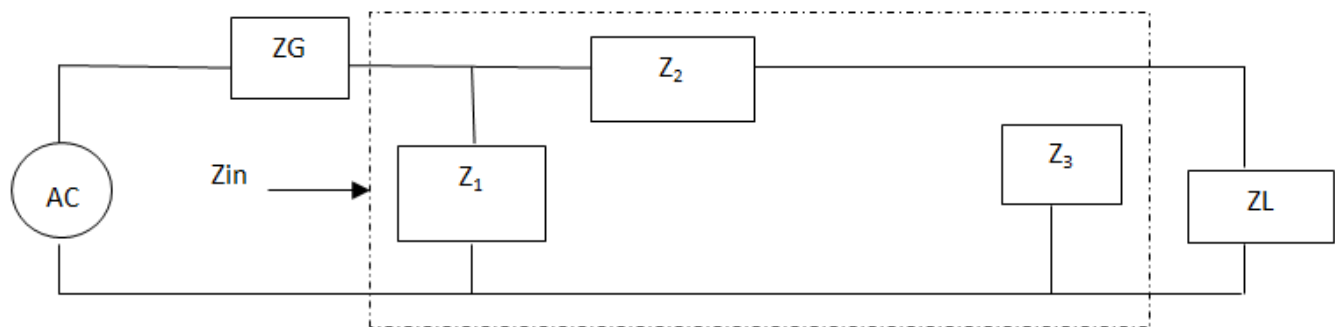


Fig.5: π Section matching unit

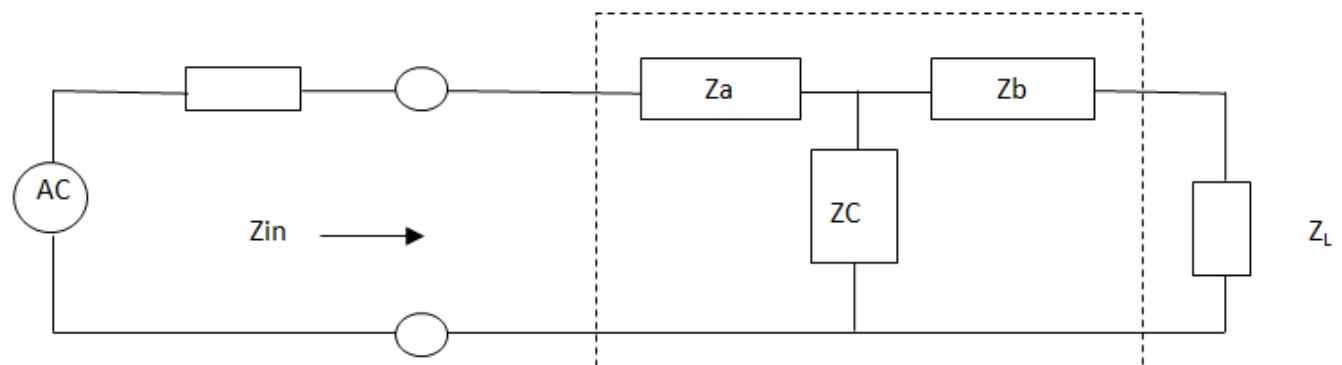


Fig.6: T-Section matching unit

(c) T. NETWORK

The π , T (also called D, Y network) can be transformed into each other. In practice the T network is more efficient and easier to construct. In the analysis network, the system is divided into two L- network as shown in figure 7

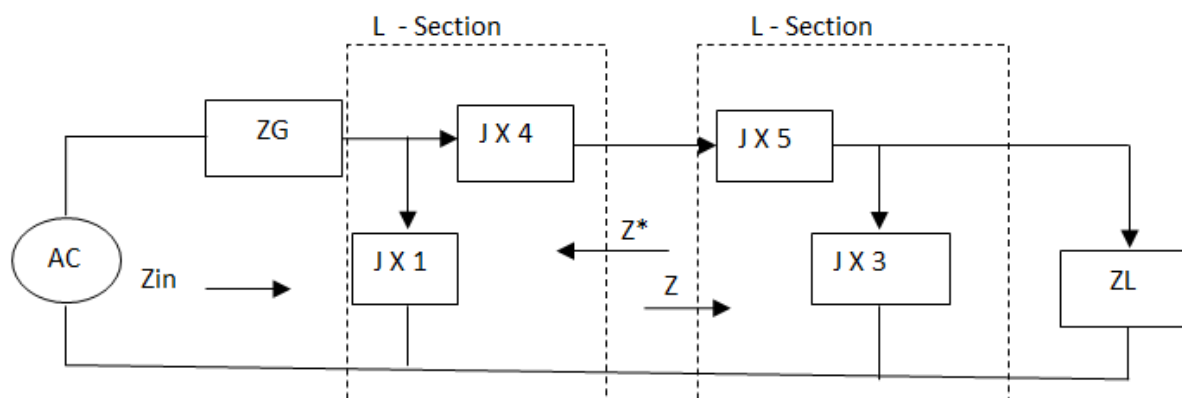


Fig.7: Equivalent L section arranged back to back

From the previous analysis, Z_{left} , Z_{right} and Z_{in} , can be gotten as show earlier.

Where $jx_2 = jx_4 + jx_5$

3 METHODOLOGY

TRANSMITTER OUTPUT IMPEDANCE

Most Transmitter outputs are designed to have the impedances of a coaxial feeder of 50ohms. But for a Medium Wave signal that requires a vertical antenna, a parallel feeder is required. The transmission line consist a BALUN transformer and the parallel feeder.

Usually the parallel feeder is a line (core) and ground. For most feeders used in Medium Wave high power transmission, the open wire parallel feeder is a six wire unbalanced line and the dielectric is air. Two of the wire form the core and represents the inner conductor. The remaining four wires form the shield with effective ground coupling.

The characteristic impedance of the feeder are calculated from the equation;

$$Z_0 = \left(69 \log_{10} \frac{2h^2}{p_1^2 b} + k \log_{10} \frac{4h^2}{cd} \right) \quad (23)$$

$$K = - \frac{2 \log_{10} \frac{4h^2}{cd}}{2h^2 + \log_{10} \frac{2h^2}{a^2}}$$

= 40mm, C = 326. 5mm, d = 382.9mm and h = 3600mm and $\rho_1 = 2.5\text{mm}$, $\rho_2 = 2.5\text{mm}$.

hence K = 0.772 and Zo = 234 ohms.

In figure 8, points 1,2 & 6 shows the arrangement of feeder line, letter a,b,c,d,h and p are indicated as

h = height above ground

c = distance of one of the shield of the nearest core feeder

d = distance of the same shield to the farther core feeder

a = radius of the circle joining the four feeders (shields)

b = distance of the core feeder to the centre.

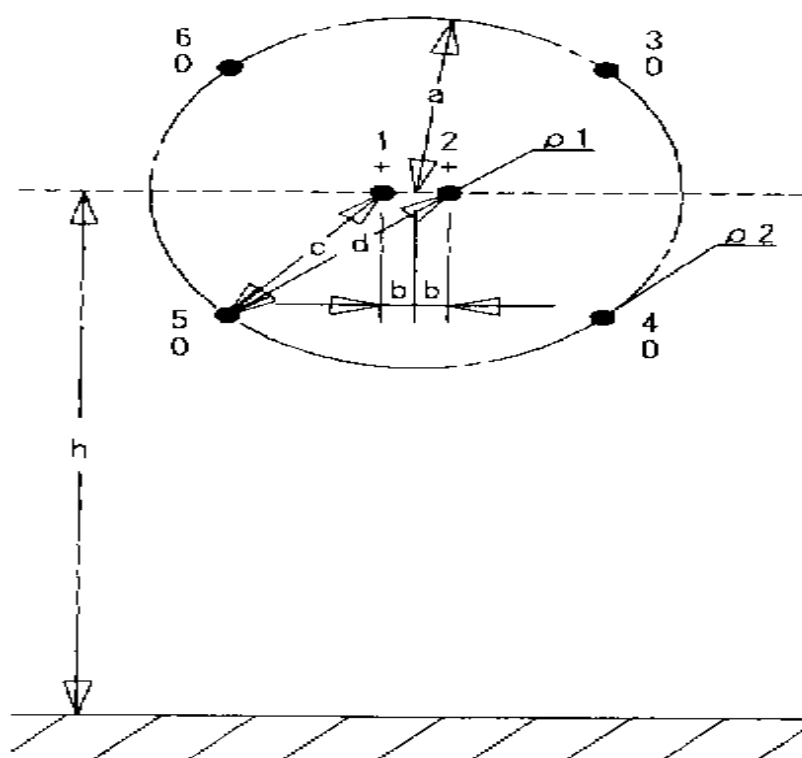


Fig. 8: An open wire parallel feeder.

THE ANTENNA MATCHING UNIT

Pi – Matching Unit

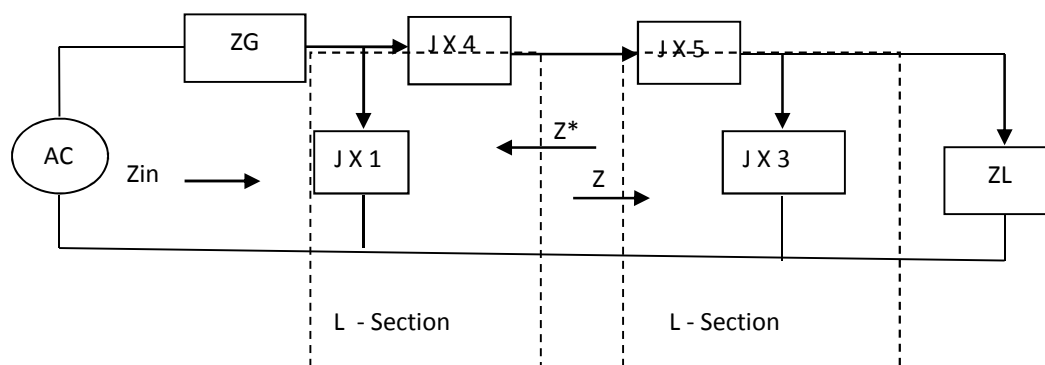


Fig. 9: Equivalent L section arranged back to back

The L Section matching can be used to match any arbitrary load to an arbitrary source, but its bandwidth and Q. factor are fixed by the value of the load and the source impedance as seen in section 2 of this work.

The diagram of Figure 3 is that of Pi – section or Pi – network. This gives more flexibility to the determination of the Q factor and the bandwidth of the system. This degree of freedom allows the designer to make the bandwidth as narrow as desired.

In practice the realization of a Pi network is difficult. The T. network showed in fig 6 design yields more practical values for the circuit element.

The Pi – section can be transformed to a T. section by the equation below.

Z_1, Z_2, Z_3 are Pi – section values while Z_a, Z_b and Z_c are T. section values in Fig 5 and 6.

$$Z_a = \frac{Z_2 Z_3}{u}, Z_b = \frac{Z_3 Z_1}{u}, Z_c = \frac{Z_1 Z_2}{u} \quad (24)$$

where $u = Z_1 + Z_2 + Z_3$

Also transformation equation from T. section to Pi section is given as

$$Z_1 = \frac{V}{Z_a}, Z_2 = \frac{V}{Z_b}, Z_3 = \frac{V}{Z_c} \quad (25)$$

Where $V = Z_a Z_b + Z_b Z_c + Z_c Z_a$.

Z_1, Z_2, Z_3 are purely reactive hence

$Z_1 = jX_1, Z_2 = jX_2, Z_3 = jX_3$ and so are Z_a, Z_b , and Z_c

Mat lab function `Pi2T` and `t2pl` transform Pi to T and Vice Versa.

`Pi 2t` takes in arrays of three values

$Z_{123} = [Z_1, Z_2, Z_3]$ and outputs

$Z_{abc} = [Z_a, Z_b, Z_c]$.

and `t2Pi` does the reverse.

`Zabc = Pi2t (Z123); % ll To T section`

`Z123 = t2Pi (Zabc), % T to Pi`

Here, π Sec. (π Section) is discussed and transformed to T.

