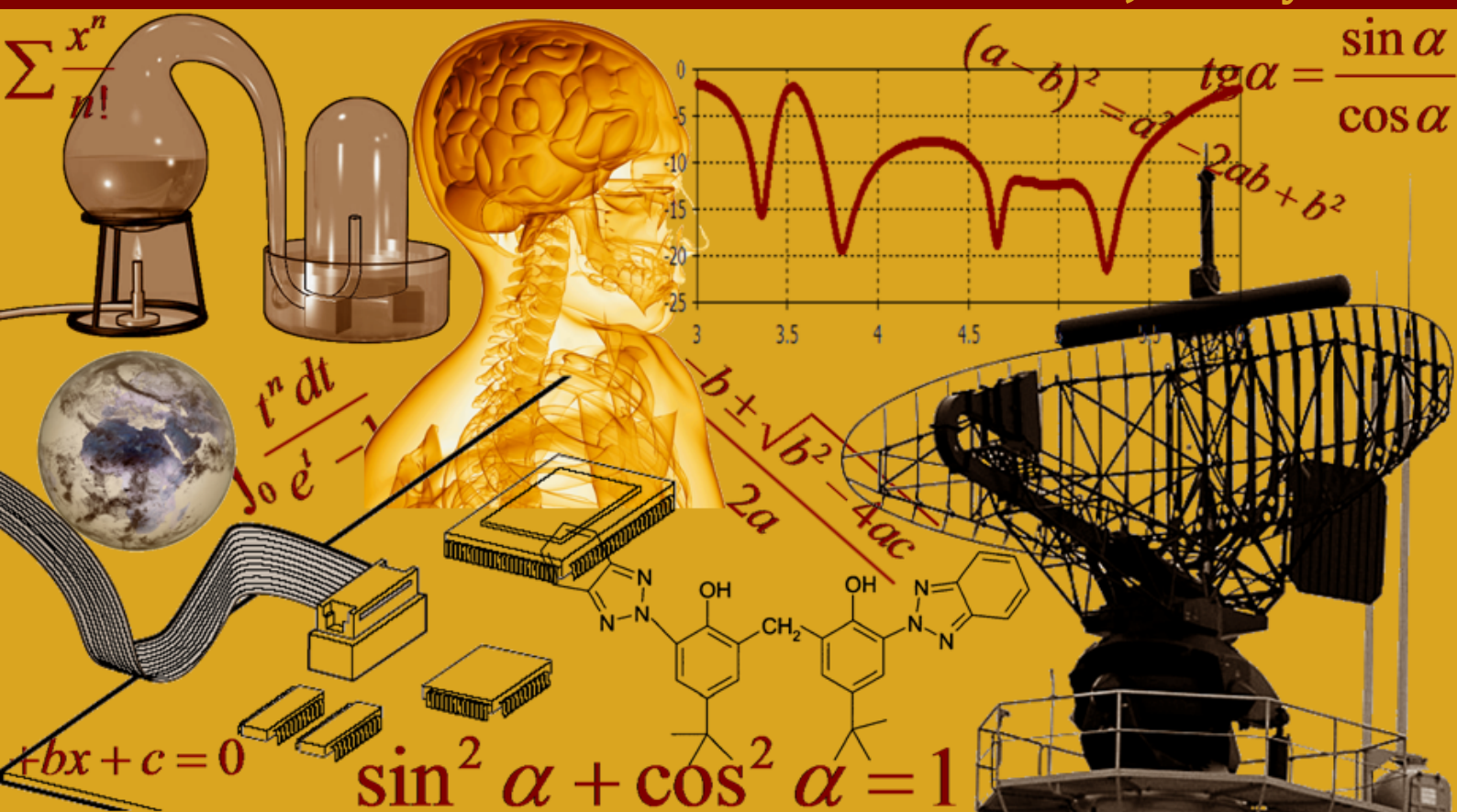


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 28 N. 2 January 2017



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

PREVALENCE ET FACTEURS DE RISQUE DE L'INFECTION A CHLAMYDIA TRACHOMATIS CHEZ LA FEMME CAMEROUNAISE DANS L'HOPITAL DE DISTRICT DE NKOLDONGO A YAOUNDE	87-92
An Improved Cloud Storage Access Control using JAAS on Stack of Kerberos Protocol	93-100
IDENTIFICATION NUMERIQUE D'UN BIOMATERIAU AORTIQUE	101-109
The Mathematical Formulation of Laplace Series Decomposition Method for Solving Nonlinear Higher-Order Boundary Value Problems in Finite Domain	110-114
Aspects thérapeutiques et pronostiques des sarcomes utérins: à propos de 12 cas de l'Institut National d'Oncologie de Rabat	115-120
Activité antiplasmodiale des plantes médicinales d'Afrique de l'Ouest: Revue de la littérature	121-129
IMPACT DES TYPES DES CREDITS SUR LE REVENU DES MENAGES RIZICOLES DANS LE REGION DE NORD OUEST DU CAMEROUN	130-143
Mapping of Mammalian Purkinje Network on an Electrically Equivalent Circuit	144-151
Kählerian structure associated to de Sitter group	152-155
ANALYSE DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX DU LOTISSEMENT DES RIVES DU LAC KIVU ET L'IMPLICATION DES AUTORITES ADMINISTRATIVES DANS LA PROTECTION ENVIRONNEMENTALE: CAS DE LA VILLE DE BUKAVU	156-170

PREVALENCE ET FACTEURS DE RISQUE DE L'INFECTION A *CHLAMYDIA TRACHOMATIS* CHEZ LA FEMME CAMEROUNAISE DANS L'HOPITAL DE DISTRICT DE NKOLDONGO A YAOUNDE

[PREVALENCE AND RISK FACTORS OF *CHLAMYDIA TRACHOMATIS* IN CAMEROONIAN WOMEN ATTENDING THE NKOLNDONGO DISTRICT HOSPITAL IN YAOUNDE]

Marie Chantal NGONDE¹⁻², Sara MINKA¹⁻⁴, Chélea MATCHAWE¹, Emmanuel NNANGA³, Nyemb NYUNAI¹, Jean BICKII¹, Edward NDZI¹, Rodrigue DONGANG¹, and Roger Somo-Moyou³

¹Institut de Recherches Médicales et d'Etudes des Plantes Médicinales (IMPM),
Centre de Recherches Médicales, B.P.6163 Yaoundé, Cameroun

²Centre Hospitalo-Universitaire, Yaoundé, Cameroun

³Faculté de Médecine et Sciences Biomédicales, B.P.8445 Université de Yaoundé I, Cameroun

⁴Hôpital Général de Yaoundé, Cameroun

Copyright © 2017 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: *Chlamydia trachomatis* is the most common bacterial infection sexually transmitted around the world. It is a public health problem in Africa and in Cameroon in particular causing infertility. The aim of our study was to evaluate the prevalence and risk factors associated with this infection in a population of women who spontaneously referred to the district hospital in Nkoldongo, Yaounde. Assay of IgG and IgM anti *Chlamydia trachomatis* antibodies in each serum was performed using ELISA method with the test kit provided by Biologicals General Corp Laboratories. The results were as follows: 41 women out of 182 with a prevalence of 22.52 CI95% (16.45-28.5) were tested positive for *Chlamydia trachomatis*. In our study 23.08% of women were infertile and the prevalence of infection (10.43% CI95% 6-14.8) among them is statistically higher than in the 3 others groups (antenatal care, premarital and contraception). Women less than 23 years of age were the most exposed to this infection with a prevalence of 6.04% CI95% (2.64-9.44), though the relationship between age and *Chlamydia trachomatis* was not statistically significant ($p>0,05$). However, the influence of *Chlamydia trachomatis* on infertility was statistically significant ($p<0,05$). Moreover, the education profile of the patients also had a significant influence on the infection ($p<0,05$). Low level of education is the only risk factor associated with *Chlamydia trachomatis* infection in this study.

KEYWORDS: *Chlamydia trachomatis*, Women, Risks Factors, Infertility, Cameroon.

RESUME: L'infection à *Chlamydia trachomatis* est l'infection bactérienne sexuellement transmissible la plus répandue de par le monde. Elle constitue un problème de santé publique en Afrique et particulièrement au Cameroun. L'objectif de notre étude est d'évaluer la prévalence et les facteurs de risques associés à cette infection dans une population de femmes venant spontanément consulter à l'Hôpital de District de Nkoldongo à Yaoundé au Cameroun. Nous avons dosé les anticorps IgG et IgM anti-*Chlamydia trachomatis* de chaque sérum, obtenu à partir de 5 ml de sang veineux, prélevé sur tube sec en utilisant la méthode ELISA proposée dans les kits des Laboratoires General Biologicals Corp. Les résultats étaient les suivants : 41 femmes sur 182 avaient une sérologie positive au *Chlamydia trachomatis*, soit une prévalence de 22,52% IC95% (16,45-

28,59). Dans notre étude 23,08% de femmes présentaient des problèmes d'infertilité. La prévalence de l'infection dans le groupe de femmes infertiles; 10,43% [IC95%(6-14,8)] était statistiquement plus élevée; ($p < 0,05$) que dans les 3 autres groupes (consultation prénatale, consultation pré-nuptiale, contraception). Les femmes âgées de moins de 23 ans étaient les plus exposées, avec une prévalence de 6,04% IC95% (2,64-9,44). Toutefois la relation entre l'âge et l'infection à *Chlamydia trachomatis* n'était pas statistiquement significative ; ($p > 0,05$). L'influence de l'infection à *Chlamydia trachomatis* sur l'infertilité était statistiquement significative ($p < 0,05$). Il en était de même entre le niveau intellectuel avec l'infection à *Chlamydia trachomatis* ($p < 0,05$). Par ailleurs, le niveau intellectuel moins élevé serait l'unique facteur de risque de l'infection à *Chlamydia trachomatis* relevé dans notre étude.

MOTS-CLEFS: *Chlamydia trachomatis*, Femmes, Facteurs de risque, Infertilité, Cameroun.

1 INTRODUCTION

L'infection à *Chlamydia trachomatis* est l'infection bactérienne sexuellement transmissible la plus répandue dans le monde. Elle cause des problèmes médicaux et socio-économiques majeurs [1], [2]. L'organisation Mondiale de la Santé estime que 92 millions de nouveaux cas d'infection à *Chlamydia trachomatis* surviennent chaque année [3]. Aux Etats Unis, elle constitue la première cause d'infection bactérienne sexuellement transmissible, et affecte plus de 4 millions d'individus chaque année [4],[5]. Au Royaume Uni, il a été rapporté que 10,3% de femmes et 13,3% d'hommes, âgés de moins de 25 ans, étaient infectés par *Chlamydia trachomatis* [6]. Au Cameroun, une étude menée par Ngandjio et al (2003), sur un total de 1227 étudiants volontaires et sexuellement actifs, a montré une prévalence de 3,78% [7]. Une autre étude réalisée par Sendé et collaborateurs en 1986 au Cameroun montre une prévalence de 11,49% chez les femmes infertiles [8]. En outre, la prévalence de cette infection dans une population de prostituées au Cameroun a été de 38,3% [9]. Bien qu'elle reste longtemps asymptomatique, cette infection bactérienne, non traitée, est responsable à long terme, de cervicite mucopurulente, de maladies inflammatoires pelviennes, de salpingite conduisant à l'infertilité ou aux grossesses extra utérines chez la femme.