An additional degree of freedom is introduced into the design by an intermediate reference impedance, for instance $Z = R + jX$, such that looking into the right L – section of Fig 9, the input impedance is Z and looking into the left L - section it is Z^* , Note that $Z_1 = jX_1, Z_4 = jX_4, Z_3 = jX_3$

$$Z_{\text{left}} = Z_4 + \frac{Z_1 Z_G}{Z_1 + Z_G} = Z^* \quad (26)$$

$$Z_{\text{right}} = Z_3 + \frac{Z_1 Z_L}{Z_1 + Z_L} \quad (27)$$

As shown above, the right L – section and the load can be replaced by the effective load impedance $Z_{\text{right}} = Z$. Because Z_1 and Z_4 are purely reactive, their conjugate $Z^* = Z_1$ and $Z_4^* = Z_4$. It then follows that equation for Z right,

$$Z_{\text{in}} = \frac{Z_1 (Z_4 + Z)}{Z_1 + Z_4 + Z} = Z_G^* \quad (28)$$

This is the desired conjugate matching condition that must be satisfied by the network and can be interpreted as the result of matching the source Z_G to the load with a normal L section.

An equivalent point of view is to interpret equation as the result of matching the source Z to the load Z_G using a reversed L. section.

Similarly, the second equation is the result of matching the source Z_G to the load Z_L by the input looking into the right section

The reactance of the two sections can be obtained by the two successive call to L match using matlab function

`X14 = [X1, X4] = Lmatch [ZG Z, 'n']`

`X35 = [X3, X5] = Lmatch [Z, ZG 'v']`

For the above equation to have a solution the condition $R < R_G$ and $R < R_L$. ($Z \equiv R$)

This means that R must be chosen to satisfy this condition.

For Design purposes, Q factors of the left section and right section can be

taken to be as $Q_G = \sqrt{\frac{R_G}{R} - 1}$, and $Q_L = \sqrt{\frac{R_L}{R} - 1}$

$$Q = \sqrt{\frac{R_{\max}}{R} - 1}, \text{ where } R_{\max} = \max(R_G, R_L).$$

$R_{\max}$ is the greater of the two resistances R_G (generator impedance) and R_L (load impedance).

The Q factor controls the bandwidth, given a value of Q , the corresponding

R is obtained by $R = \frac{R_{\max}}{Q^2 + 1}$ (29)

Q_G and Q_L can be written in terms of Q as

$$Q_G = \sqrt{\frac{R_G(Q^2 + 1) - 1}{R_{\max}}}$$

$$Q_L = \sqrt{\frac{R_L(Q^2 + 1) - 1}{R_{\max}}}$$

The equation $Z_{in} = \frac{Z_1(Z_2 + Z)}{Z_1 + Z_2 + Z} = Z_G$ (31)

The equation 31 is implemented by the Mat lab function Pmatch which also constructs the value

$$X_2 = X_4 + X_3$$

Because there are two solutions for X_4 and two solution for X_3 , we can combine them in four different ways leading to four different solutions for the reactive network.

The input to the Pmatch function are impedances Z_G , Z_L and a reference impedance Z which must satisfy the condition $R < R_G$ or $R < R_L$

$$Q = \sqrt{\frac{R_{\max}}{R_{\min}} - 1}. \quad \text{The output is 4 x 3 matrix}$$

Whose row are the different solutions for X_1 , Z_2 , X_3 . Hence the Mat Lab code

`X123 = Pmatch (ZG, ZL, R): % Pi-matching`

The model equation for this design is $Z_{in} = \frac{Z_1(Z_2 + Z)}{Z_1 + Z_2 + Z}$ (32)

Where $Z = Z_3 + \frac{Z_1 Z_G}{Z_1 + Z_G}$ (33)

Q is the quality factor of the matching network. The Q factor determines the bandwidth of the matching network. The Pi or T section gives the designer the opportunity of making the bandwidth as narrow as required. The Medium Wave frequency is between 300KHZ to 3 MHz Designing for 500KHZ medium wave frequency and the antenna impedance of 50ohms while the transmitter parallel feeder (transmission Line) impedance is 230ohms and $Q = 15$.

$$R = \frac{R_{\max}}{Q^2 + 1} = \frac{230}{15^2 + 1} = 0.855$$

Using Mat lab code P match (Pi-matching),

$X_{123} = [X_1, X_2, X_3] = \text{Pmatch} (50, 230, 0.885) \% \text{ Pi match}$

$$\begin{array}{rcl} & Z_1 & Z_2 & Z_3 \\ = & [6.7116 & -19.8671 & 13.3333] \\ = & [-6.7116 & 19.8671 & -13.3333] \\ = & [6.7116 & 6.6816 & -13.3333] \\ = & [-6.7116 & -6.6816 & 13.3333] \end{array}$$

The above was used to obtain the various reactances for the Pi section unit.

Simulation: Z, Z_{in} and reflection coefficient were simulated and the result is shown in table 1

$$Z = Z_3 + \frac{Z_1 Z_G}{Z_1 + Z_G}$$

$$Z_{in} = \frac{Z_1(Z_2 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

$$\text{Reflection Coefficient} = \frac{Z_1 - Z_G}{Z_1 + Z_G} \quad Z_1 = Z_{load}$$

Table 1 : The result of the simulations Z, Z_{in} and reflection coefficient

Z _{in}	Z	Reflection coefficient
4.447	6.578	0.9621
486.7	-6.973	0.3582
1473	6.465	0.7299
-1520	-6.854	1.331

TERMINATION OF ANTENNA MATCHING UNIT OUTPUT

Below (Fig. 10) are the arrangement of both the antenna base and the termination of the radial wires and the antenna tuning unit an extract from Denki Kogyo Co. Ltd Japan. The whole mast base is covered with copper plate and the radial wire terminated on it. A copper plate is provided to ensure firm connection of the output to ground.

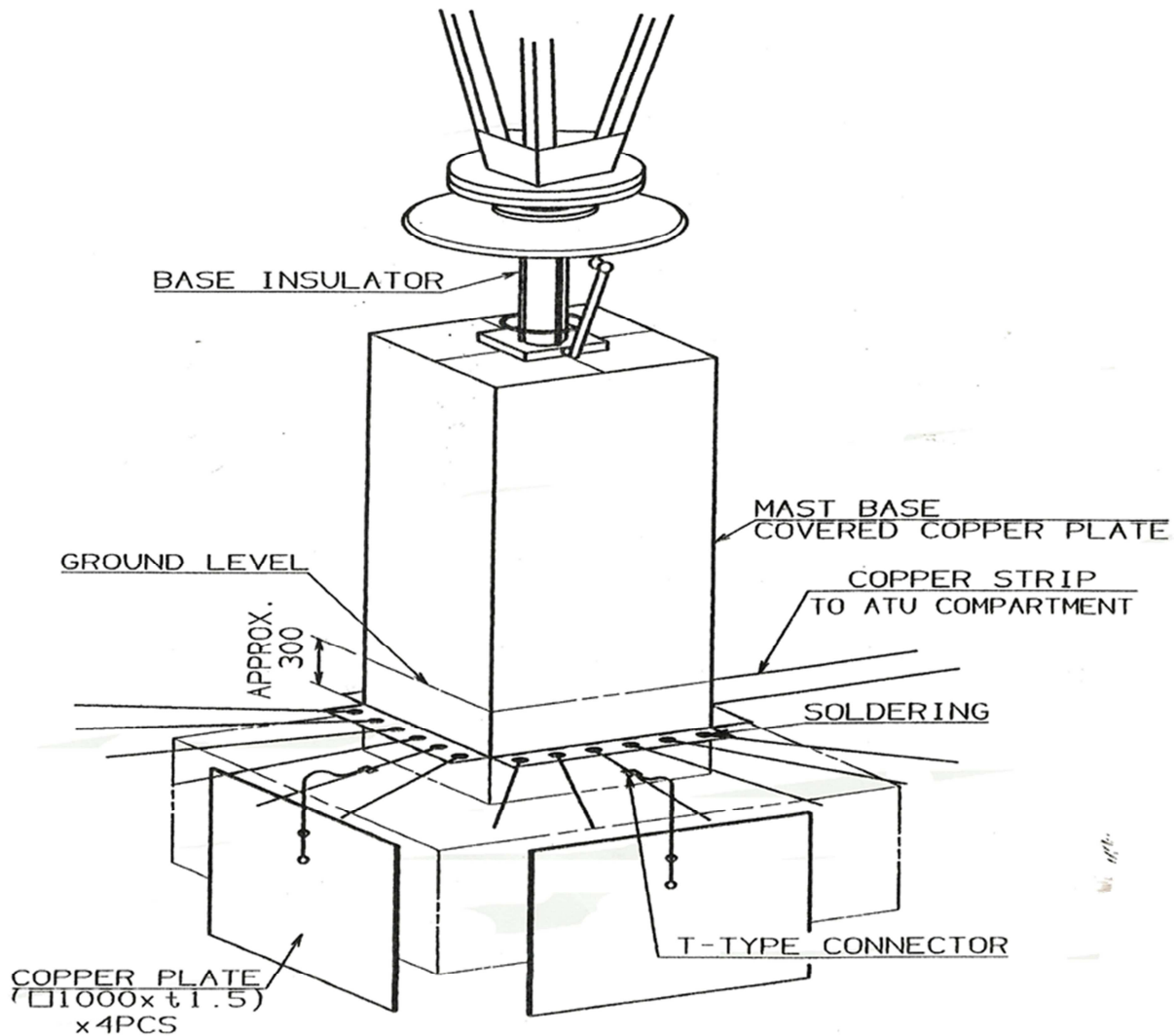


Fig. 10 Grounding at the mast base

DETERMINATION OF SIGNAL FIELD STRENGTH

Field strength is measured using a field strength meter, a half wave dipole antenna and feeder. The field strength meter is essentially a ratio receiver equipped with attenuator and generator of comparison signal serving as reference in the measurement, for the measurement to be taken the output in receiver and the attenuator adjusted for calibration.

Then the field strength is found by measuring the rf voltage V induced on the attenuator placed within the unknown field. The voltage obtained $v = kE$ ($\text{dB}(\mu\text{V m}^{-1})$). The voltage and field strength are expressed as follows.

Voltage = RF attenuation reading + If attenuator reading + meter reading (conversion factor not included)

Field strength = RF attenuation reading + If attenuator reading + meter reading.

The field is kept from being disturbed to the extent possible by separating the antenna far from an obstacle as much as possible.

The transmitter antenna is 90meter has an adequate terrain clearance. According Roding and Collen (1990), $E_o = \sqrt{30 P_t G_t}$

Where P_t = average transmitter power

G_t = Directivity gain power.

E_o = Field strength

Field strength were measured along different routes from the transmitter site as shown below

Note! Path difference = $\frac{2h\sqrt{d^2 - h^2}}{d}$

phase difference = $\frac{4\pi h\sqrt{d^2 - h^2}}{\lambda d}$

$\frac{E_o}{d}$ is the field strength at a unit distance

The decreasing field strength arises from $1/d$ factor for the signal radiated into free space.

Distance from transmitter (km)	1	10	20	30	40	50	60	70
Field strength (dB (u v/m))	101.78	61.79	49.75	42.70	37.70	33.03	30.66	27.98

4 DATA COLLECTION AND ANALYSIS

THE REFLECTION COEFFICIENT

This is the ratio reflected voltage to the forward voltage and measures the level of impedance mismatch. When the value is 1, the line is a short circuited line and the whole power is reflected back and when it is 0, the line is perfectly matched.

Table 2: Design Values of Impedance

Z_1	Z_2	Z_3
6.7116	-19.8671	13.3333
-6.7116	19.8671	-13.3333
6.7116	6.6816	-13.3333
-6.7116	-6.6816	13.3333

Table 3: Simulated Values of Z_{in} , Z and the reflection coefficient

Z_{in}	Z	Reflection coefficient [
4.447	6.578	0.9621
486.7	-6.973	0.3582
1473	6.465	0.7299
-1520	-6.854	1.331

Fig.11 Graph of input reflection coefficient against Z_{in} . Z_{in} is the input impedance looking into the generator and serves a feed to the matching unit. The result shows the choice of reflection coefficient at 0.358 which is the lowest. This corresponds to the reactances $Z_1 = -6.7116$, $Z_2 = 19.8671$, $Z_3 = -13.3333$.

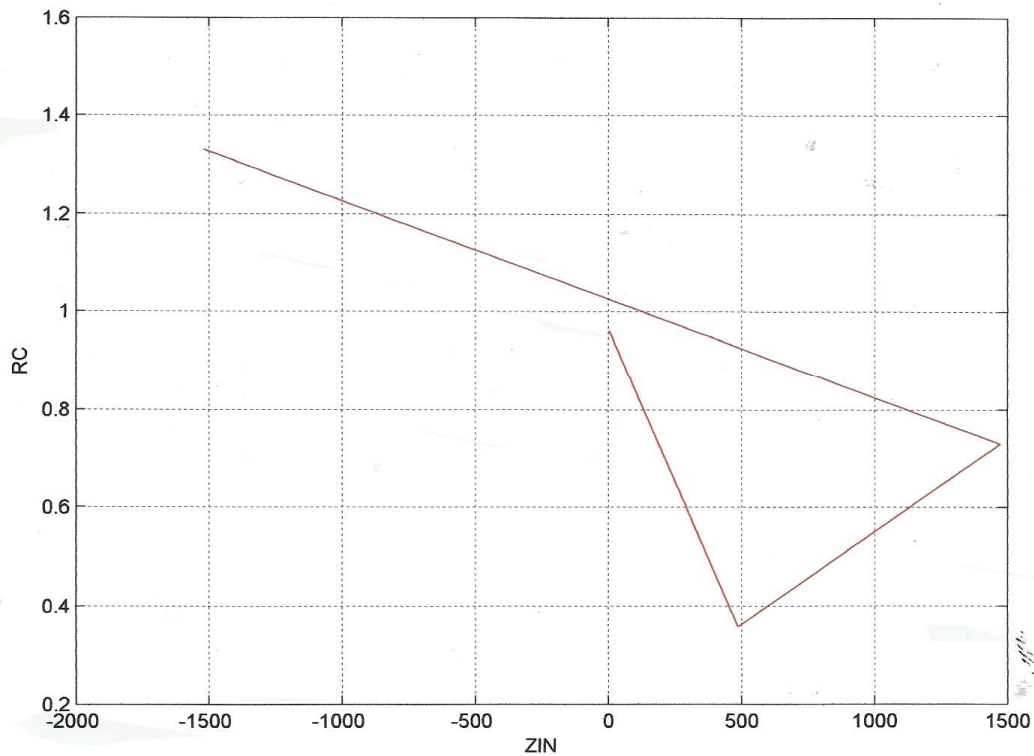


Fig. 11: Graph of input Reflection Coefficient versus Zin

The positive sign indicates inductive reactance, while negative sign indicates capacitive reactance.

BANDWIDTH MANAGEMENT

Bandwidth is determined by the value of R. the value is used in Mat Lab simulation to generate the reactance. The value of R as obtained in equation 29 is given by $\frac{R_{Max}}{Q_2 + 1}$

Where R_{Max} is the bigger of the two impedances of Z_G (Generator) and Z_L (Load).

In the graph of Fig 12 and the design for medium wave frequency of 500KHZ indicates the narrow bandwidth achievable using Pi- matching network at a low reflection coefficient of 0.3582.

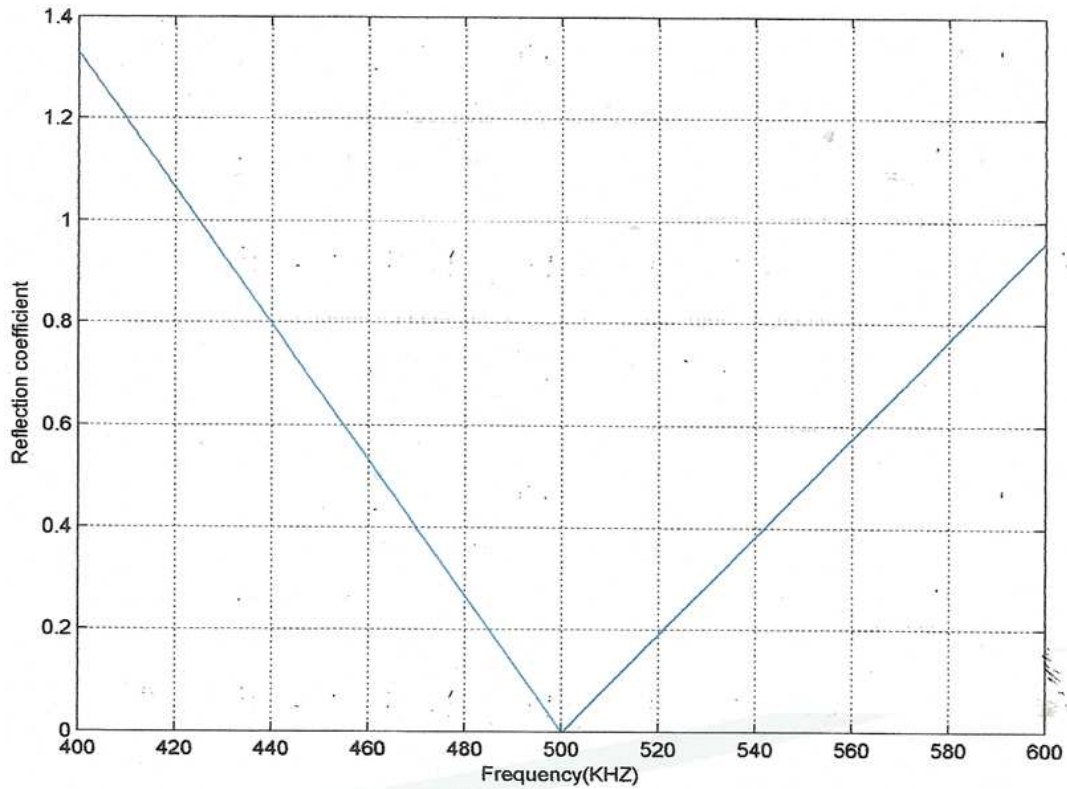


Fig.12: Graph of input reflection coefficient at the frequency of transmission

DATA ANALYSIS

From fig.11 in the input impedance looking into the generator and serves a feed to the matching unit. The result shows the choice of reflection coefficient at 0.358 which is the lowest. This corresponds to the reactances $Z_1 = -6.7116$, $Z_2 = 19.8671$, $Z_3 = -13.3333$. The positive sign indicates inductive reactance, while negative sign indicates capacitive reactance.

Also Fig 12 shows the Bandwidth at the Q factor of 15. The Pi-section network gives the operator control over bandwidth. The bandwidth depends on the value of Q (Q is the quality factor of the impedance network) chosen and the impedance of the transmission line ZG now Zin simulated.

REFERENCES

- [1] Ahmed A. Kishk, Fundamental of Antenna, McGraw Hill.2009
- [2] Sun Y. and J. K. Fidler (1996) Determination of the Impedance Matching Domain of Passive LC Ladder Networks, J. Franklin Institute, vol. 333(B)
- [3] Moris A.S. 2009 Tunable Matching Network Circuit Topology Selection, Patent 2009 0267705A1
- [4] Constantine A. Balanis Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd Edition , Wiley 2010
- [5] Freeman R.L. Telecommunication Transmission Handbook second edition Willey and Son Inc New York. 1981
- [6] K. B. de Brito and R.N. de Lima (2007) Impedance network for an automatic impedance matching system, Proc. Asia-Pacific Microwave Conf. 2007 (APMC 2007), pp 1-4
- [7] Carl J. Rosen. Lead in the Home Garden and Urban Soil Environment. Extension.umn.edu. 2012
- [8] Sun Y. and Lau W.K. (1999) Antenna Impedance Matching Using Generic Algorithm, Proc. IEEE National Conf. Antenna Propag, pp 31 -36.
- [9] Arthur S. Morris and Jeff Hibert (2011) Analytical Algorithm for pi-network impedance tuner,Proc. 2011 IEEE Transactions, Volume 58, issue 12, pp 2894 – 2905.

Design and Simulation of a Sine Wave Inverter with PID Control for Nonlinear Load Applications

Rayyan Azam Khan¹, Liaquat Ali Khan², Farzan Majeed Noori¹, Zareena Kausar¹, and Aaqib Majeed³

¹Department of Mechatronics Engineering, Air University, E-9 PAF Complex, Islamabad 44000, Pakistan

²Department of Mechanical Engineering, Capital University of Science and Technology Islamabad Expressway, Kahuta Road, Zone-V Islamabad 44000, Pakistan

³Department of Electrical Engineering, International Islamic University, Islamabad 44000, Pakistan

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

ABSTRACT: DC to AC Converters generate discrete output wave forms. Mostly, neither the voltage nor the current have the desired wave forms and also produce harmonic, power losses and high frequency noise. The non-sinusoidal wave form will make the electronic equipment to burn early. The loss of power will make the system uneconomical. All this include the poor performance of the existing DC to AC converters. In this paper, pure sine wave with voltage control for nonlinear load applications is presented for single phase full bridge inverter. PWM (Pulse Width Modulation) technique is used to control voltage while pure sine wave obtained by using two techniques one is through band pass filter (as high value inductor are rarely available and also difficult to build thus combination of high pass and low pass filter used) at output and other is by DAC (Digital to Analog Conversion). Moreover, the proposed controller used for output voltage control is PID. It works as voltage controller for inverter control to eliminate the steady state error under heavy load applications. The better sine wave output and reduce steady state error will make this inverter both efficient and economical in terms of energy savings. The experimental results verify the simulation results obtained using Matlab[®] Simulink and Proteus[®].

KEYWORDS: Converters, harmonics, frequency, noise, band pass filter, DAC.

1 INTRODUCTION

Energy crises are of great consideration now-a-days. An inverter with reasonable rating and uniform output can be used to smoothly operate electrical and electronic machines. Majority of inverters available in market have square wave output. Lights and fans can only be operated with them while other electronic devices cannot, as they can damage them [14]. Commercially available sine wave inverters are very expensive and by analyzing the output wave, it is observed that it is not up to the mark as output waveform and voltage not remains constant under nonlinear load conditions. Quality of an inverter is known by the harmonic contents present in output waveform. An ideal inverter must have a fundamental harmonic component at the desired frequency. Square wave inverter contains odd harmonics from which fundamental harmonic component can be obtained by applying higher order filter. Higher order filters in terms of inductors are practically unrealizable, as its mathematical analysis becomes complex and gain of the system decreases drastically [6]. They are widely used for commercial and industrial use like home appliances. The basic design of an inverter [10, 11] involves rectification and inversion modes using bridge technique, PWM technique, converter or a transformer, output filter and a feedback loop for voltage regulation. Analysis of PWM full bridge inverter is explained in [12]. As our main focus was to regulate voltage for nonlinear load conditions, among different topologies like SPWN, SVPWM and many other for implementing sinewave inverter as discussed in [1], due to simple methodology and easy implementation we used two topologies for desired waveform, one is through band pass filter which allows a specific band of frequency and attenuates other frequencies [13], but due to nonlinear output under nonlinear load conditions, DAC (Digital to Analog Conversion) can be used as discussed in

[5]. In band pass filter we used combination of high and low pass filter due to constraints of inductor availability as discussed in [6]. After achieving pure sine wave, PID (Proportional Integral Derivative) is used for regulation of voltage under nonlinear load conditions by controlling PWM [3]. The prior research was on design and simulation of soft start inverter. Soft start inverter was based on variable frequency, to vary output of water pump so that stall current can be decreased. It was only used to power water pump so harmonics in output wave form were considered negligible as discussed in [2]. The process flow of prior methodology is shown in Figure 1. In next section prior methodology is briefly discussed and then in comparison the proposed revised methodology is presented in section 3. In following sections PWM implementation for voltage control and Sine wave generation with PID control of output voltage is explained.

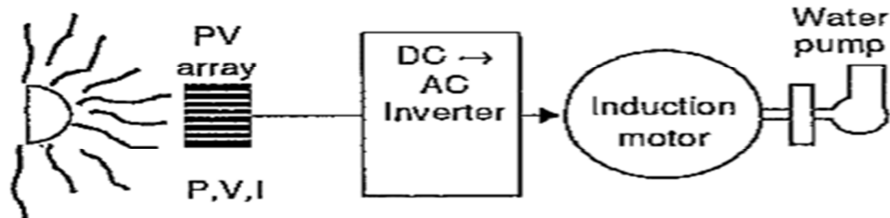


Figure 1: Process flow of the System [2]

2 PRIOR METHODOLOGY

The prior research was based on renewable energy resources in which PV module were used as backup module. The Arduino controller was used to switch H-bridge module operated without feedback. Due to open loop the final output voltage varies between 200-240 AC Volts as backup module voltage varies. Moreover, the output of inverter was step with harmonics, power losses and high frequency noise. The hardware output is shown in Figure 2. This prior designed model was dealing with solar powered submersible pump. Among many available schemes, it consists of a PV panel, a storing backup, a variable-frequency inverter, a charge controller and induction motor coupled with a water pump. The inverter drives the induction motor, which drives the water pump. To obtain maximum output power of the Solar panel, the inverter operated at variable frequency or soft start to minimize stall current of induction motor [2]. As the main aim of project was to control frequency so that output wave form was not given so much importance. Although the output was roughly equal to square wave in Simulink[®] simulation as shown in Figure 3 [3]. The same concept was applied on hardware to drive simple 1hp pump as in case of inductive loads we can ignore harmonics. The output of hardware is shown in Figure 4 which is also square wave.