Notre objectif est de déterminer la prévalence de l'infection à *Chlamydia trachomatis*, ainsi que les facteurs de risque associés à cette infection chez la femme venant spontanément en consultation à l'hôpital de District de Nkoldongo de Yaoundé.

Nous nous proposons également d'évaluer la relation entre l'infection à *Chlamydia trachomatis* et l'infertilité dans cette même population de femmes.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATERIELS

Nous avons mené une étude prospective et descriptive allant de Février 2014 à Novembre 2014. Elle s'est déroulée au sein de l'Hôpital de District de Nkoldongo à Yaoundé au Cameroun. L'approbation du comité d'éthique et le consentement éclairé des patients ont été obtenus. Nous avons inclus un total de 182 personnes de sexe féminin, âgées de 18 à 48 ans.

Les critères d'inclusion étaient les suivants : toute patiente consentante, sexuellement active depuis au moins un an, venant consulter spontanément à l'Hôpital de District soit pour une contraception, soit pour une consultation prénatale ou pré-nuptiale, ou soit pour un problème d'infertilité. Etaient exclues de l'étude toutes patientes sous antibiothérapie depuis moins de 4 semaines et/ou qui refuse de participer volontairement à l'étude.

Une fiche technique de renseignements nous a permis de collecter des informations sur le motif de la consultation, les données sociodémographiques des patientes (l'âge, le statut matrimonial, le niveau d'instruction), les antécédents gynéco-obstétricaux (la parité, l'infertilité) et enfin les antécédents médicaux (le traitement reçu).

Une fois incluse dans l'étude, un prélèvement de 5 ml de sang veineux sur tube sec a été effectué sur tous les sujets.

2.2 METHODES

Le dosage des anticorps IgG et IgM anti-*Chlamydia trachomatis* a été réalisé sur le sérum de chaque patiente en utilisant la méthode ELISA décrite dans le kit des Laboratoires General Biologicals Corp. (#6, INNOVATION FIRST ROAD, SCIENCED BASED INDUSTRIAL PARK, HSIN CHU 30077, TAIWAN, R.O.C).

2.2.1 PRINCIPE DU TEST

Le sérum dilué des patients était ajouté aux puits recouverts d'antigènes purifiés du *Chlamydia trachomatis*. Les anticorps IgM ou IgG anti *Chlamydia trachomatis* présents dans le sérum se liaient aux antigènes purifiés de *Chlamydia trachomatis* fixés dans le puits. Tout matériel non lié était lavé et éliminé ; puis on y a ajouté l'enzyme conjugué pour fixer les complexes antigènes-anticorps présents. L'excès d'enzyme conjugué était lavé et le substrat ajouté. On incubait pendant 10 minutes à la température du laboratoire pour permettre l'hydrolyse du substrat par l'enzyme. La réaction était stoppée par ajout d'acide sulfurique. La coloration obtenue était proportionnelle à la concentration en complexes antigènes-anticorps présents dans le puits. Nous avons mesuré l'absorbance par colorimétrie à la longueur d'onde de 450 nm.

2.2.2 INTERPRÉTATION DU TEST

- Tout index en anticorps IgM ou IgG <0,9 traduisait une sérologie négative,
- Tout index en anticorps IgM ou IgG >1 traduisait une sérologie positive,
- Tout index en anticorps IgM ou IgG compris entre 0,9 et 1 traduisait une sérologie indéterminée. La patiente était convoquée deux semaines plus tard pour un nouveau prélèvement.

2.2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Nous avons utilisé le test de chi carré pour déterminer les relations entre l'infection à *Chlamydia trachomatis* et l'infertilité d'une part, et d'autre part l'infection à *Chlamydia trachomatis* et les facteurs de risque que sont : l'âge, le niveau intellectuel, le statut matrimonial, avec un degré de signification pour $p < 0,05$.

3 RESULTATS

Notre étude a porté sur 182 femmes qui sont venues spontanément à l'hôpital de district de Nkoldongo-Yaoundé, soit pour une consultation prénatale (65 femmes soit 35,71%), soit pour une consultation pré-nuptiale (18 femmes soit 9,89%), soit pour une contraception (57 femmes soit 31,31 %) et enfin, soit pour un problème d'infertilité (42 femmes soit 23,07 %). L'âge moyen de la population d'étude était de $33,76 \pm 4$ ans. La prévalence de l'infection à *Chlamydia trachomatis* dans la population entière était de 22,52% [IC95% (16,45-28,59)], soit 41 femmes sur les 182.

La répartition de l'infection d'après l'âge était la suivante : la tranche d'âge la plus exposée était celle des moins de 23 ans avec une prévalence de 6,04% [IC95% (2,64-9,44)], suivie de celle des 23-28 ans avec une prévalence de 4,94% [IC95% (1,84-8,04)]. Cependant nous n'avons noté aucune différence significative entre l'infection à *Chlamydia trachomatis* et l'âge; ($\chi^2=0,70$, $p=0,8$).

Tableau 1: prévalence de l'infection à *Chlamydia trachomatis* en fonction des tranches d'âge

Age (ans)	Nombre de femmes (%)	Nombre de femmes positives à <i>Chlamydia trachomatis</i>	Prévalence de <i>Chlamydia trachomatis</i> % (IC 95%)
[18-23[	40 (21,98)	11	6,04 (2,64-9,44)
[23-28[	39 (21,43)	9	4,94 (1,84-8,04)
[28-33[	34 (18,68)	5	2,75 (0,43-5,05)
[33-38[	22 (12,09)	4	2,20 (0,09-4,31)
[38-43[	17 (9,34)	5	2,75 (0,43-5,05)
[43-48]	30 (16,48)	7	3,84 (1,1-6,57)
total	182 (100)	41	22,52(16,45-28,59)

L'infection à *Chlamydia trachomatis* est responsable d'infertilité. Dans notre étude 23,08% de femmes présentaient des problèmes d'infertilité. La prévalence de l'infection dans le groupe de femmes infertiles; 10,43% [IC95%(6-14,8)] était statistiquement plus élevée; ($\chi^2=17,71$, ddl=3, $p=0,001$) que dans les 3 autres groupes (consultation prénatale, consultation prénuptiale, contraception) où la prévalence respective était de 6,59% [IC95% (3-10)], 2,19% [IC95% (0,09-4,31)], 3,29% [IC95% (0,65-5,75)] (tableau 2). L'influence de l'infection à *Chlamydia trachomatis* sur l'infertilité était significative; ($\chi^2=16$, $p=0,001$). Les femmes atteintes avaient plus des problèmes d'infertilité que les femmes non infectées par le *Chlamydia trachomatis*.

Tableau 2 : Prévalence de l'infection à *Chlamydia trachomatis* en fonction du motif de la consultation

Motif de la consultation	Nombre de femmes (%)	Nombre de femmes positives à <i>Chlamydia trachomatis</i>	Prévalence des femmes positives à <i>Chlamydia trachomatis</i> (%IC95)
Consultation prénatale	65 (35,71)	12	6,59 (3-10)
Consultation prénuptiale	18 (9,89)	4	2,19 (0,09-4,31)
contraception	57 (31,32)	6	3,29 (0,65-5,75)
Infertilité	42 (23,08)	19	10,43 (6-14,8)
total	182 (100)	41	22,52 (16,45-28,59)

De plus le niveau intellectuel avait une influence significative sur l'infection à *Chlamydia trachomatis*; ($\chi^2=6,61$, $p=0,02$). Celles qui avaient le C.E.P. (Certificat d'Etude Primaire) étaient moins exposées à s'infecter par *Chlamydia trachomatis* que celles qui ne le détenaient pas.

Enfin le statut matrimonial n'avait aucune influence significative sur l'infection à *Chlamydia trachomatis*; ($p=0,75$).

Tableau 3 : Relation entre l'infection à *Chlamydia trachomatis* avec l'infertilité, le niveau intellectuel, le statut matrimonial et l'âge

Variable		<i>Chlamydia trachomatis</i>		P-value
		Positif	Négatif	
Infertilité	oui	19	23	0,001
	non	22	118	
Niveau d'instruction C.E.P : Certificat d'Etude Primaire	C.E.P-	18	33	0,02
	C.E.P+	23	108	
Age (ans)	<23	11	29	0,83
	≥23	30	112	
Statut Matrimonial	Célibataire	23	83	0,75
	Marié	18	58	
Taille de l'échantillon		182		

4 DISCUSSION

L'infection à *Chlamydia trachomatis* est la plus fréquente des infections sexuellement transmissibles d'étiologie bactérienne, à travers le monde, causant d'importants problèmes médicaux et socio-économiques [1]. Elle atteint particulièrement les adolescents et les femmes en âge de procréer. La prévalence de cette infection dans notre population d'étude était de 22,52% [IC95% (16,45-28,59)]. Nos résultats se rapprochent de ceux d'Ezegwui [10] au Nigéria et de Tiwara [11] en Papouasie nouvelle Guinée avec une prévalence de 29,4% et 26% respectives. Par ailleurs ils sont presque similaires à ceux de Patel [12] à New Delhi en Inde et à ceux de Singh [13] à Manille avec 23% et 23,3% respectivement. Nos résultats sont plus élevés que ceux rapportés par Salfa [14] en 2011 en Italie et Barbeyrac [15] en 2006 en France, avec des prévalences respectives de 1,8% et 6,4%. Ces prévalences élevées dans les pays en voie de développement peuvent s'expliquer par le caractère tardif des manifestations cliniques de cette infection, la vulnérabilité des populations dans ces pays en voie de développement, la diffusion des informations erronées sur cette pathologie [16], et enfin la connaissance insuffisante des maladies sexuellement transmissibles et leurs conséquences. En effet l'OMS rapporte qu'un nombre élevé de nouveaux cas d'infection à *Chlamydia trachomatis* survient dans des zones économiquement défavorisées [3].