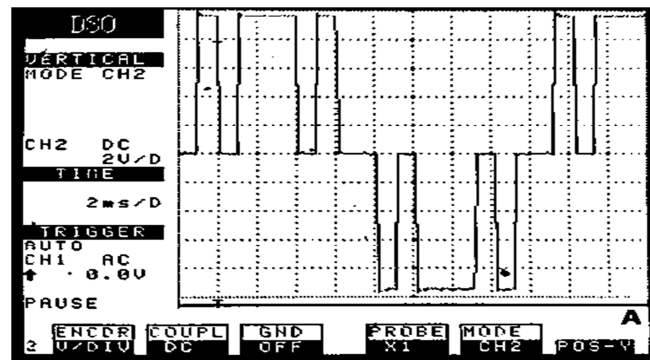


Figure 2: Output response of VFD kit at 20 Hz [4]

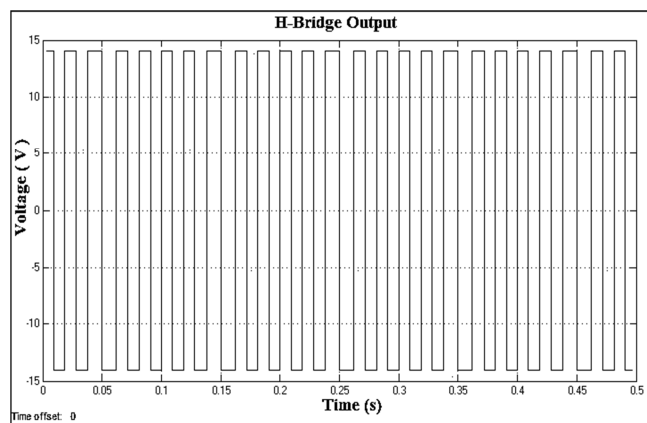


Figure 3: Simulink DC-AC Inverter Bridge output at 60 Hz

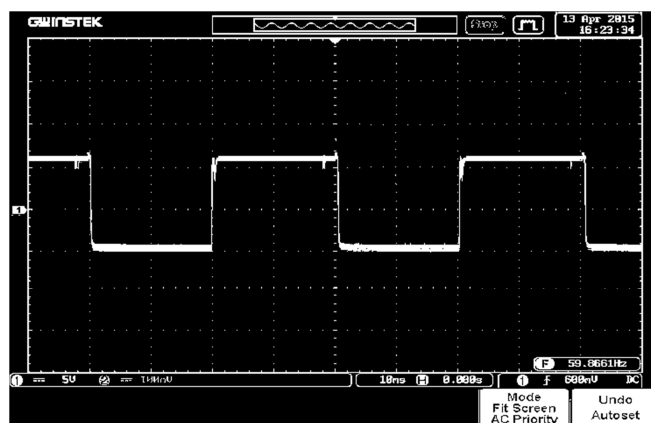


Figure 4: Hardware DC-AC Inverter Bridge output at 60 Hz

For simulation of DC-AC bridge Inverter in Simulink[®] 12V dc battery and four IGBT's (Insulated Gate Bipolar Transistor) were used for full H-bridge circuit. Gate pulse was generated by PWM generator. A linear transformer was used for inductive load. Simulink[®] model of simple inverter is shown in Figure 5.

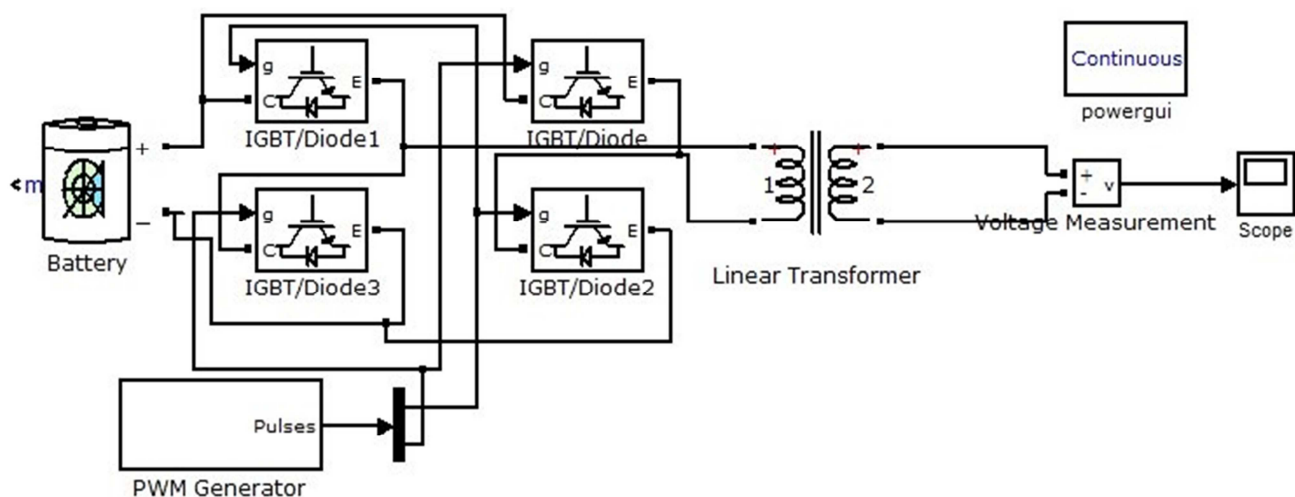


Figure 5: Simulink Model for DC-AC Bridge Inverter

Figure 6 shows process flow of DC-AC bridge inverter. 12 Volt DC from battery is given to SG3525 oscillator circuit which converts it into 220V AC to power Variable frequency drive (VFD) module. VFD module through Arduino UNO R3 controller is used to control PWM of full H-bridge with variable frequency from 5Hz to 50Hz. 75N75 MOSFET is used because of fast

switching speed, high current rating and also economical. The output is then fed into 1200 watt FET module in which six pairs of 75N75 MOSFETs are connected in parallel to increase wattage, each pair gives 250 watts. In last before output a step-up transformer step up the voltage from 12V to 220V AC [4].

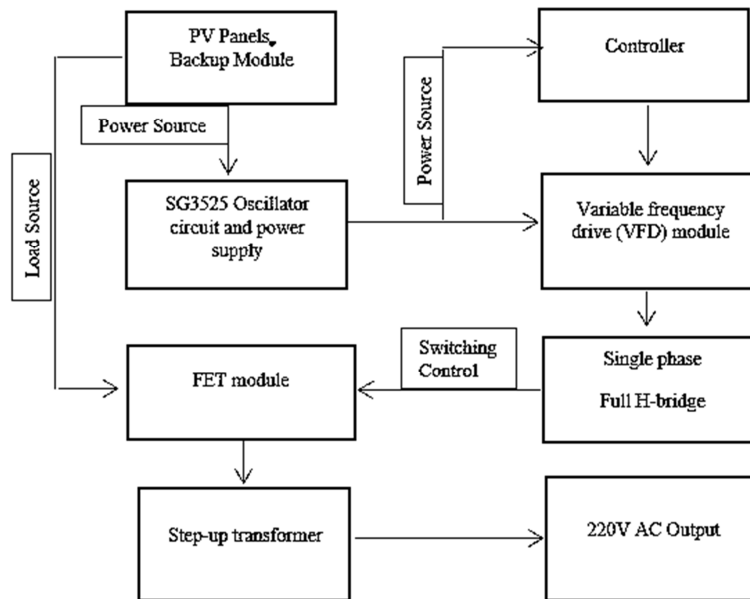


Figure 6: Process flow of DC-AC Bridge Inverter [4]

3 REVISED METHODOLOGY

In revised model the square wave was modified to pure sine wave [16] by using two topologies, band pass filter [6] and DAC [5]. To keep output voltage constant PID controller is used as voltage controller. In designed model backup module is used to give voltage to FET module, Full H-bridge and Controller. PID is used to control voltage of H-bridge by PWM. If voltage vary due to nonlinear load condition or backup module but output voltage must remain constant to specified set point by varying PWM controlled by PID [6]. Figure 7 shows process flow of inverter .12 Volt DC from battery is given to VFD (Variable Frequency Drive) [4] and full H-bridge module. Arduino UNO R3 controller is used to control full H-bridge. IGBT are used because of fast switching speed and high current rating. The output is then fed to band pass filter using high and low pass filter which connects to 1200 watt FET module in which six pairs of 75N75 MOSFETs are connected in parallel to increase wattage, each pair gives 250 watts. In last before output a step-up transformer step up the voltage from 12v to 220v AC. Full H-bridge output is also fed back to controller through ADC (Analog to Digital Conversion) and calibrating for PID control. PID varies PWM to control voltage amplitude [6].

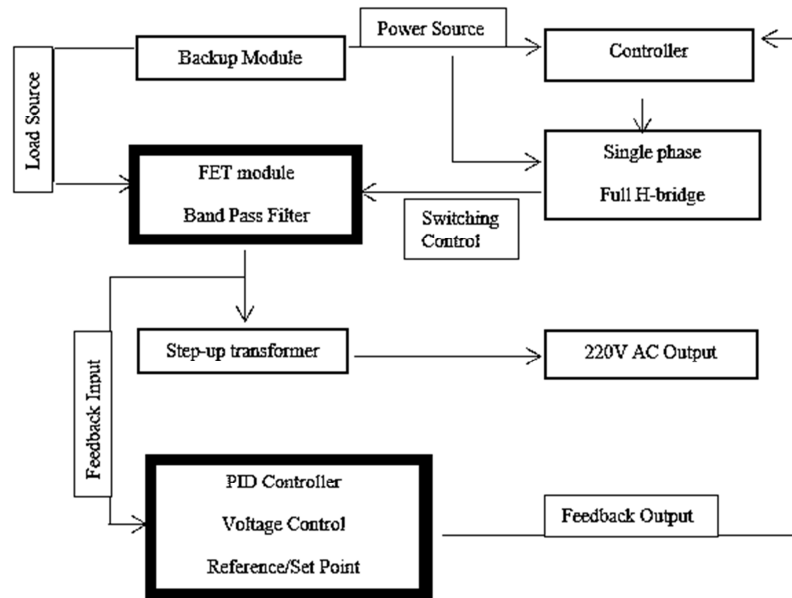


Figure 7: Revised Process flow of Inverter with PID Control

4 PWM FREQUENCY

Frequency of PWM is function of Clock frequency and Prescaler where 256 are the number of samples of ADC such that from 0 to 255. It is shown in equation (1)

$$f_{PWM} = \frac{f_{Clock}}{N \times 256} \quad (1)$$

The frequency of the resulting wave is function of PWM frequency and number of Samples (N_s) as given by equation (2)

$$f_{WAVE} = \frac{f_{PWM}}{N_s} \quad (2)$$

To change the frequency of the sine wave we can:

1. Change PWM frequency (set prescaler or system clock)
2. Change the number of samples

5 MODIFIED SINE WAVE

As shown in Figure 2&3 the output of DC to AC inverter with full H-bridge driver becomes square wave. It contains harmonics which need to be reduced for which we have proposed two methods DAC and Band Pass Filter. These methods [5, 13] are discussed below.

5.1 RESISTOR LADDER

Resistor ladder circuit is one of the way to perform digital to analog conversion (DAC). The most famous networks are the binary weighted ladder and the R/2R ladder. Both topologies will convert digital data in the form of voltage to analog, but the R/2R ladder is more reliable due to accuracy, inexpensive and ease of manufacture. Figure 8 is a diagram of the basic R/2R ladder network with N bits. The "ladder" portrayal comes from the ladder-like topology of the network [15].

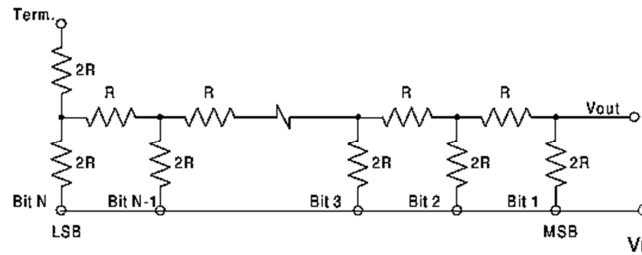


Figure 8: R/2R ladder network for DAC [15, 17]

If all bits connected to V_r , the full-scale output of the network approaches V_r as shown in equation (3) [15, 17].

$$V_r = \lim_{N \rightarrow \infty} (V_r) \sum_{i=1}^N \frac{1}{2^i} \quad (3)$$

For a digital value VAL, of a R-2R DAC of N bits, the output voltage V_{out} [5] is:

$$V_{out} = V_{ref} \times VAL/2^N \quad (4)$$

Where VAL is the step count between 0 to $(2^N - 1)$.

N is the number of input bits.

Practically the output of R/2R ladders is less than V_r , so maximum output of network was calculated using formula shown in equation (5). This equation is used to calculate the full-scale output of an R/2R ladder of N bits [15, 17].

$$\text{Full Scale Output Voltage} = V_r \sum_{i=1}^N \frac{1}{2^i} \quad (5)$$

PWM was generated through DAC and hence sine wave was obtained by passing through low pass filters. Figure 9 shows output of DC to AC inverter through DAC [5] in software.

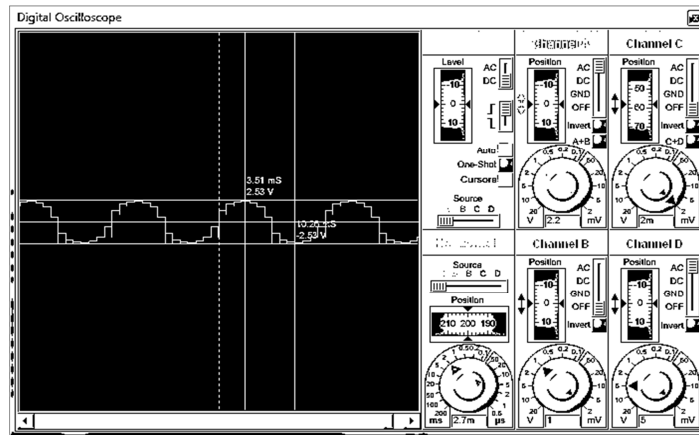


Figure 9: DC-AC Inverter output using DAC in Proteus

5.2 FILTERS

As discussed earlier Square wave or wave generated using DAC contains odd harmonics and it can be reduced by using band pass filters which allows a specific band of frequencies [9]. Higher order filters in terms of inductors are physically unrealizable as its mathematical analysis becomes complex and gain of the system decreases drastically [6]. To overcome this problem, we used combination of high and low pass filter in a way that high pass filter block lower frequencies while low pass filter block high frequencies [13]. In Figure 10 [13] dotted line shows low pass filter while continuous line as high pass filter.

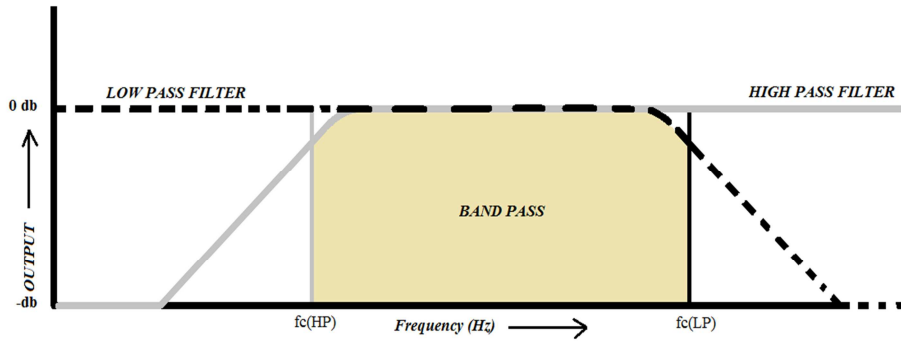


Figure 10: High and Low Pass Filter as Band Pass Filter

5.2.1 BAND PASS FILTER RESONANT FREQUENCY

The “Resonant” or “Centre Frequency” (f_r) point of the band pass filter were the output gain at its maximum or peak value. It is in fact the “geometric” or mean value as shown in equation (6) [13].

$$f_r = \sqrt{f_L + f_H} \quad (6)$$

Where, f_r is the resonant or centre frequency

f_L is the lower -3dB cut-off frequency point

f_H is the upper -3db cut-off frequency point

While doing the mathematical modeling of pure sine wave we have to come across certain parameters that includes:

A capacitors reactance (complex impedance) changes with frequency. A capacitors reactance decreases with increasing frequency, $X_C = 1 / (j2\pi fC)$. The filter passes or block frequency depending upon the calculated components. Good filter should generate smooth waves in desired frequency of sine wave. The equation (7) used for calculating component values.

$$f_{cutoff} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (7)$$

The gain or frequency response of the low or high pass filter is given in equation (8)

$$V_{out} / V_{in} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \quad (8)$$

The phase of the output filter (output voltage with respect to the input voltage) is given in equation (9)

$$\varphi = -\tan^{-1} \omega RC \quad (9)$$

Figure 11 shows Simulink model [8] of DC to AC inverter with band pass filter.

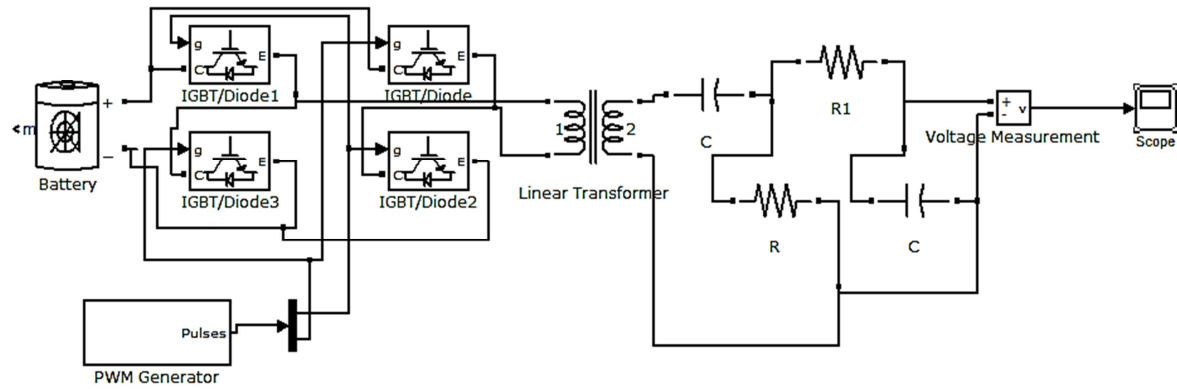


Figure 11: DC-AC Inverter with Band Pass Filter

As discussed in section 3 two methods to obtain sinewave, second is through bandpass filter discussed above. Figure 12 & 13 [8] shows the output of DC to AC Inverter with band pass filter simulated on Simulink and verified on proteus before implementation.

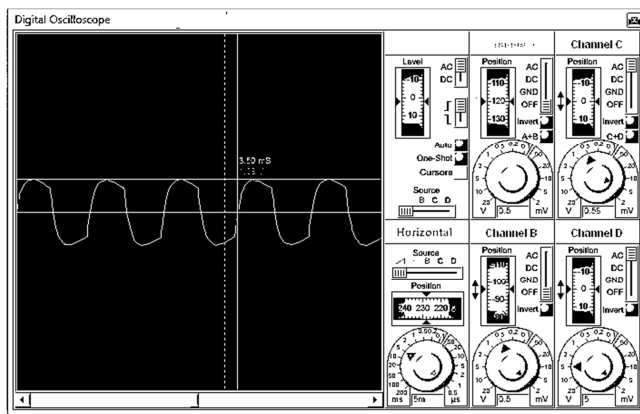


Figure 12: Output with Band Pass Filter on Proteus

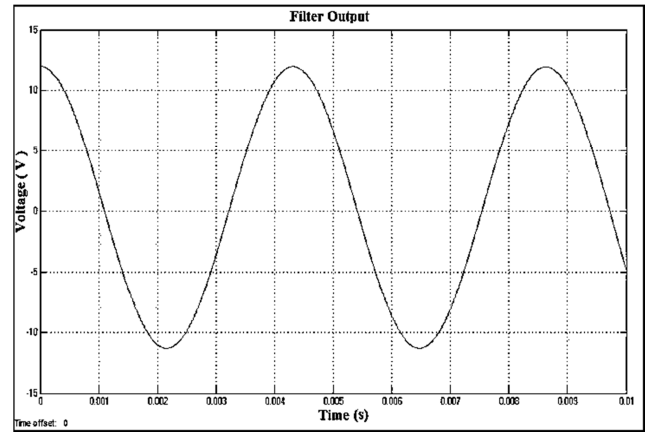


Figure 13: Output with Band Pass Filter

6 PID CONTROLLER

PID Controller (Proportional, Integral, and Differential) is a control method that tries to adjust for characteristics in system. There are three essential components to consider in a PID control algorithm. Each component is prefixed with a gain constant, and when added together, give us the instantaneous control value. Typically, control system is used to control voltage so every component can be considered as contributing a specific voltage to final output. We have voltage component to control that is called a "Process Variable" or **PV**. The **PV** is the value used by PID control to tell current state of the system. **SP** is a set point voltage, the value we want **PV** to attain. Actually, we want PID loop to control system so that **SP** and **PV** becomes equal. **u** is a control voltage, which relates to the instantaneous voltage using towards its **SP** voltage.

The closed loop PID control shown in Figure 14 and PID algorithm in Equation (8).

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d(\tau) + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (8)$$

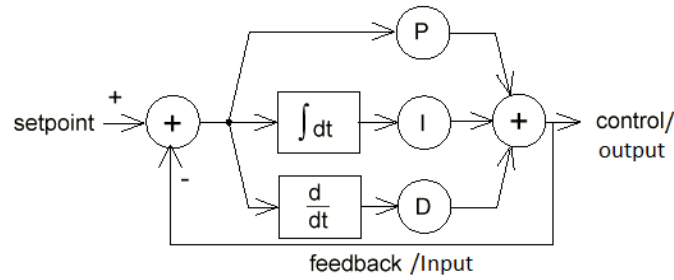


Figure 14: PID Controller (Proportional, Integral, Differential)

There is a proportional, integral and differential part in Equation (8). The constants K_p , K_i , and K_d (2,5,1) are used to set the sign and contribution gain of each part of this equation. $e(t)$ is our proportional “error” compared to SP . t variable is the current time in system. Proportional portion corresponds to how far away our PV is from our SP . The differential part corresponds to abrupt change that is measure of over shoot and if used can reduce the proportional portion, or speed us up if we are experiencing resistance despite our proportional contribution. The integral part corresponds to how long we have been off of the set point. Figure 15 [3] shows the output of DC to AC inverter varying voltage without PID control.

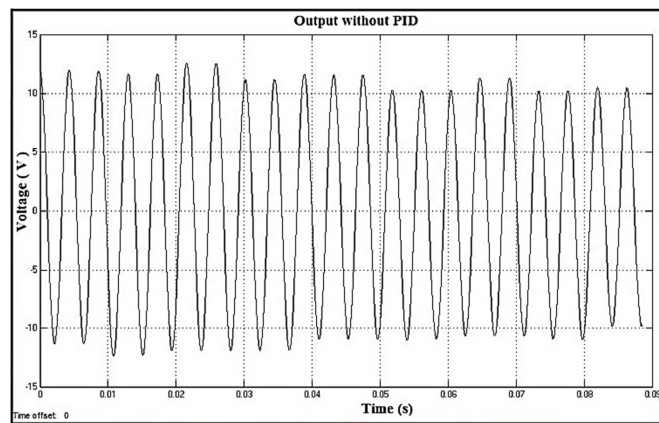


Figure 15: DC to AC Inverter output without PID Control

6.1 CONTROLLING WITH PID

Composing one's own PID control algorithm isn't that difficult, but there are a lot of elements to consider. A good way to begin is with an existing library, set of tools written by manufacturer can be utilized. So we have used an Arduino library of PID control. PID Arduino library and PID Auto tune library were used to control PWM. The desired set point or reference point was given while gain parameters were calculated by PID Auto tune. Figure 16 shows PWM control using PID in Arduino with Channel C as input and Channel D as Output. Figure 17 shows Input, Output and Gain Parameters of PID on virtual terminal of Proteus®.