D'après notre étude la tranche la plus exposée est celle des moins de 23 ans avec une prévalence de 6,04% [IC95% (2,64-9,44)]. Notre résultat corrobore celui de Ramstedt [17] qui trouve aussi que cette tranche est la plus exposée. Au Gabon, Fassassi [18] montre que les femmes enceintes de moins de 21 ans ont une prévalence à l'infection de 22%. Ceci laisse supposer que le jeune âge constitue un facteur de risque pour cette infection [19], [20]. En effet à cet âge nous observons des rapports sexuels non protégés et la multiplicité des partenaires sexuels. Toutefois dans notre étude la relation entre l'âge et l'infection à *Chlamydia trachomatis* n'est pas statistiquement significative ; ($p>0,05$). Ngandjio et collaborateurs ont trouvé le même résultat [7].

L'infection à *Chlamydia trachomatis* est responsable de maladies Inflammatoires pelviennes qui ont pour conséquence l'infertilité et des douleurs pelviennes chroniques. Dans notre étude 42 femmes ont présenté des problèmes d'infertilité et parmi elles, 19 ont une sérologie chlamydia positive. Nos résultats montrent que l'influence de l'infection à *chlamydia trachomatis* sur l'infertilité est statistiquement significative; ($p<0,05$). De plus le groupe de femmes ayant consulté pour infertilité à une prévalence à l'infection statistiquement plus élevée que dans les 3 autres groupes; 10,43% [IC95% (6-14)]. Sende trouve une prévalence de 11,49% dans le groupe des femmes infertiles [8]. Une étude menée au Cameroun par Belleh révèle que 65% de femmes suivies pour infertilité ont un antécédent de maladie inflammatoire pelvienne chronique à *Chlamydia trachomatis* [16]. Mol et collaborateurs [21] ont trouvé des anticorps IgG anti *Chlamydia trachomatis* chez 30 à 60% de femmes infertiles. Enfin Jolande [19] confirme que la majorité des pathologies tubaires sont dues aux infections à *Chlamydia trachomatis*.

Le niveau intellectuel serait un facteur de risque pour l'infection à *Chlamydia trachomatis*. Le certificat d'étude primaire est le diplôme qui sanctionne le cycle d'étude primaire au Cameroun. Dans notre étude la relation entre l'infection à *Chlamydia trachomatis* et le niveau intellectuel est statistiquement significative; ($p<0,05$). Les femmes qui n'ont pas le C.E.P sont plus exposées à une infection à *Chlamydia trachomatis* que celles qui le possèdent, car elles ont moins d'opportunité de dépistage et donc d'être traitées. En effet un niveau intellectuel moins élevé est un facteur de risque pour l'infection à *Chlamydia trachomatis*. Au Cameroun 26% de femmes entre 15 et 49 ans sont analphabètes [16]. Ceci pourrait expliquer la prévalence élevée de 22,52% [IC95% (16,45-28,59)] de l'infection à *Chlamydia trachomatis* que l'on a retrouvée dans notre population de femmes. Les études faites sur les étudiantes universitaires à Yaoundé au Cameroun et à Bordeaux en France ont montré de faibles prévalences de 3,96% et de 2,64% respectivement [7], [22]. Ces résultats contrastent fortement avec ceux retrouvés dans notre population et dans ceux d'une étude réalisée sur une population rurale de Papouasie nouvelle Guinée à niveau d'instruction moins élevé, où la prévalence de *Chlamydia trachomatis* a été de 26% [11]. Un niveau intellectuel moins élevé est donc un facteur de risque pour l'infection à *Chlamydia trachomatis*.

Notre étude a révélé que le statut matrimonial n'avait aucune influence significative sur l'infection à *Chlamydia Trachomatis*; ($p>0,05$). Nwankwo et Mawak [23], [24], ont trouvé que les femmes mariées étaient plus exposées à cette infection, tandis que Stergachis et Suchet [25], [26] ont trouvé que le célibat exposait plus à l'infection par *Chlamydia trachomatis*.

5 CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent qu'un niveau d'étude moins élevé est un facteur de risque de l'infection à *Chlamydia trachomatis*. Un accent particulier doit être mis sur l'éducation des populations cible et la réduction du cout de dépistage de cette infection.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par l'Institut de Recherches Médicales et d'Etudes des Plantes Médicinales. Nous tenons à remercier les responsables de l'Hôpital de District de Nkoldongo où l'étude a été menée, en particulier Dr Zambo. Nous sommes reconnaissants à toute l'équipe de techniciens du Laboratoire de Biologie Humaine de l'IMPM.

REFERENCES

- [1] W.G. Eggert-Kruse, B. Kunt, A. Meyer, J. Wondra, T. Strowitzki, D. Petzoldt, Prévalence of *Chlamydia trachomatis* in subfertile couples. Fertil. and Steril., 80:660-63, 2003
- [2] M.D. Pearlman, S.G. McNeeley, A review of the microbiology, immunology and clinical implications of *Chlamydia trachomatis* infections. Obstet. Gynecol. Surv., 47:448-62, 1992.

- [3] World Health Organisation, Global prevalence and incidence of selected curable sexually transmitted infections, overview and estimates. Geneva: WHO, 2001.
- [4] M.R. Howell, T.C. Quinn, W. Brathwaite, G.A. Gaydos, Screening women for *Chlamydia trachomatis* in family planning clinic: The cost-effectiveness of DNA amplification assays. Sex. Transm. Dis., 25:108-17, 1998
- [5] A.E. Washington, P. Katz. Cost of and payment source for pelvic inflammatory disease: Trends and projections, through 2000. JAMA 266:2565-69, 1991
- [6] D.S. La Montagne, K.A. Fenton, S. Randall. Establishing the National *Chlamydia* Screening Programme in England: Results from the first full year of Screening. Sex. Transm. Infect. 80:335-41, 2004
- [7] A Ngandjio, M. Clerc, M.C. Fonkoua, J. Thonnon, F. Njock, R. Pouillot, F. Lunel, C. Bebear, B. De Barbeyrac, A. Bianchi. Screening of volunteer students in Yaounde (Cameroun, Central Africa) for *Chlamydia trachomatis* infection and genotyping of isolated *C. trachomatis* strains. J. Clin. Microbiol., 41,4404-07,2003
- [8] P. Sende, T. Abong, G. Garrigue. Recherche de *Chlamydia trachomatis* par test direct dans 169 prélèvements génitaux: Etude préliminaire de la prévalence de ce germe dans 3 populations à Yaoundé. Ann. Univ. Sc. Santé, 3(3) :191-97,1986
- [9] L. Kaptue, L. Zekeng, S. Djoumessi, M. Monny-Lobé, D. Nichols, R. Debuysscher. HIV and Chlamydia infections among prostitutes in Yaoundé, Cameroun. Genitourin. Med., 67 (2):143-145, 1991
- [10] H.U. Ezegwui, L.C. Ikeako, Agbata, I. Agbata E. Seroprevalence of *Chlamydia trachomatis* in Enugu. Niger J. Clin. Pract., 14: 176-80, 2011
- [11] S. Tiwara, M. Passey, A. Clegg, C. Mgone, S. Lupiwa, N. Suve, T. Lupiwa. High prevalence of trichomonal vaginitis and chlamydial cervicitis among a rural population in the highlands of Papua New Guinea.PNG. Med. J., 39:234-38. 1996
- [12] A. Patel, D. Sachdev, P. Nagpal, U. Chaudhry, S. Sonkar, S. Mendiratta, D. Saluja. Prevalence of Chlamydia infection among women visiting a gynaecology outpatient department: Evaluation of an in-house PCR assay for detection of *Chlamydia trachomatis*. Ann. Clin. Microbiol. and antimicrobial 9:24-28,2010
- [13] V. Singh, S. Salhan, B.C. Das, A. Mittal. Predominance of *Chlamydia trachomatis* serovars associated with urogenital infections in females in New Delhi, India. J. Clin. Microbiol., 41:2700-02, 2003
- [14] M.C. Salfa, M.A. Latino, V. Regine, D. De Maria, G. De Intinis, L. Camoni, M. Raimondo, B. Suligo. Prevalence and determinants of *Chlamydia trachomatis* infection among sexually active women in Turin, Italy. Italian Journal of Public Health 8:295-301, 2011
- [15] B. De Barbeyrac, K. Tilatti, S. Raherison, C. Mathieu, S. Frantz-Blancpain, M. Clerc, V. Goulet, C. Bebear, C. Hocke. Dépistage de l'infection à *Chlamydia trachomatis* dans un centre de planification familial et un centre d'orthogénie, Bordeaux, France. Bull. Epidémiol. Hebd 37-38:277-278,2006
- [16] E. Belley-Priso, T. Nana-Njamen, G. Imandy, C. Okalla, O. Egbe, A.S. Doh. L'urgence d'une meilleure sensibilisation sur les infections génitales à *Chlamydia trachomatis* au Cameroun. Health Sci. Dis. 11(1):1-2, 2010
- [17] K. Ramstedt, L. Forssman, J. Giesecke, F. Granath. Risk factors for *Chlamydia trachomatis* infection in 6810 young women attending family planning clinics.Int. J. STD AIDS 3(2) :117-22, 1992
- [18] A. Fassassi, A. Mabignath, B. Nairraido, Agouamizokou A, B. Meaui J, J.E. Mention, J. Orfila.Impact de *Chlamydia trachomatis* sur les femmes enceintes au Gabon.Bull.Soc.Path.Ex.,84 :620-626, 1991
- [19] A. Jolande, M.D. Land, L.H. Johannes, M.D. Evers. *Chlamydia* infection and subfertility. Best Practice and Research Clinical Obstetrics and Gynaecology 6:901-912, 2002
- [20] K. Hollblad-Fadiman, S.M. Goldman. Screening for *Chlamydia trachomatis*. Am. J. Prev. Med., 24(3):287-292. 2003
- [21] B.W.J. Mol, B. Dijkman, P. Wertheim.The accuracy of serum *chlamydia* antibodies in the diagnosis of tubal pathology :A meta-analysis. Fertil. and Steril., 67 :1031-1037,1997
- [22] B. De Barbeyrac, S. Raherison, A. Bernabeu, M. Clerc, M.C. Marsol, C. Bebear, F. Jeanson. Dépistage de l'infection à *Chlamydia trachomatis* dans la population d'étudiantes des universités de Bordeaux, France. Bull. épidémiol. Hebd., 37-38:288-289, 2004
- [23] E.O. Nwankwo, N. Magagi. Prévalence of *Chlamydia trachomatis* infection among patients attending infertility and sexually transmitted diseases clinic in Kano, North Western Nigeria. Afr. Health Sci., 14(3):672-678, 2014
- [24] J.D. Mawak, N. Dashe, Y.A. Agabi, B.W. Panshak. Prevalence of genital *Chlamydia trachomatis* infection among gynaecologic clinic attendees in Jos, Nigeria. Shiraz E-Medical Journal 12(2):100-106, 2011
- [25] A. Stergachis, D. Scholes, F.E. Heidrich. Selective screening for *Chlamydia trachomatis* infection in a primary care population of women. American Journal of epidemiology 138:143-153, 1993
- [26] H. Suchet. Place de chlamydirose en gynécologie. La presse médicale 20(1):10-12. 1991.