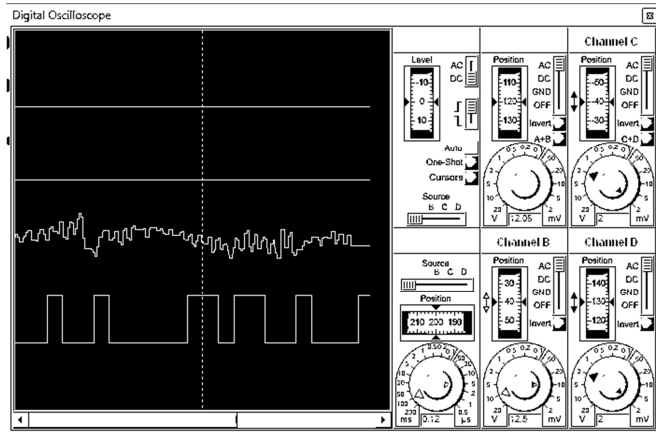


Figure 16: PID as Voltage Control using PWM in Arduino

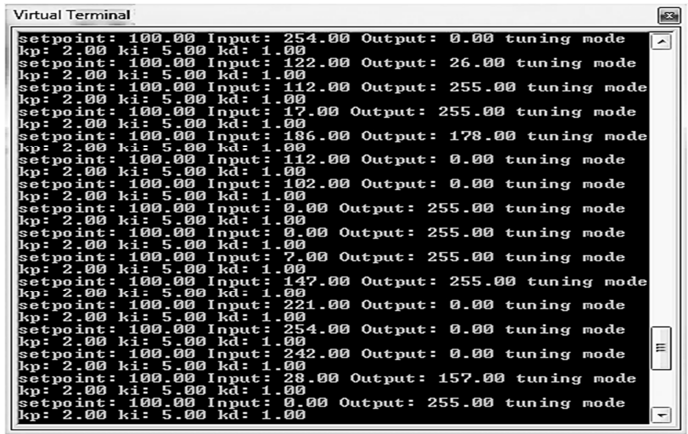


Figure 17: PID parameters with Input and Output on virtual terminal of Proteus

Figure 18 [7] shows a simulation model of DC to AC inverter with PID as voltage control. Output voltage is used as feedback input in ADC and compared with reference voltage, difference is then compared with set point. In response PID is used to control PWM.

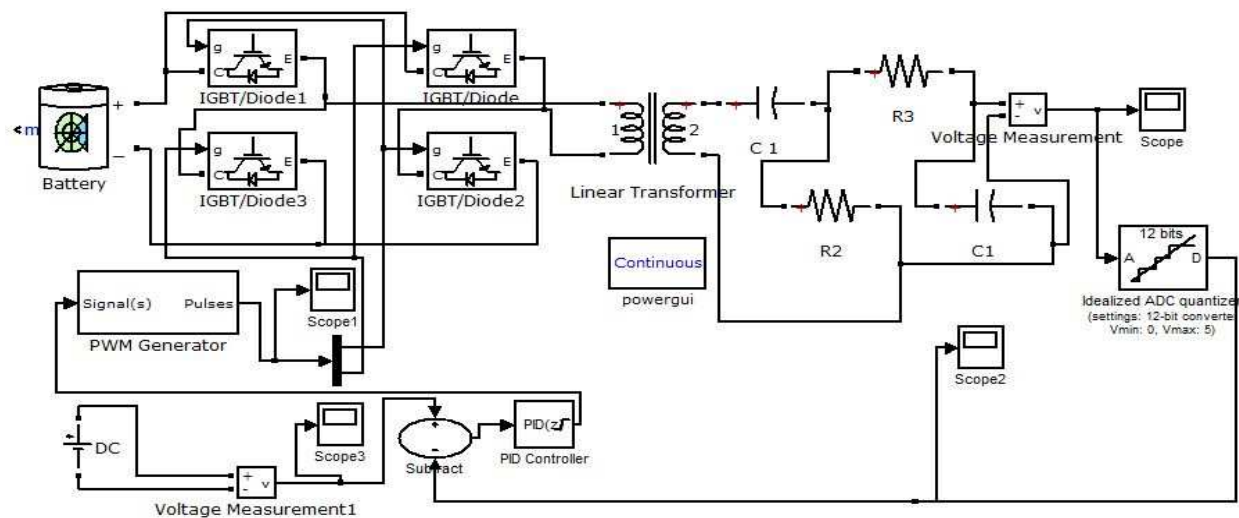


Figure 18: DC to AC Inverter with PID Voltage Control

With PID control amplitude of voltage becomes constant. Figure 19 [3] Shows DC to AC Inverter with PID voltage control output.

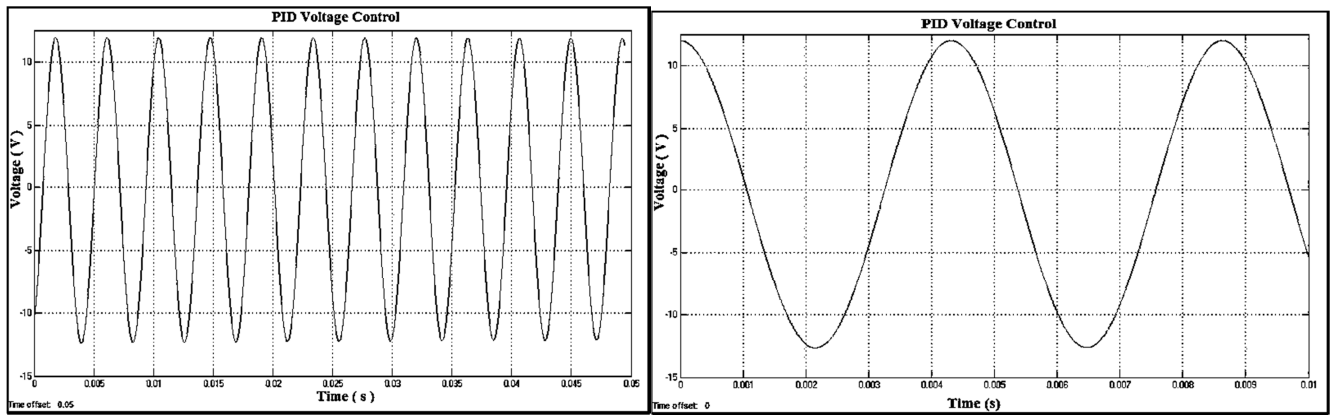


Figure 19: DC to AC Inverter with PID Voltage Control Simulink® Output

Mostly the desired model is restrained to simulation so an additional work was done with hardware implementation using arduino controller built in PID library. Figure 20 [3] shows DC to AC Inverter output with PID voltage control using arduino controller before step-up of 12V AC to 220V AC.

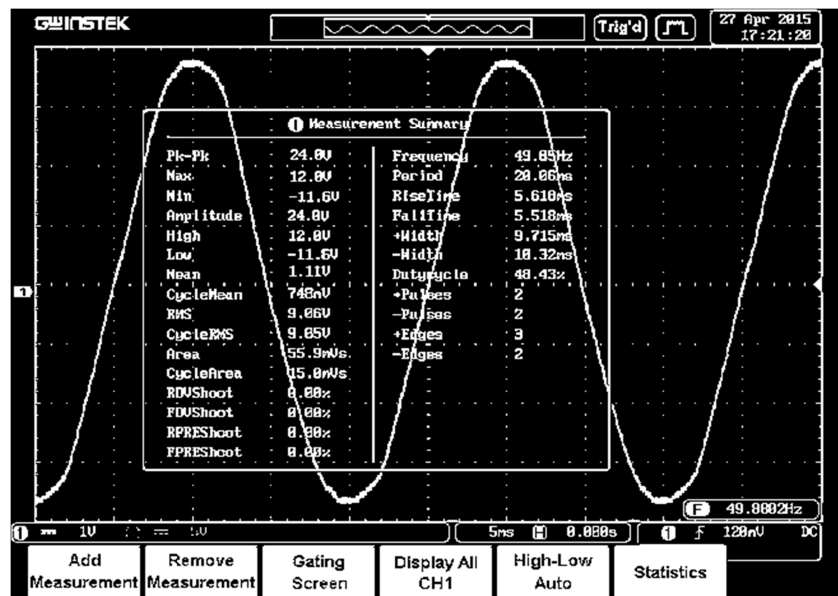


Figure 20: Hardware implementation of DC-AC Inverter with PID Voltage Control using Arduino

7 CONCLUSION

Output voltage of inverter was made constant for nonlinear load conditions using PID controller. Moreover, to obtain sine wave two methods DAC and band pass filter were used, as its results were satisfactory. Before hardware implementation desired model was simulated on Simulink® and verified on Proteus®, hence final results were satisfactory.

8 RECOMMENDATION

MOSFETS were used for DC to AC conversion due to cost constraint and can be replaced with IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) to increase efficiency. Moreover, other types of controller like PIC can be used for switching purpose and fuzzy logic for voltage control.

REFERENCES

- [1] E.Koutroulis, J.Chatzakakis, K.Kalaitzakakis and N.C.Voulgaris, "A bidirectional, sinusoidal, high-frequency inverter design", IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol.148, No. 4, July 2001, pp. 315-318
- [2] Eduard Muljadi, Roger Taylor. PV Water Pumping with A Peak Power Tracker Using A Simple Six Step Square Wave Inverter, National Renewable Energy Laboratory Golden, Colorado,1996
- [3] R. Ramesh, A.John dhanaseely and R.Malar, "Design of Single phase inverter using PID controller for nonlinear load application", International Journal of Innovative Research in Technology & Science, Vol. 2, No 5,ISSN:2321-1156
- [4] Rayyan Azam Khan, Dr.Liaquat Ali Khan, Syed Zahid Hussain, "Design and Simulation of 0.75hp Soft Start AC Water Pump Powered by PV Solar System", Universal Journal of Mechanical Engineering, HRPUB USA, Vol. 3(4), pp. 113-121 DOI: 10.13189/ujme.2015.030401.
- [5] Anuradha S. Kherde, P.R.Gumble, "A Review of Various Trends of Digital-To-Analog Converter with Performance Characteristics and Behavioral Parameters", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Vol. 3, Issue 4, April 2013, ISSN: 2277 128X
- [6] A.Ali Qazalbash, Awais Amin, Abdul Manan, Mahveen Khalid, "Design and Implementation of Microcontroller based PWM technique for Sine wave Inverter", International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2009. POWERENG '09.
- [7] Sandeep Phogat, "Analysis of Single-Phase SPWM Inverter", International Journal of Science and Research (IJSR), Vol. 3 , Issue 8, Aug 2014, ISSN : 2319-7064
- [8] Sridhar Dandin1,Dr.Ashwini Kumari,"Highly Efficient Pure Sine-Wave Inverter for Photovoltaic Applications with MPPT Technique", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3 , Issue 5, May 2014, ISSN: 2278-0181
- [9] Jiri Lettl, Jan Bauer, Libor Linhart, "Comparison of Different Filter Types for Grid Connected Inverter", PIERS Proceedings, Marrakesh, MOROCCO, March 20-23, 2011
- [10] YING-YU, T., and SHIH-LIANG, J., "Full control of a PWM DC AC converter for AC voltage regulation", IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst, 1998, 34, (4), pp. 1218–1226
- [11] Bonert, R. and Chen, J., "Load Independent DC/AC Power Supply for Higher Frequencies with Sine-wave Output", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA- 19, No. 2, March/April,1983 pp. 223-227.
- [12] S.R. Narayana Prakash, P.V. Ananda Mohan, B.S.R. Iyengar, "A new sinewave inverter with high frequency link and synchronous rectification using power MOSFETs", IEEE Power Electronics Specialists Conf. San Antonio,Texas, U.S.A., June 11-14, 1990
- [13] Young-Joon Ko, Jong-Heon Kim, Bok-Ki Kim, "A Novel Approach for the design of a band pass filter with attenuation poles using a linear Relationship", IEICE TRANS.ELECTRON., Vol. E82-C,No.7 July 1999
- [14] Abdolreza Esmali, Fazel Tavassoli, "A Novel Passive Filter to Reduce PWM Inverters Adverse Effects in Electrical Machine System", World Applied Sciences Journal 13 (12): 2536-2544, 2011 ISSN:1818-4952.
- [15] David Marche , Yvon Savaria , "Modeling R-2R Segmented-Ladder DACs", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS—I: REGULAR PAPERS, VOL. 57, NO. 1, JANUARY 2010
- [16] Aftab Rafeeq, Atta-ur-Rehman, Bilal Masood, "Pure Sinusoidal PWM Signal Generation Technique for Three Phase Voltage Source Inverter with Simulation of PWM Inverter", Superior University, Pakistan.
- [17] T Teletronics R/2R Ladder Networks
[Online] Available: http://www.ttelectronicsresistors.com/pdf/application_notes/LADDERNETWORKS.pdf

Selection of Suitable Particle Size, Pellet Diameter of Coco Peat, Type of Fertilizer and Rate of Fertilizer Mix for Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Nurseries

Galahitigama GAH

Department of Crop Science, Faculty of Graduate Studies, University of Ruhuna, Matara, Sri Lanka

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

ABSTRACT: This study was conducted to select the best particle size of coco peat for green house tomato nurseries and develop the easy use compressed coco peat pellets mixed with fertilizer for nurseries of tomato. The experiment was carried out in International Foodstuff Company and Faculty of Agriculture, University of Ruhuna, Sri Lanka during 2015 to 2016. Under experiment one, three types of different particle sizes were used; namely fine ($\leq 0.5\text{mm}$) (T2), medium ($3\text{mm}-0.5\text{mm}$) (T3) and coarse ($4\text{mm}<$) (T4) with normal coco peat (T1) as treatments. Complete Randomized Design (CRD) used as experimental design with five replicates. Germination percentage, number of leaves per seedling, seedling height in frequent day intervals was taken as growth parameters. Analysis of variance procedure was applied to analyze the data at 5% probability level. The results revealed that medium size particle media (sieve size $0.5\text{mm}-3\text{mm}$) of coco peat was the best particle size for tomato nursery practice, when considered the physical and chemical properties of medium particles of coco peat. In the experiment of selecting of fertilizer and mixing rate of fertilizer; Yara mix fertilizer was better than Albert's solution. However type of fertilizers and diameters of the pellet, were not significantly affect for germination, but pellets which 32mm in diameter with mixed 5.5g/kg Yara mix fertilizer combination was shown significantly high vegetative growth.

KEYWORDS: Coco peat pellet, Fertilizer, Green house, Particle size, Tomato.

1 INTRODUCTION

Controlled Environment Agriculture (CEA) is a total concept of modifying the natural environment for optimum plant growth. This concept has been carried forward to the extent of supplying the optimum aerial and root environment to optimize plant growth. Factors such as control of temperature, relative humidity and composition of the atmosphere and protection from rain, insects can be functions of CEA along with the supply of optimum levels of moisture, air and nutrients to the root zone. [1]. CEA is a total concept of modifying the natural environment for optimum plant growth. CEA is a potential area to boost the production.

Tomatoes are important crop which are grown in protected agriculture systems. However to get an optimum production from tomatoes, it is essential to establish strong nursery plants. At the initial stage of plant growth different factors are affecting plant development such as seed vigor, moisture content, substrate conditions, environmental conditions etc. Among these factors substrate condition directly affect to the plant development. [2] According to the substrate the moisture content, bulk density and porosity are being changed. Researchers have tried to provide the perfect growth media for nursery production by characterizing the physical properties of different media. The physical quality of these mixes is dependent on the substrates ability to store and supply air and water. The physical components that are important to quality media include: pore size, porosity, water-holding capacity, hydraulic conductivity, aeration porosity, and bulk density. Bulk density is an important factor to consider in interpreting the physical and chemical properties of media on a volume basis. Bulk density of soilless media are low, therefore additions of sand are usually added to increase weight [3], [5], [6]. Increasing bulk density provides support to the plant in lightweight containers. [5] also found that shrinkage and settling in a pot will increase bulk density. Considering these facts this experiment was done to investigate the suitable particle size, effect of pellet diameter, fertilizer type and mixing rate of fertilizer on nursery stage of tomato.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 EXPERIMENT (1): IDENTIFICATION OF SUITABLE PARTICLE SIZE OF COCO PEAT FOR TOMATO

The experiment was carried out in International Foodstuff Company, Embilipitiya and Faculty of Agriculture, University of Ruhuna, Sri Lanka under protected condition. Three types of different particle sizes were used with normal coco peat (control) treatment.

Normal coco peat (control) = T1

Fine particle ($\leq 0.5\text{mm}$) = (T2)

Medium particle (3mm-0.5mm) = (T3)

Coarse particle (4mm<) = (T4)

Before start the experiment, Bulk density, air filled porosity, water holding capacity, pH, Cation Exchange Capacity (CEC) and Electrical Conductivity (EC), were measured of an in treatment. Then four treatments (general coco peat, fine particles, medium particles and coarse particles) were wetted by using equal an amount of water. The tomato nursery trays were filled by using above wetted four materials. The experimental design was arranged according to complete randomized design (CRD) with five replicates. After arranging experimental units, tomato seeds (Var. Rub) were sown in each replicates and covered with black polythene to control the light penetration. Daily watering was applied up to germination. Two days after germination fertilizer application schedule was started.

Albert's solutions were used as fertilizer, at first, stock solution was prepared. The electrical conductivity and pH of the stock solution was 60mS/cm and 5.8 respectively. Working solution was prepared from stock solution the electrical conductivity and pH values of that solution were 1.8mS/cm and 5.8 respectively. These tomato seedlings were adapted for above working solution within 15 days. Therefore following dilution and application procedure were used.

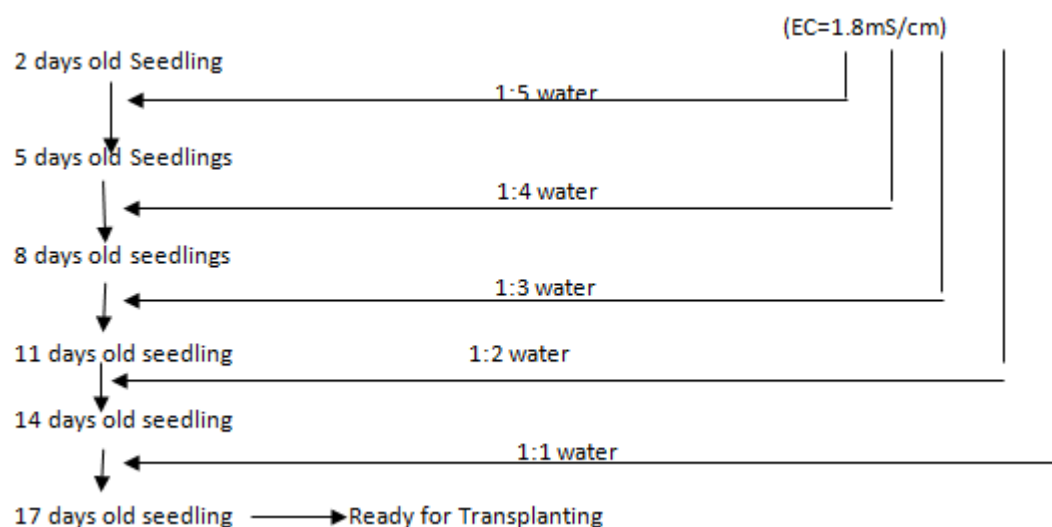


Figure 1: Nutrient application pattern for tomato nurseries

Germination percentage was recorded after 5 days of seed sowing and other growth parameters such as seedling height and number of leaves per seedling were recorded at 2 days, 5 days 8 days 11 days 14 days and 17 days after germination.

2.2 EXPERIMENT (2): SELECTION OF BEST PELLET DIAMETER OF COCO PEAT, TYPE OF FERTILIZER AND RATE OF MIX FOR GREENHOUSE VEGETABLE NURSERIES

According to the results of experiment 1, the best particle size of coco peat was medium size particles for tomato nurseries. Therefore medium size particles were used for rest of the nursery trials. The main objectives of this experiment were found out suitable pellet diameter, fertilizer and rate of mix of fertilizer for tomato. Initially, two different fertilizer grades (Albert's fertilizer, $10.6\text{N}+9.3\text{P}_2\text{O}_5+16.3\text{K}_2\text{O}+2.25\text{MgO}+11\text{CaO}$) and Yara PG mix fertilizer, $(10\text{N}+15\text{P}_2\text{O}_5+15\text{K}_2\text{O}+5\text{MgO}+9\text{CaO})$ were selected as nursery fertilizer and mixed with three levels (5.5g/1kg of coco peat,

11g/1kg of coco peat and 16.5g/1kg of coco peat) of each fertilizer grade into medium size coco peat which is best particle size of coco peat selected from experiment 1. The coco peat that enriched with above fertilizer rates were used to produce three diameter sized (32mm, 38mm and 42mm) pellet. The pellets were produced using manual pressure equipment and biodegradable rapping material was used for rapping. According to the above procedure, the following treatments were created.

Table 1: Combination of different types of fertilizer and rate of mixed and diameter of pellets (treatment combination)

Pellet diameter (mm)	Type of fertilizer and rate of mixed (g/kg)	Treatment code
32	Albert's, 5.5	T ₁
32	Albert's, 11.0	T ₂
32	Albert's, 16.5	T ₃
32	Yara PG mix, 5.5	T ₄
32	Yara PG mix, 11.0	T ₅
32	Yara PG mix, 16.5	T ₆
38	Albert's, 5.5	T ₇
38	Albert's, 11.0	T ₈
38	Albert's, 16.5	T ₉
38	Yara PG mix, 5.5	T ₁₀
38	Yara PG mix, 11.0	T ₁₁
38	Yara PG mix, 16.5	T ₁₂
42	Albert's, 5.5	T ₁₃
42	Albert's, 11.0	T ₁₄
42	Albert's, 16.5	T ₁₅
42	Yara PG mix, 5.5	T ₁₆
42	Yara PG mix, 11.0	T ₁₇
42	Yara PG mix, 16.5	T ₁₈

Above 18 treatments (T₁-T₁₈) were laid in nursery trays. The treatments were arranged according to the factorial complete randomized design with five replicates and applied water. Then pellets were expanded and allowed one hour for drain out excess water. Tomato (var. Ruby) seeds were sown in the pellets and watered. All the trays were covered using inner black and outer white polythene for maintaining moisture and dark condition to induce germination. Daily watering was practiced up to germination. Just after germination polythene was removed. After five days of seed sowing germination percentages were recorded and then numbers of leaves per plant, seedling height were measured once a week up to three weeks as growth parameters. All the data were analyzed using ANOVA procedure.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 EFFECT OF DIFFERENT PARTICLE SIZES ON TOMATO SEED GERMINATION, NUMBER OF LEAVES PER SEEDLING AND SEEDLING HEIGHT

According to the analysis of variance of germination percentages of tomato seeds, significant ($p \leq 0.05$) variation was observed among the three different particle sized (fine particles of coco peat, medium particles of coco peat and coarse particles of coco peat) media of coco peat at 3, 4 and 5 days after seed sowing. Significantly highest seed germination percentages (32% at 3 days, 70% at 4 days and 92% at 5day) (Figure 2) were observed in medium sized particle media at 3, 4 and 5 days after seed sowing compared to the fine and coarse particles respectively. The lowest seed germination percentages (10% at 3 days, 42% at 4 days and 63% at 5 days) were observed in fine particle sized coco peat medium at 3, 4 and 5 days after seed sowing (Figure 2).

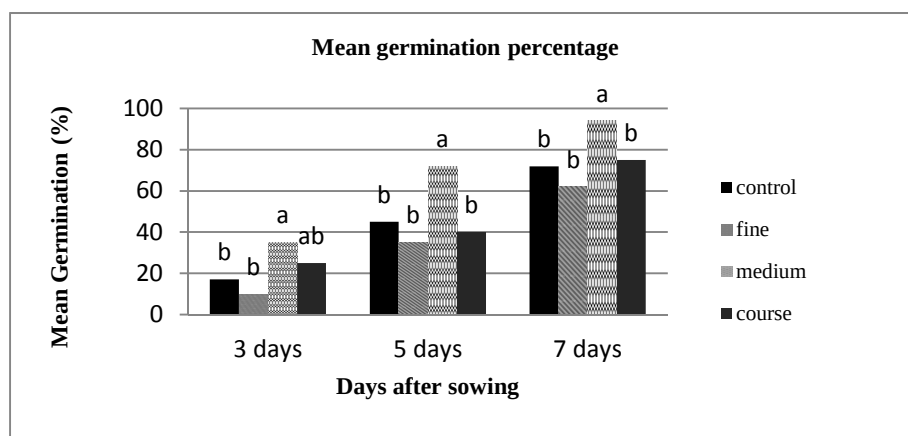


Figure 2: Changes of mean germination percentages of tomato seed in three different particle size of coco peat within 5 days after seed sowing. Bars represented by the same letter are not significantly different at $\alpha \leq 0.05$

The number of leaves of tomato seedlings was not significant ($p \leq 0.05$) among the three different particle sizes of coco peat up to 8 days after germination. But significantly highest mean number of leaves/seedling (4.2 at 11day, 5.2 at 14 days and 7.2 at 17 days) were observed in medium particle sized media (sieve size 0.5mm -3mm), followed by coarse particles (sieve size 3mm - 8mm) and fine particles (fine ≤ 0.5 mm) at 11, 14 and 17 days after germination. Also same pattern was observed in variation of seedling height of tomato. According to the results of height of tomato seedlings, there was not significantly ($p \leq 0.05$) difference among the seedling heights which was grown in three different particle size of coco peat up to 11 days after germination. But at 14 days and 17 days after germination, significant difference was observed among the seedling heights of different coco peat particle sizes. The significantly highest seedling height (14.8cm at 14 days and 17.2cm at days) were observed in medium size particle media (sieve size 0.5mm -3mm) at 14 and 17 days after germination compared to the fine and coarse particle sizes. The height of the seedlings which were grown in fine and coarse particles was shown same height changes during nursery period of tomato. According to the results medium size particle media (sieve size 0.5mm -3mm) of coco peat was the best particle size for tomato nursery practice, when considered the physical properties of medium particles of coco peat; it had moderate bulk density (108.29g/l) comparing with fine (164.3g/l) and coarse (53.82g/l) as a results, coarse particle contains more macro pores and retain low moisture amount and high air content [9] as a results required amount of water for seed germination is less in coarse particle media, it may be a reason for lower germination percentages of tomato seeds. Other growth performances such as number of leaves/seedling, seedling height of tomato were higher in medium sized particle media comparing with fine and coarse media, because of that medium sized media maintains moderate bulk density (108.29g/l) and moderate water holding capacity (550ml/l), good air filled porosity (25%) and best pH 6.1. When increase the bulk densities of substrates reduce the pore spaces for air [7] as a result, retain higher moisture content and low O_2 for root growth hence, nutrient absorption is low [8] Also significantly higher EC and CEC was observed in fine particle media, when increase the EC, soluble salt content in the media is increase [4] it makes the stress on vegetative growth of seedlings, this effect can be seen in fine particle media, this may be the reason for lower number of leaves per seedling and low seedling height in fine media. Also in opposite way, coarse particles contain lowest bulk density hence it maintains more spores for air and low water and contains low CEC. It reduces the growth performances (no leaves/seedling and height of seedling).