An Improved Cloud Storage Access Control using JAAS on Stack of Kerberos Protocol

Md. Mahmudul Hasan, Utpaul Sarker, and Md. Kislu Noman

Department of Computer Science and Engineering,
Pabna University of Science and Technology,
Pabna, Bangladesh

Copyright © 2017 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: Cloud storage service is increasingly important and beneficial to the internet users. Users around the world enjoy the high performance cloud servers that are reliable, cost-effective and highly available. Communication vulnerability is also rising to destroy the confidentiality and integrity of user data and information while accessing via network. To resolve these attacks, cloud service providers offer gateways of secured access to the storage services. Though the existing systems are in reasonable standard, investigating a better approach towards security is always worthy. In this paper, we propose a two-step access control system based on Kerberos authentication protocol implemented using Java based authentication service, JAAS. This system provides a well-built and more powerful encryption process by applying Kerberos in two steps. Finally, we build a real time access control system that implements our proposed system.

KEYWORDS: Storage security; Kerberos protocol; Ticket granting; RSA encryption; Access control.

1 INTRODUCTION

Cloud computing is an internet based emerging platform that provides many services in diverse areas of human day-to-day utility. In recent times, internet based services becomes vital and viral that we directly depend on to store sensitive information in various storage services including social networks such as Facebook, Twitter, YouTube and so on. According to reports [1] [2], it has been observed that the involvement of internet users has grown rapidly over years. In a span of 6 years (2010 – 2016), the amount of active users has risen from 400 million to 1.27 billion in Facebook and 30 million to over 317 million in Twitter; YouTube channel views has risen from 120 million to 650 million in this period. Everyday users from these entire social networks store and share numerous amounts of data and content such as photos, word documents, confidential messages etc. Apart from social networks many storage services such as Dropbox, Amazon S3 and EC2, Microsoft Azure, OneCloud and many more services are available in competitive market. With the growing demand of storage services, storage service providers are increasing on the stack. Few of them demand themselves as highly secured services though we cannot guarantee a system is hundred percent secure. Therefore, security measurement and implementation of up-to-date security model is always a matter of concern.

Cloud storage is very useful system to remove the need of maintaining hardware resources such as tape or disk storage device at onsite locations because of its strong ability to increase storage capacity easily when we require it. From the significance of using cloud storage one can centralize data access for better recovery capabilities and can administer day to day storage tasks with ease. Storage security involves configuring a group of security parameters to allow authorized users accessing storage facility via trusted networks. It can also be applied to hardware, programming communication protocols and organization policy. There are two important criteria that can help in determining the effectiveness of a storage security methodology: i) less costly secured system based on the cost involves in users data, ii) discourage hackers by letting them understand that the time and money spent on hacking does not worth much more than the value of the information they are looking for.

2 BACKGROUND

The basic foundation of cloud enables users to store information in cloud storage instead of using local storage of owner's physical machines. In the process of storing data, several key security components are involved such as security related to application, data transmission, data storage, and using third party resources [3]. Several studies have been conducted on each of these components. In this paper, we concentrate on providing security in application level, access control system in particular. Cloud Service Providers (CSP) offers various application programming interfaces (APIs) and access controls, Cloud Infrastructure Management Interface (CIMI) for example [4], to administer storage tasks via an authentication and authorization process. Each of these processes requires suitable protocols for transferring data securely over internet. One of the popular and cryptographically strong protocols is Kerberos [5] that has been used in many studies for this purpose. In Kerberos, a Ticket Granting Server (TGS) manages service tickets based on the user credentials and validity period which is later used to access the service. While accessing the service, however, there might be another tap in the network as there is no further checking of the validity of the service ticket to CSP server.

In this study, we propose another Kerberos step on stack of existing one where the CSP keeps track of the security measure generated by TGS and validate the service ticket by its own security measures along with TGS measures. Therefore, we implement a two-step Kerberos authentication: first step is for the authentication that Kerberos follows for generating service ticket; the second step confirms the validity of the service ticket used in the service provider application. We consider a cloud file server as a CSP for this purpose. We also focus on security concern on multiple machines in private network. In private network, the machines are independent and so as the users. We attempt to restrict users to use multiple machines for accessing cloud storage. For this purpose, we use hardware address instead of standard client id along with client credentials.

In the remainder of this paper, we present the background theory on cloud storage security and access control in Section 3. Section 4 describes the two-step Kerberos authentication process followed by the implementation of the proposed system in Section 5. The results and discussions are elaborated in Section 6 and Section 8 concludes the paper with system limitations and future recommendations in Section 7.

3 CLOUD DATA STORAGE SECURITY AND ACCESS CONTROL

3.1 CLOUD STORAGE SECURITY

Cloud storage is a collection of plenty of storage devices grouped by network, distributed file systems and other storage middleware to provide scalable, elastic and cost-effective storage service for users [6][7]. The architecture of cloud storage consists of data owner, end user, cloud server (CS), and Third Party Agencies (TPA) [8]. Some of the giant cloud storage providers are Google file system (GFS), Hadoop distributed file system (HDFS) and Amazon Simple Storage Service (S3) [9] that are often utilized by other major storage service providers such as Dropbox [10]. Cloud-storage providers offer users easy, clean and simple file-system interfaces that hide underlying complexities of hardware management [11], software, and personnel maintenance [12]. In addition, it provides flexibility, highly availability on-demand universal data access disregard the geographical locations [8].

A cloud storage service is said to be secured if the overall system maintains the confidentiality and integrity of the storage data [13] [14]. This also includes certification, authority, audit and encryption [6]. Typical security measures can be operated on hardware, software applications, data, information and very often, the network channels [6]. To maintain the security properties several protocols have been used in different studies. Kerberos is one kind of network authentication protocol proposed by MIT that is designed to provide strong authentication for client-server applications by using secret-key cryptography [15].

The client-server Kerberos authentication protocol consists of three main components: the client (user-client machine), the Key Distribution Center (KDC), and the server (rendering the services) [16]. The procedure of this protocol involves a ticket granting system (TGS) that provides service to the client to allow them to establish a secure connection to the server by verifying their identity over a period of time. The KDC is responsible for issuing and checking tickets for clients to be granted to the server. Once the TGS verifies the identity of the client it provides service ticket or credentials to login to the CSP server. We propose another layer of security over the service ticket that is maintained by the CSP server cooperated with TGS.

3.2 ACCESS CONTROL

An access control system allows flexibility in specifying differential access rights of individual users and privileges data consumers to access data relevant to their identity. In cloud, the data owner does not have direct access to the data or file because the files are not stored in owners local machine. For the purpose, CSP offers access control of data stored on untrusted cloud servers by encrypting data through a particular cryptographic formula and exposing decryption keys only to authorized users [17].

The access control system is initiated at the data consumer end where they provide their credentials to be authenticated in remote cloud server. The credentials travel through a secure channel using various protocols to the central authentication server. After verification users are allowed to access the CSP server. JAAS is a Java based an authentication and authorization service that helps to build the login module in access control system [18]. It provides the platform for Kerberos protocol to be implemented in access control system.

4 PROPOSED SYSTEM

We propose a two-step Kerberos authentication process to build more secure access control system for cloud storage service. At first step, we implement the basic Kerberos authentication process using JAAS login module and JGSS (Java Generic Security Service Application) authorization module. This step involves the activities of KDC architecture that includes the user, Authentication Server (AS) and ticket granting center or service, TGS. The second step involves granting access to CSP file server by cooperating with TGS. Fig. 1 presents the high level architecture of the proposed two-step access control system. It is noted that the users are required to create accounts in the AS with their identity such as email id and password. During the registration process, the email and password is hashed using MD5 hashing algorithm [19] and stored in a central database linked to the AS.

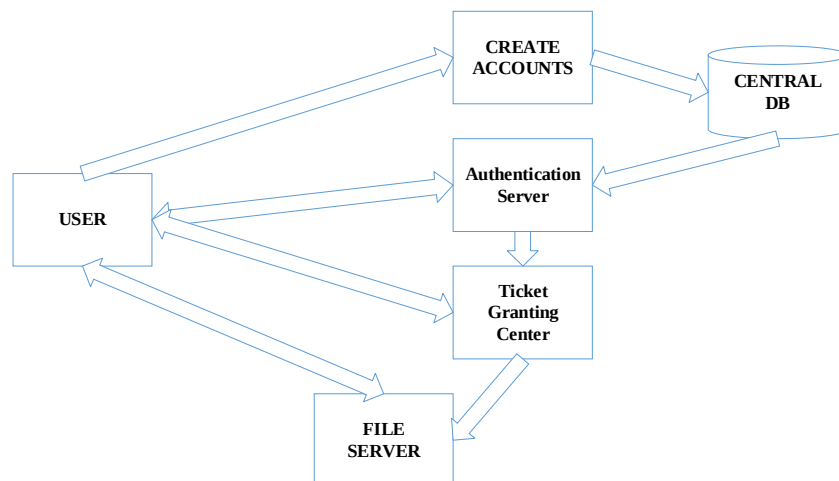


Fig. 1. Proposed Two-step Access Control System

4.1 KDC ARCHITECTURE

KDC has two essential parts: AS and TGS. Users at client site are connected to both of these server parts. To initiate the authentication process, user sends credentials (email id and password) to AS. Prior to travelling to AS the JAAS login module create the hash values of email id and password. The AS verifies the user credentials in the database and issues two messages, A and B, if the verification is successful; one is a TGS session key ($K_{c,tgs}$) which is the public key for TGS, and another is a ticket-granting ticket (TGT), $T_{c,s}$. In addition, the TGS generate a private or secret key (K_{tgs}) and the AS generates a client secret key (K_c) using user's credentials. The TGT includes hardware address, client network address, ticket validity period or timestamp, and $K_{c,tgs}$. It is noted that, instead of client id we use the hardware addresses such as machine's motherboard address, RAM address, hard drive address etc to provide more security in terms of device usability.

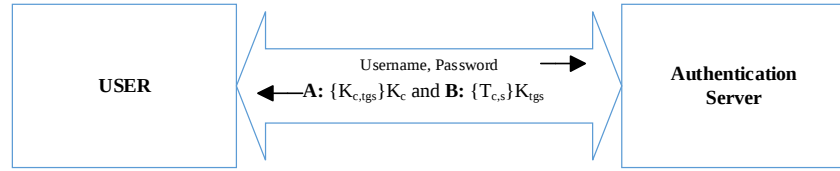


Fig. 2. Passing Ticket Granting Ticket to User

The TGT is now encrypted using TGS secret key and the TGS session key is encrypted using client secret key. The encryption message can be expressed as follows-

$$T_{c,s} = [\text{hardware address, IP address, timestamp, } K_{c,tgs}]$$

$$A: \{K_{c,tgs}\} K_c \text{ and } B: \{T_{c,s}\} K_{tgs}$$

These two messages, *A* and *B* is passed through the user (presented in Fig. 2) for retrieving the TGS session key and encrypting new message content of timestamp value and the hardware address. In this process, at first the user decrypts the message *A* using her secret key K_c and retrieve the TGS session key, $K_{c,tgs}$. It is noted that, message *B* is still not be decrypted as the message is encrypted by the TGS secret, that means only TGS can decrypt the message. The next phase is to verify user in TGS server using the TGS session key and encrypted message *B*.

4.2 USER VERIFICATION

In this phase, user sends two messages, *C* and *D*, to TGS. The message *C* carries hardware address, IP address and timestamp encrypted using $K_{c,tgs}$ that we obtained in last phase. The message *D* is literally the message *B* in last phase. The encrypted messages can be expressed as follows-

$$A_c = [\text{hardware address, IP address, timestamp}]$$

$$C: \{A_c\} K_{c,tgs} \text{ and } D: \{T_{c,s}\} K_{tgs}$$

Once these two messages travel to TGS, the server decrypts the message *D* using its secret key K_{tgs} . Now, the TGS has previously sent encrypted message $T_{c,s}$ which contains hardware address, IP and timestamp. TGS is also able to decrypt message *C* using its session key $K_{c,tgs}$. That means TGS has the new timestamp and other parameters. TGS now checks the hardware address, IP address and validity period between messages *C* and *D*. The message passing process is presented in Fig. 3. If the validity period does not expire and the hardware and IP addresses are identical in each message then TGS issues a service ticket like the traditional Kerberos system does. We propose a second step encryption in this stage at CSP server to encrypt the service ticket again which is the client server session key. The next subsection describes the second step of our proposed model.

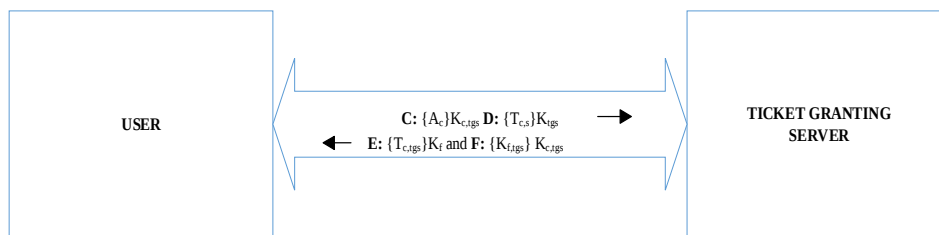


Fig. 3. Communication between User and TGS

4.3 SECOND STEP ENCRYPTION

In this step, TGS generate new keys for file server: one is the file server secret key, K_f and another is file server public key or session key $K_{f,tgs}$. Again, TGS sends two messages, *E* and *F* to user for further checking prior to provide access to file server. Message *E* is generated by encrypting client information along with client-server session key, $T_{c,tgs}$, resides in TGS. This encryption is done by the file server secret key. In message *F*, the file server session key is encrypted by TGS session key. The communication is shown in Fig. 3. The encrypted message can be expressed as follows-

$T_{c,tgs} = [\text{hardware address, IP address, timestamp, client server session key}]$

$E: \{T_{c,tgs}\} K_f$ and $F: \{K_{f,tgs}\} K_{c,tgs}$

Once the messages have been transferred to the user end, the user decrypts the message F using the TGS session key but unable to decrypt the message E because she does not have the file server secret key. At this point, user follows the same process for providing client information along with the encrypted message to file server. We assume the messages are G and H . They can be expressed as follows-

$T_{c,f} = [\text{hardware address, IP address, timestamp}]$

$G: \{T_{c,tgs}\} K_f$ and $H: \{T_{c,f}\} K_{f,tgs}$

When user sends these messages back to the file server, server can decrypt the client information using its session key for message H . Using the file server secret key the G message is decrypted. If the client information from message G and H are identical then file server issues a true message to the user that is encrypted by file server session key. User has the server session key and easily decrypts the message. The communication process is presented in Fig. 4. Based on the true message, the client issues service request to the file server and operate further operations. In this process, it is guaranteed that there is no chance to lose the authentication data or be trapped in anywhere of the network.

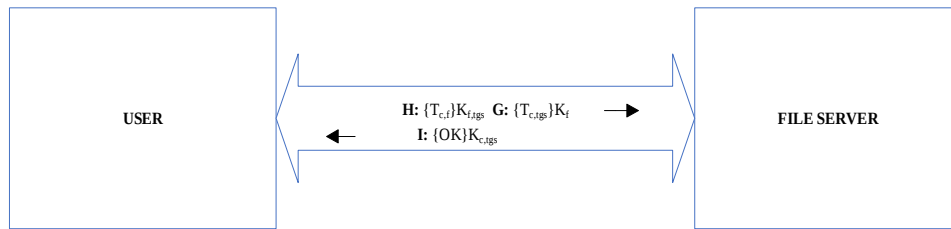


Fig. 4. Communication between User and File Server

5 SYSTEM IMPLEMENTATION

5.1 DEVELOPMENT ENVIRONMENT

We build a Java based access control system where the Kerberos protocol has been implemented using JAAS in login module. We use 64-bit JDK, version-8 and Eclipse IDE (Integrated Development Environment) for writing the source code. The version *Luna* has been used because it supports WindowBuilder for using bi-directional Java GUI (Graphics User Interface) design. We use light weight SQLite database as the central database for storing user information.

5.2 USER REGISTRATION AND LOGIN

We design and develop a registration module and implemented login module using JAAS. Fig. 5(a) shows the registration and Fig. 5(b) shows the login forms for the access control system we build in this study. User can enter their first and last name, email id, username, password, phone number, gender (left dropdown) and country (right dropdown). Once they enter and submit information the email id and password are hashed and stored into the central database along with other information.

The login screen allows us to provide the credentials for the access control system. Once the sign in button is clicked the Kerberos operation is initiated and once completed it shows the success message on the screen (in Fig. 5(c)). After receiving the grant for accessing the file server user can view, upload and download files from the corresponding GUIs (in Fig. 5(d)). The figure Fig. 5(e) displays the Logcat or console response of ticket granting ticket data and another security related information through the process.

5.3 UPLOAD AND DOWNLOAD FILES

We design and develop GUIs for uploading to and downloading data from the file server. Fig. 6 consolidates the request and response functionality via the upload and download forms. There are two tabs named 'Upload' and 'Download' in the



Fig. 6. (a) Upload Form; (b) Upload In Progress; (c) Download List; (d) Download Complete;

6 RESULTS AND DISCUSSIONS

The proposed system has two steps to complete the authentication and authorization process. During the authentication, a set of client information is sent to AS. From Fig. 5 (e), we observe the information is sent as plaintext to AS that includes hardware address, timestamp and client IP address. The shared keys are generated at AS and encryption is completed using the client information and shared keys. Few lines down the order in Logcat, we see that the system decrypts the messages at client site and identify the keys sent from the AS. We also check timestamp difference in each step of the authentication process.

The implemented access control system works very well with the authentication process and file service operation. In a private organization, where individual machines are restricted to use by different users, this system works perfectly. For example, a user who is registered from a single machine and login from that machine cannot lose her authentication or nobody in the network can tap the encrypted message from other machine in the same network. In our model, the hardware address is maintained instead of client ID that has been used in previous studies. It restricts the network intruders to provide false hardware address to the server to control anything from their machines.

7 LIMITATIONS AND RECOMMENDATIONS

Our proposed access control system performs significantly well and provides strong encryption. We use RSA encryption method for this purpose where two keys (public and private keys) contribute in the authentication process. However, the system cannot prevent password guessing attacks. A weak password is always a risk, even though it is not transmitted in clear over the network. The Kerberos protocol itself has recommendation to not use common password for Kerberos and non-Kerberos applications [15]. Also, if KDC is compromised, the entire network can be hacked. So, the KDC must be a dedicated, secured, protected server configured with minimal access.

The proposed system works very well in private organization where machines are restricted to use by individual user. This may be a serious concern as a cloud user which limits anybody to access anything in cloud from anywhere. We recommend using client ID instead of hardware address in this case. But the requirement of the hardware address towards cloud security is not a matter of ignorance as it is important in many organizations.

8 CONCLUSION

Cloud storage service is essentially a distributed file storage system which is used by millions of users over internet now-a-days and the number is increasing. Communication network is always vulnerable and user's identity can be compromised in the network while accessing the cloud services that leads to the loss of confidentiality and data integrity. In this paper, we proposed a two-step Kerberos operation using JAAS and aimed to improve the existing access control system by removing possible attacks during the communication process. We implemented an access control system and observed the encryption and decryption process in real time. The system successfully authenticates and authorizes users to the CSP system. In future, we aim to investigate other cryptographic algorithms such as DES, PBE and BlowFish to use in the access control.