3.2 EFFECT OF PELLET DIAMETER, FERTILIZER TYPE AND MIXING RATE OF FERTILIZER ON NURSERY STAGE OF TOMATO

Germination percentages of tomato seeds was not significantly ($p \leq 0.05$) affected on interaction among the fertilizer type, mixing rate of fertilizer and diameter of the pellets. Germination percentage of tomato was significantly ($p \leq 0.05$) affected on only rate of fertilizer mixed. Significantly ($p \leq 0.05$) highest germination percentage (97.2%) was observed at the rate of 5.5g/kg of fertilizer in both PG mix fertilizer and Albert's fertilizer mixture (Figure 3a)

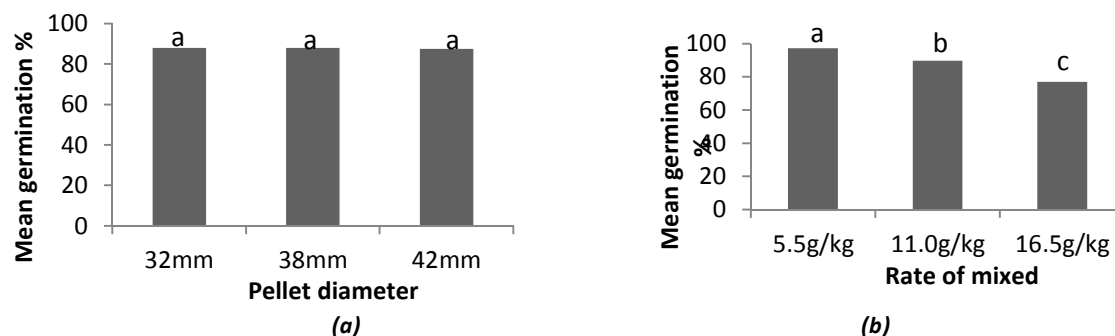


Figure 3: Changes of mean germination percentages of tomato seed in different types of fertilizer, diameter of pellets and rate of mixed 7 days after seed sowing. Bars represented by the same letter are not significantly different at $\alpha \leq 0.05$

When increasing the mixing rate of fertilizer, germination percentage of tomato was significantly ($p \leq 0.05$) decreased as 89.7% and 76.9% for 11g/kg and 16.5g/kg respectively. However, no significant difference was observed (87.8%, 87.9% and 87.4%) in three different diameters of pellets. Fertilizers are soluble salts, when increase the rate of mixed of fertilizer; EC of the coco peat is increased. As a result water absorption by the seed is decrease due to high osmotic pressure [10]; hence germination percentage is reduced, this is a reason for descending order of germination percentages when increase the rate of mix of fertilizer. Number of leaves of tomato seedling was significantly ($p \leq 0.05$) affected on main effect of three factors (types of fertilizer, mixing rates of fertilizer and diameter of the pellets). There were no any interaction effect of three factors on number of leaves per seedling of tomato during nursery period (3 weeks after germination), the highest number of leaves per seedling at first week (2.13), second week (3.17) and third week (5.13) in PG mix fertilizer respectively (Figure 4a). Mixing rate of 5.5g/kg showed significantly ($p \leq 0.05$) higher number of leaves in tomato seedling at first week (2.24), second week (3.11) and third week (5.06) respectively. Also comparing with 38mm and 42mm diameter pellets, 32mm pellet showed significantly ($p \leq 0.05$) higher number of leaves (5.07) per seedling of tomato (Figure 4b)

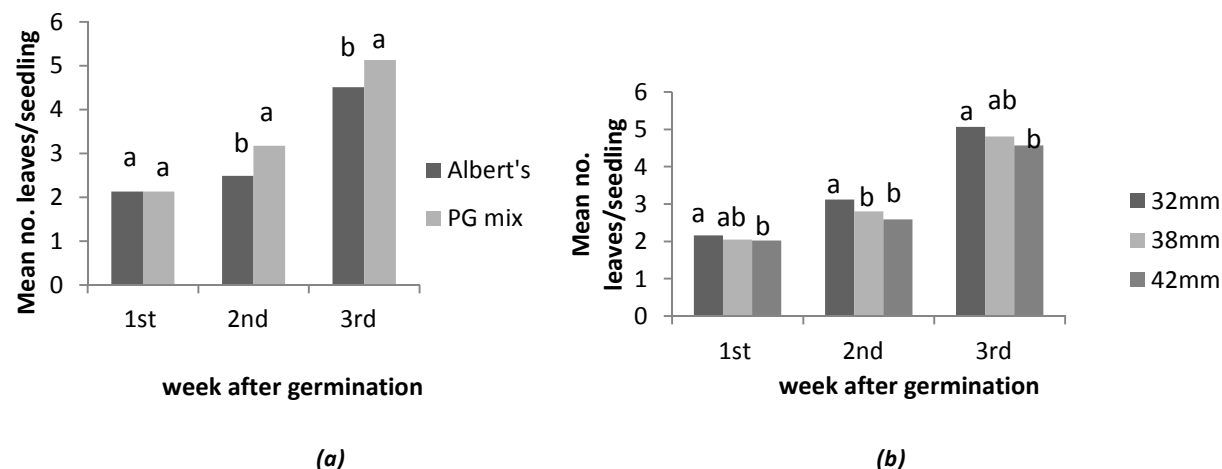


Figure 4: Changes of mean no. of leaves/seedling of tomato seedlings in (a) rate of mixed (b) different types of fertilizer at 1st, 2nd and 3rd weeks after seed germination. Bars represented by the same letter are not significantly different at $\alpha \leq 0.05$

Results revealed that seedling height of tomato was significantly ($p \leq 0.05$) affected only on three factor interaction (types of fertilizer * mixing rates * diameter of pellet) of the experiment at first, second and third weeks after germination. Significantly highest seedling height was observed in treatment of 32mm diameter pellets with PG mixed fertilizer at the rate of 5.5g/kg. They were 4.49cm, 7.98cm and 12.28cm respectively (Figures 5). When considered the nutrient composition of Albert's and PG mix fertilizers, potassium content relatively high in Albert's solution; its makes stress on vegetative growth parameters such as no of leaves per plant and height of seedling, Also P_2O_5 content is high in PG mix fertilizer with compared to Albert's fertilizer it helps to develop the root mass of seedlings. Therefore no of leaves per plant and seedling height of tomato is relatively high in seedlings that grown in PG mix fertilizer. When increase diameter of the pellet, rooting media volume per seedling is increased as a result root mass will be increased and areal parts of the seedlings will be reduced. It

may be a reason for reducing no of leaves per seedling and height of seedling of tomato when increase the diameter of the coco peat pellet.

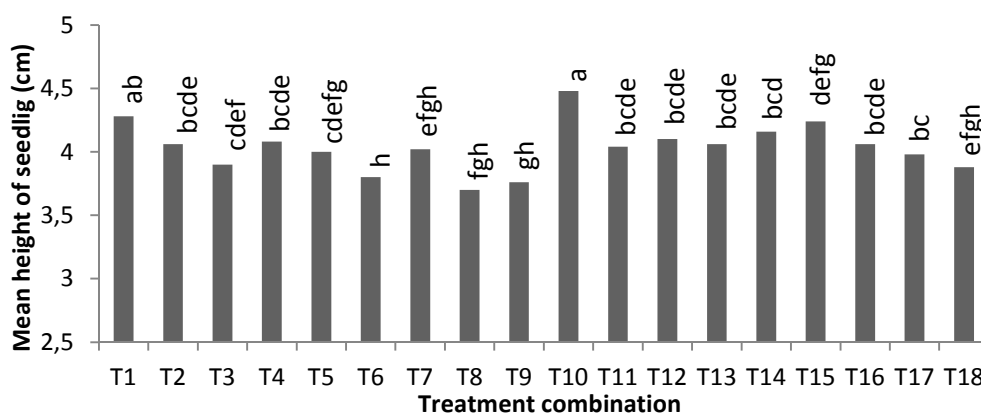


Figure 5: Changes of mean seedling height of tomato in different types of fertilizer, diameter of pellets and rate of mixed 1st week after seed germination. T₁-T₁₈ - Combination of different levels types of fertilizer, diameter of pellets and rate of mixed (refer to table 1) Bars represented by the same letter are not significantly different at $\alpha \leq 0.05$

4 CONCLUSION

According to the results medium size particle media (sieve size 0.5mm -3mm) of coco peat was the best particle size for tomato nursery practice, when considered the physical and chemical properties of medium particles of coco peat. In the experiment of selecting of best pellet diameter, type of fertilizer and mixing rate of fertilizer, for enriching nursery media, PG mix fertilizer was better than Albert's solution. For tomato seed germination which was not significantly depended on the factors of type of fertilizers and diameters of the pellet, but significantly highest germination percentage was recorded at 5.5g/kg rate of mixed comparing with 11.0g/kg and 16.5g/kg rates of mixed. The pellets which 32mm in diameter with mixed 5.5g/kg PG mix fertilizer combination was shown significantly highest tomato seedling height.

REFERENCES

- [1] Argo, W.R. and Biernbaum. J.A. Root-medium nutrient levels and irrigation requirements of poinsettias grown in five root media. HortScience, Vol-30, pp. 535-538, 1995.
- [2] Benton J.J, Hydroponics (A practical guide for the soilless growers), 2nd edn, Chemical Rubber Company press, pp. 15-19, 2005.
- [3] Brown, E.F. and Pokorny. F.A. Physical and chemical properties of media composed of milled pine bark and sand. Journal of the American Society for Horticultural Science, vol-100, pp. 119-121, 1975.
- [4] Evans, M.R., Konduru, S. and Stamps. R.H. (1996) Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. HortScience, vol-31, pp. 965-967, 1996.
- [5] Fonteno, W.C., Cassel, D.K. and Larson, R.A. Physical properties of three container media and their effects on poinsettia growth. Journal of the American Society for Horticultural Science, vol-106, pp. 736- 741, 1981.
- [6] Hanan, J.J. Bulk density, porosity, percolation and salinity control in shallow, freely draining, potting soils. Journal of the American Society for Horticultural Science, vol-106, pp. 742-746, 1996.
- [7] Handreck, A.K. Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting media. Communications in Soil Science and Plant Analysis, vol-24(3&4), pp. 349-363, 1993.
- [8] Meerow, A.W. Growth of two tropical foliage plants using coir dust as a container media amendment. Hort technology, vol-5, pp. 237-239, 1995.
- [9] Raviv M., Medina S., Krasnovsky A. & Ziadna H. The Use of Compost as a Peat Substitute for Organic Vegetable Transplants Production. Vol-12, Issue 4. Pp.6-10, 2004.
- [10] Waters, W.E., Llewellyn, W. and Nesmith, J. The chemical, physical, and salinity characteristics of twenty-seven soil media. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, vol-82, pp. 482-488, 1970.