REFERENCES

- [1] K. Chard, S. Caton, O. F. Rana and K. Bubendorfer, "Social Cloud: Cloud Computing in Social Networks," *IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing*, pp. 99–106, July 5-10, 2010.
- [2] Statista, *Monthly active users*, 2016. [Online] Available: <https://www.statista.com> (October 16, 2016).
- [3] S. Subashini and V. Kavitha, "A survey on security issues in service delivery models of cloud computing," *Journal of network and computer applications*, vol. 34, no. 1, pp. 1-11, July 2011.
- [4] D. Davis and G. Pilz, "Cloud Infrastructure Management Interface (CIMI) Model and REST Interface over HTTP," vol. DSP-0263, May 2012, [Online] Available: <http://dmtf.org/standards/cloud> (October 19, 2016).
- [5] B. C. Neuman and T. Ts'o, "Kerberos: An authentication service for computer networks," *IEEE Communications magazine*, vol. 32, no. 9, pp. 33-38, 1994.
- [6] W. Zeng, Y. Zhao, K. Ou and W. Song, "Research on cloud storage architecture and key technologies," *Proceedings of the 2nd International Conference on Interaction Sciences: Information Technology, Culture and Human*, pp. 1044-1048, November 24-26, 2009.
- [7] A. W. C. S. Zaffos, "Cloud storage: Benefits, risks and cost considerations," *Gartner*, April 2009.
- [8] C. Wang, K. Ren, W. Lou and J. Li, "Toward publicly auditable secure cloud data storage services," *IEEE network*, vol 24, no.4, pp. 19-24, 2010.
- [9] Y. Hu, H. C. H. Chen, P. P. C. Lee and Y. Tang, "NCCloud: applying network coding for the storage repair in a cloud-of-clouds," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 63, no. 1, pp. 31-44, 2014.
- [10] I. Drago, M. Mellia, M. M. Munafo and A. Sperotto, "Inside dropbox: understanding personal cloud storage services," *Proceedings of the 2012 ACM conference on Internet measurement conference*, pp. 481-494, November 14 - 16, 2012.
- [11] K. D. Bowers, A. Juels and A. Oprea, "HAIL: a high-availability and integrity layer for cloud storage," *Proceedings of the 16th ACM conference on computer and communications security*, pp. 187-198, November 09 - 13, 2009.
- [12] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. H. Katz, "Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing," *University of California, Berkeley*, Technical Report No. UCB/EECS-2009-28, February 2009.
- [13] N. Cao, S. Yu, Z. Yang and W. Lou, "Lt codes-based secure and reliable cloud storage service," *Proceedings IEEE INFOCOM*, pp. 693-701, March 25-30, 2012.
- [14] R. A. Popa, J. R. Lorch, D. Molnar and H. J. Wang, "Enabling Security in Cloud Storage SLAs with CloudProof," *USENIX Annual Technical Conference*, vol. 242, 2011.
- [15] Kerberos M. I. T. "Kerberos: The Network Authentication Protocol," (2005).
- [16] S. Pambalath and AK Pandey, "Connect your apps to DB2 with high-security Kerberos," (2015).
- [17] S. Yu, C. Wang, K. Ren and W. Lou, "Achieving secure, scalable, and fine-grained data access control in cloud computing," *Proceedings IEEE INFOCOM*, pp. 1-9, March 14-19, 2010.
- [18] C. Lai, L. Gong, L. Koved and A. Nadalin, "User authentication and authorization in the Java TM platform," *IEEE Proceedings of 15th Annual Computer Security Applications Conference*, pp. 285-290, December 6-10, 1999.
- [19] R. Rivest, "The MD5 message-digest algorithm," (1992).

IDENTIFICATION NUMERIQUE D'UN BIOMATERIAU AORTIQUE

**Mbaya Ilunga Edouard¹, Mansiantima Lutete Doris², Dzama Likwanda Yohanan², Lupongo Mande Kashikisha Luck²,
and Kialanda Madiengele Maxim²**

¹Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2017 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: It is not to show how biomaterials earn significant gap in the evolutionary perspective of man. In this article, we initially developed the concepts of materials and biomaterials. Then we are interested in studying the cardiovascular system of the human body, which allowed us to identify the bodies of the latter can be replaced or reinforced biomaterials. Given our research subject, we exploited Matrix Laboratory software (MatLab) to determine the characteristics of a new biomaterial bringing organic aorta.

KEYWORDS: identification, digital, biomaterial, aortic.

RESUME: Il n'est pas à démontrer combien les biomatériaux gagnent un espace important dans la perspective évolutive de l'homme. Dans cet article, nous avons dans un premier temps développé les notions des matériaux et des biomatériaux. Ensuite, nous nous sommes intéressés à étudier le système cardiovasculaire du corps humain, ce qui nous a permis d'identifier les organes de ce dernier qui peuvent être remplacés ou renforcés par les biomatériaux. Compte tenu de notre sujet de recherche, nous avons exploité le logiciel Matrix Laboratory (MatLab) pour établir les caractéristiques d'un nouveau biomatériau rapprochant l'aorte biologique.

MOTS-CLEFS: identification, numérique, biomatériau, aortique.

1 INTRODUCTION

Le développement durable n'est pas seulement un facteur basé sur les infrastructures, cependant, il se justifie aussi à la recherche de la substitution des solides appelés biomatériaux aux organes biologiques défaillants pour assurer la stabilité de fonctionnement du corps humain. Plusieurs études menées dans ce sens ont prouvé qu'un biomatériau demeure un élément étranger dans le corps humain, quel que soit la satisfaction qu'il peut donner et la technique utilisée pour l'obtenir.

Etant donné que, les biomatériaux constituent un champ vaste exploitable dans les domaines techniques et médical, le but de notre étude, est de donner les caractéristiques d'un nouveau biomatériau rapprochant l'aorte biologique, dans l'objectif de proposer une solution durable dans le domaine médical.

2 METHODES ET MATERIELS

La démarche méthodologique a consisté à l'analyse des situations concrètes, à s'informer et à interroger les différents groupes de personnes informées en la matière. Ces deux moyens nous ont conduits à fréquenter le laboratoire des matériaux de la faculté polytechnique de l'université de Kinshasa et à visiter l'atelier et le service orthopédique des cliniques universitaires de Kinshasa. Nous avons également échangé avec les corps médicaux et les patients intervenus, en vue de murir nos connaissances scientifiques sur la revue de la littérature. Pour la phase expérimentale, nous avons exploité le logiciel MatLab.

3 LES MATERIAUX ET LES BIOMATERIAUX

3.1 LES MATERIAUX

Les matériaux sont des solides utilisés par l'homme pour fabriquer les supports de son cadre de vie[1].

3.2 BIOMATERIAUX

Les biomatériaux sont des matériaux non viables, d'origine naturelle ou artificielle, utilisés dans l'élaboration de dispositifs médicaux destinés à être mis en contact avec des tissus biologiques[2].

3.3 LES MATERIAUX À VOCATION DES BIOMATERIAUX

Quatre grandes catégories de biomatériaux peuvent être envisagées[3] :

- les métaux et alliages métalliques ;
- les céramiques au sens large ;
- les polymères et la matière "molle" ;
- les matériaux d'origine naturelle.

4 LE SYSTEME CARDIOVASCULAIRE

Le système cardiovasculaire représente étroitement l'ensemble du cœur et des vaisseaux.

4.1 LE CŒUR

Le cœur est un organe composé d'un muscle creux appelé myocarde et entouré d'une membrane : le péricarde.

Son fonctionnement porte sur le mécanisme suivant : le sang le parvient par deux veines caves : la veine cave supérieure et la veine cave inférieure, qui conduisent le sang dans l'oreillette droite, vers la fin de la diastole. La contraction de l'oreillette droite achève de remplir le ventricule droit du sang, ce dernier après contraction, l'envoi aux poumons (petite circulation ou circulation pulmonaire).

A ce niveau, le sang est oxygéné (respiration) et les poumons à leur tour l'envoi dans l'oreillette gauche, qui après contraction remplit le ventricule gauche et qui à son tour propulse le sang dans le reste du corps (grande circulation)

Le ventricule gauche, est bien plus massif que le ventricule droit, parce qu'il doit fournir une force considérable pour forcer le sang à traverser tout le corps contre la pression corporelle. Il est également essentiel de retenir que le cœur fonctionne comme une pompe dont les vaisseaux sont des canaux, telle que l'illustre la figure 1 ci-dessous[4].

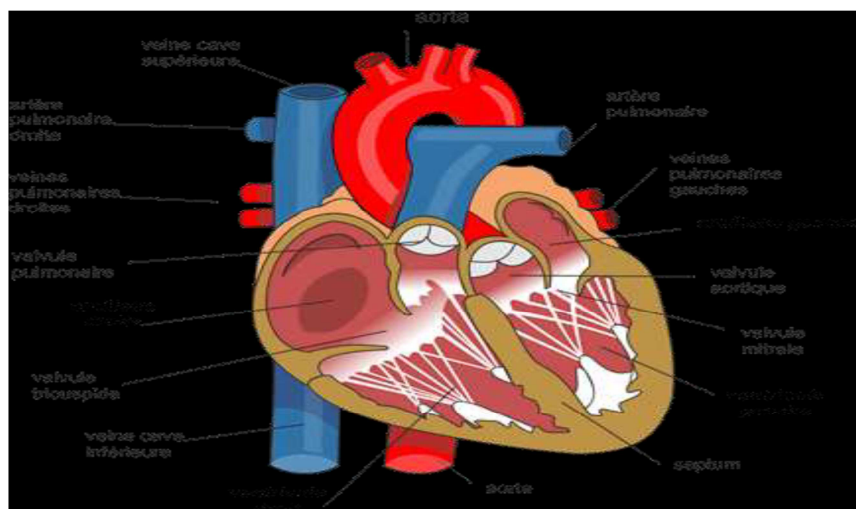


Figure 1 : La composition et le fonctionnement du cœur

La figure 1 représente la composition du cœur et indique son principe de fonctionnement à travers les différentes flèches qui s'y trouvent[5].

4.2 LE SANG

Le sang est un liquide organique visqueux de couleur rouge, constitué d'une partie liquide (plasma) et d'éléments figurés en suspension (Érythrocyte, leucocyte, thrombocytes) propulsé par le cœur en circuit fermé à travers les artères, les capillaires et les veines. Il est aussi Considéré du point de vue histologique, comme un tissu (tissu sanguin) et du point de vue physiologique comme un organe. Il assure un grand nombre de fonctions : apport d'oxygène aux tissus par l'intermédiaire de l'hémoglobine, des érythrocytes, ainsi que des substances nutritives indispensables. Il assure également le transport des déchets jusqu'aux organes excréteurs (reins, poumons etc.), des hormones, des vitamines et de certaines enzymes maintenant l'équilibre humoral et la température. la masse sanguine représente approximativement 1/13 du poids total du corps humain[6 – 10]. Le sang contient de très nombreux antigènes et anticorps spécifiques (agglutinogènes agglutinines)[11].

4.2.1 DISTRIBUTION DU SANG DANS LE CORPS HUMAIN

Le débit (Q) de sang dans les vaisseaux dépend de la différence de pression et de la résistance vasculaire[12]. Celui – ci est le volume du sang s'écoulant dans les vaisseaux par unité de temps et il est proportionnel à la résistance de pression (Δp) et inversement proportionnel à la résistance vasculaire (R).

$$Q = \frac{\Delta p}{R} \quad (1)$$

La figure 2 suivante, nous illustre la distribution du sang dans le corps humain.

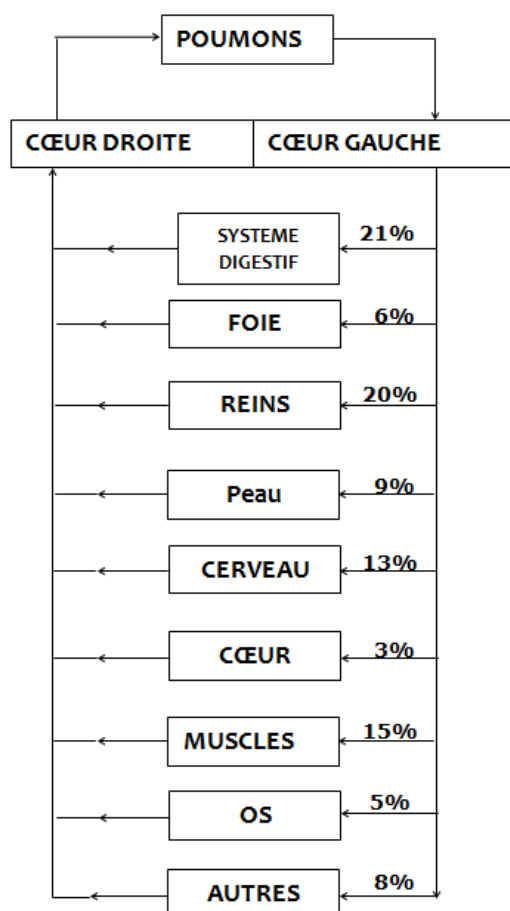


Figure 2 : Circulation sanguine dans le corps humain [13]

La figure ci-dessus est une combinaison du système cardiaque et du système vasculaire. Elle nous indique comment le système cardiaque propulse le sang dans le système vasculaire sous une répartition en pourcentage dans les différents organes.

4.2.2 SYSTÈME VASCULAIRE

Le corps humain est constitué d'un réseau des vaisseaux sanguins d'une longueur totale moyenne dépassant 100000km [14] permettant la circulation du sang dans les organes du corps humain. Le système vasculaire est composé des vaisseaux suivants :

- les artères ;
- les veines ;
- les artérioles ;
- les veinules ;
- les capillaires.

4.3 LES CHAMPS D'APPLICATION DES BIOMATERIAUX DANS LE SYSTEME CARDIOVASCULAIRE

Nous distinguons :

- valves cardiaques ;
- matériel pour circulation extracorporelle (oxygénateurs, tubulures, pompes, ...) ;
- coeur artificiel ;
- assistance ventriculaire ;
- stimulateurs cardiaques ;
- prothèses vasculaires ;
- matériels pour angioplastie luminale coronarienne et stents.

4.4 MODE D'IMPLANTATION DES BIOMATERIAUX DANS LE SYSTEME VASCULAIRE

D'une manière générale, il est plus qu'important de savoir qu'un biomatériau à l'état brute ne peut pas faire objet de l'implantation dans le corps humain ; il faut le façonner afin de lui donner les caractéristiques que possède l'organe défaillant pour qu'il soit appelé prothèse. Le plus souvent, l'implication du remplacement d'un segment d'artère à l'état pathologique par une prothèse synthétique ou biomatériau pour former un nouveau canal dans lequel le sang peut circuler, se fait par le traitement conventionnel appelé chirurgie ouverte (« open surgery » ou « OPEN ») telle qu'illustré dans la figure 3 ci-dessous.

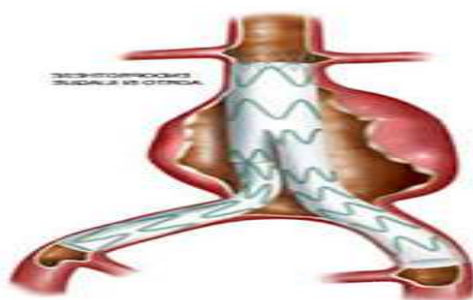


Figure 3. : Implantation d'une prothèse.

La figure 3 indique l'implantation d'une prothèse dans l'aorte abdominale.

5 BIOMATERIAUX VASCULAIRES

Dans le domaine médical, plusieurs matériaux prothétiques ont été successivement utilisés pour le remplacement des vaisseaux, dont nous citons : L'ivalon, le crylon, goretex, téflon, dacron[15].

Des tous ces biomatériaux, seuls le dacron et le téflon qui ont donné satisfaction, car ces sont des matériaux inertes bien tolérés par l'organisme, avec une trame ayant une solidité remarquable[16].

6 SIMULATION NUMERIQUE

Nous avons effectué la simulation numérique à partir des données ci-dessous, dont l'implémentation s'est fait par lancement du programme en logiciel MatLab.

6.1 DONNÉES À SIMULER

- Pression d'entrée (P_1) : 140mmhg ;
- Pression de sortie (P_2) : 90mmhg ;
- Diamètre intérieur (D_i) : 25,4 mm ;
- Déformation (Δd) : 10% ;
- Epaisseur (e) : 2mm ;
- Longueur (L) : 120mm.

6.2 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

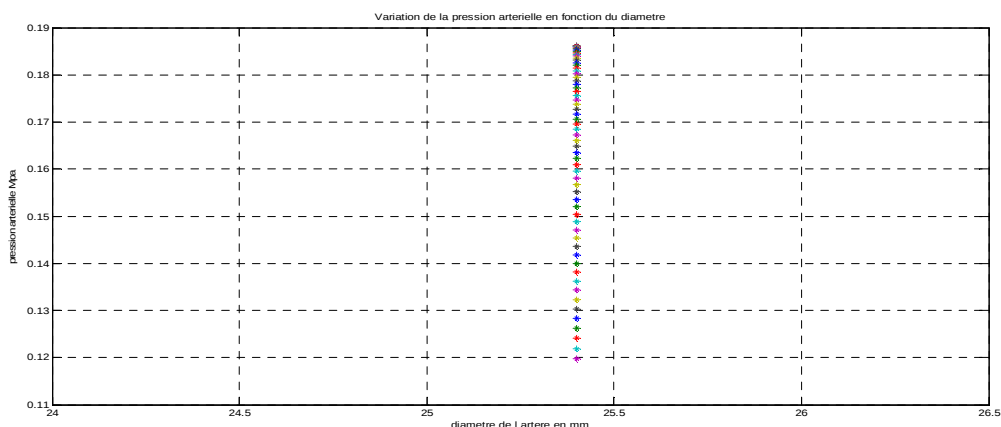


Figure 4 : Variation de la pression artérielle en fonction du diamètre

La figure 4 indique la variation de la pression artérielle en fonction du diamètre de l'artère. La pression artérielle quitte de 0,1862MPa en diminuant progressivement jusqu'à 0,1179 MPa, pendant que le diamètre de l'artère part de 25,4mm et reste constant.

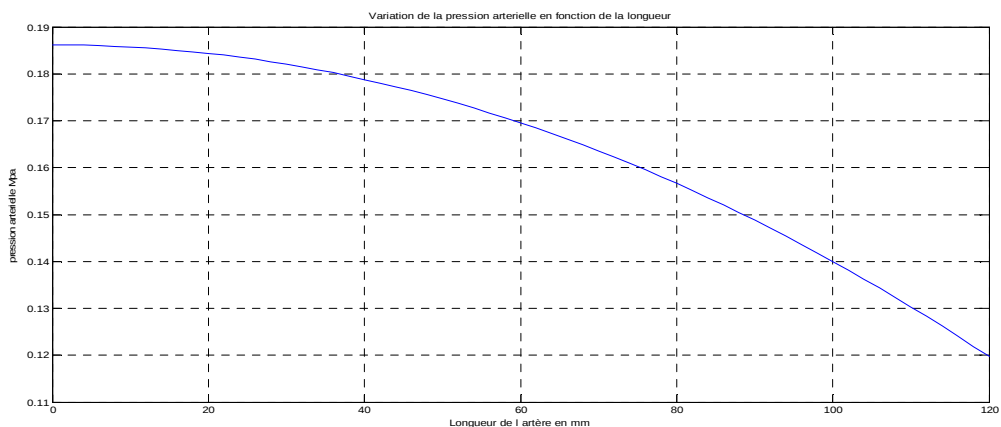


Figure 5 : Variation de la pression artérielle en fonction de la longueur

La figure 5 Concerne la variation de la pression artérielle en fonction de la longueur de l'artère. Nous constatons que la pression artérielle part de 0,18620 MPa pour diminuer jusqu'à 0,11970 MPa en fonction de la longueur de l'artère (120 mm). Ce qui revient à dire qu'il y a perte de pression le long de l'artère.

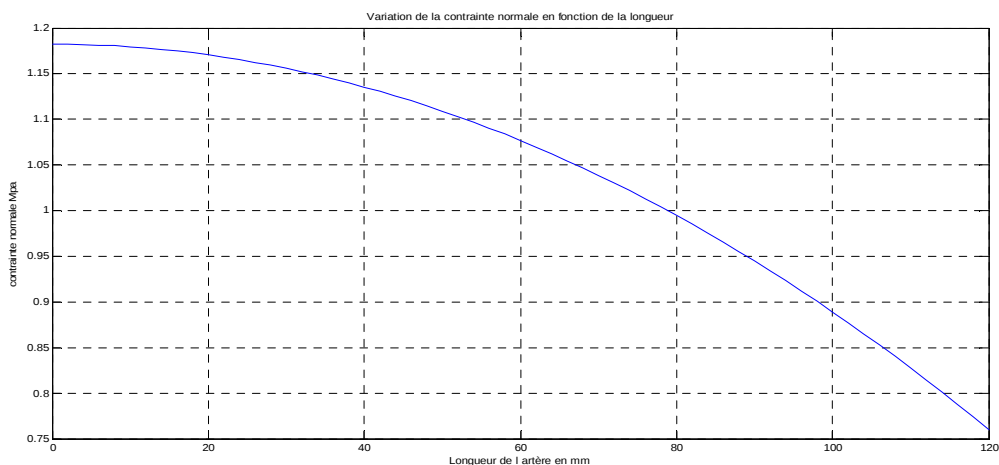


Figure 6 : Variation de la contrainte normale en fonction de la longueur.

La figure 6 montre la contrainte normale que le sang exerce sur l'artère en fonction de sa longueur (120mm). Elle indique que la contrainte normale quitte de 1,18237 MPa à 0,760095 MPa.

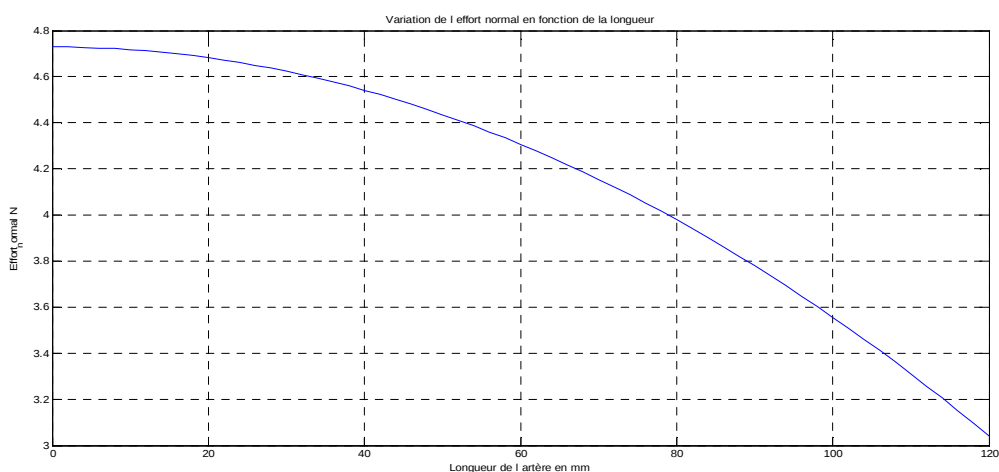


Figure 7 : Variation de l'effort normal en fonction de la longueur.

La figure 7 présente la variation de l'effort normal qu'exerce le sang sur l'artère en fonction de sa longueur (120 mm). Nous remarquons cet effort normal part de 4,72948 N à 3,04038 N.

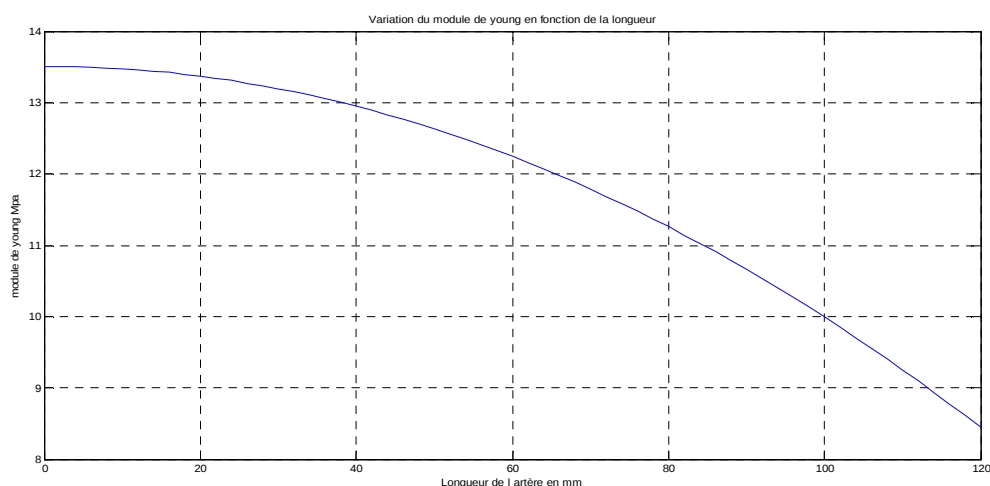


Figure 8 : Variation du module de young en fonction de la longueur.

La figure 8 illustre la variation du module de young en fonction de la longueur de l'artère (120mm). Nous constatons que le module de young part de 13,5128 MPa en diminuant progressivement jusqu'à 8,4455MPa.

7 DISCUSSION

Il est vrai que les problèmes des biomatériaux sont regroupés selon deux grands thèmes [17]:

- physicochimiques des biomatériaux ;
- biocompatibilité et biofonctionnalité.

Dans cette étude de l'identification numérique d'un biomatériau aortique, la discussion s'est focalisée en considérant seulement l'aspect biocompatibilité et biofonctionnalité.

Les biomatériaux étant au centre d'innovation et un domaine pluridisciplinaire impliquant les sciences physiques, chimiques, les sciences de l'ingénieur, les sciences du vivant et la médecine, cette discussion s'est basée à la comparaison de nos résultats à ceux trouvés par d'autres scientifiques.

Tableau 1 : Comparaison de nos résultats de pression artérielle à ceux de Modeste Dallochio et Jacques clément dans l'ordre de mono tendu [18]

Auteurs	pression systolique (entrée)	pression diastolique (sortie)
Nous	140 mmhg	90mmhg
Dallochio et Jacques clément	140 mmhg	90mmhg

Nos résultats de la pression systolique et diastolique sont égaux à ceux de **Dallochio et Jacques clément** pour la pression systolique et diastolique ;

Tableau 2 : Comparaison de notre Module de young à celui de Guyens, Luboz et ceux trouvés par Boisse et al., en 2009 pour les textiles vascutek [19], [20], [21]

Auteurs	Module de young	Unité
Nous	12	MPa
Guyens	10	MPa
Luboz	10 à 100	MPa

Tableau 3 : Modules de young des textiles vascutek trouvés par Boisse et al en 2009.

θ	0°	11,25°	22,5°	33,75°	45°	56,25°	67,5°	78,75°	90°	0°
E_{θ} (MPa)	225	130	32	15	15	15	32	190	1000	

Notre module de young rapproche celui de Guyens et ceux trouvés par **Boisse et al.** plus précisément à l'angle de 33,75°;45°;56,25° repris dans le tableau 3. Il se trouve également dans la fourchette de seuil de module young des textiles aortiques établis par Luboz. A ce sujet, j.B.Park et al. [22] dans leurs expériences ont trouvé qu'une artère a en moyenne un module d'élasticité de l'ordre 1MPa; observant le nôtre, il est irréprochable.

Tableau 4 : Comparaison du résultat de notre contrainte normale à ceux de COMOLET R[23]

Auteurs	unité MPa	unité MPa	unité MPa
Nous	1,16	-----	-----
COMOLET. R.	1,17	1,12	1,08

Notre résultat de la contrainte normale rapproche ceux de COMOLET

S'agissant de l'effort normal que le sang exerce sur notre aorte synthétique, sachant que tout matériau réagit aux contraintes par une déformation, la valeur du module de young de notre matériau montre qu'il va répondre favorablement à ces diverses contraintes.

8 CONCLUSION

Notre étude expérimentale, a produit les résultats porteurs des caractéristiques du nouveau biomatériau aortique. Ces différents résultats sont obtenus par l'exploitation du logiciel MatLab, et ont été confrontés à ceux trouvés par d'autres chercheurs. Ces résultats, sont une contribution d'une envergure capitale dans le domaine médical.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier l'éternel Dieu tout puissant qui nous a accordé le souffle de vie. Et toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article. Nos remerciements s'adressent particulièrement aux professeurs Beta Mwakatita Mura et Ahuka Shamba André, à l'assistant Luzitu Kilonga Kastro pour leurs orientations.

REFERENCES

- [1] AhukaShamba André (2008) Connaissance des matériaux Collection sciences Appliquées éditions Universitaires Africaines P₆.
- [2] William D.(2010) Callister
- [3] A.S.Hoffman et al. (1996) Biomaterials Science: An introduction to Materials in Medicine Academic Press, San Diego, P₂
- [4] Antoine Hamel ; Didier Hannouche ; Frédéric Sailhan Biocompatibilité Biomatériaux définitions – aspects fondamentaux DESC de Chirurgie Pédiatrique
- [5] Hubert Mely thèse (2011) Modélisation de latransformation des biomatériaux par un modèle de percolation
- [6] MBAYA ILUNGA E. DEA (2015) Modélisation numérique de l'anévrisme de l'aorte abdominale P₁₀.
- [7] Stanley Davidson (2005) Médecine interne Principes et Pratique Maloine P₃₆₀.
- [8] W.Rutishauser (1992) Cardiologie Clinique édition Masson P₁₃₄₋₁₃₅.
- [9] Garnier Delamare 30^{ème} édition dictionnaire illustré des termes médecine P₇₈₂.
- [10] CARO C.G.(1978) The mechanics of the circulation, Oxford : Oxford University Press,p₅₄₂
- [11] Professeur Michel Porrier (2004), Dictionnaire édition Flammarion P₁₉₆.
- [12] Dictionnaire médical Flammarion 7 édition P₇₈₈.
- [13] L.Manuila, A Manuila, P. Lowalle, M.Nicoulin, 9^e édition Dictionnaire Médical P₄₄₅.
- [14] Marc Gentilini (1995) Médecine Tropicale 12^{ème} édition P₆₀₁
- [15] Claude K.W.Friedli (2005), chimie générale pour ingénieur, presses polytechniques et universitaires romandes,(ISBN 2880744288) P₄₇₁.
- [16] Crowford ES.(1991) Ruptured abdominal aortic anevrysm ;an editorials vasc surg;13:348-50.
- [17] Laurent SEDEL et Christian JANOT, Rapport sur les BIOMATERIAUX P₁₇
- [18] Modeste Dallochio et Jacques clémenty (1992) conduite pratique face à l'hypertension artérielle.
- [19] NGUYEN S.(1997) étude de l'interface stent-collet aortique : rapport de Projet de Fin d'Etudes, Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Solides, INSA de Lyon, p₂₅.
- [20] LUBOZ V., Mémoire de doctorat - Chapitre 10,
Disponible sur <http://www.timc.imag.fr/Vincent.Luboz/activites/these/13Chapitre10.pdf> (consulté le 27.06.2006)
- [21] P. Boisse, N. Hamila, P. Badel, E. Vidal (2009) Simulations éléments-finis de la déformation de textiles aux échelles macro et mésoscopique. Mécanique & Industrie, salle 10:15–19,
- [22] J.B. Park (1979) Eds Plenum press, Biomaterials: an introduction, New-York.
- [23] COMOLET R. (1984), Biomécanique circulatoire, Paris : Masson, P₂₃₂.

The Mathematical Formulation of Laplace Series Decomposition Method for Solving Nonlinear Higher-Order Boundary Value Problems in Finite Domain

E.I. Akinola¹, F.O. Akinpelu², A.O. Areo¹, J.O. Akanni², and J.K. Oladejo²

¹Department of Mathematics and Statistics, Bowen University, Iwo, P.M.B. 284, Osun State Nigeria

²Department of Pure and Applied Mathematics, Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, P.M.B. 4000, Nigeria

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper presents a numerical method called Laplace Transform Series Decomposition Method (LTSDM) for solving fifth and sixth order boundary value problems in a finite domain with two point boundary conditions is presented. The method has to do with the combination of Laplace Transform method, series expansion and Adomian polynomial. The numerical results obtained using LTSDM are compared with the exact solutions, Differential Transform and Adomian Decomposition Methods. The results showed that the method is quite accurate, reliable, powerful, efficient, and is practically well suited for use in the problems considered.

KEYWORDS: Adomian polynomial, Boundary value problems, Higher-order, Laplace method, Series expansion

1 INTRODUCTION

A class of characteristic-value problems of higher order is known to arise in hydrodynamic and hydro magnetic stability [1], [2]. Fifth-order boundary value problems arise in the mathematical modeling of viscoelastic flows [3]. Sixth-order boundary value problems arise in modeling of a dynamo action in some stars [4], and in astrophysics; the narrow convecting layers bounded by stable layers which are believed to surround A-type stars can also be modeled by sixth-order boundary value problems [5].

Fifth and sixth order boundary value problems have been investigated by many researchers because of their mathematical importance and the potential for applications in hydrodynamic and hydro magnetic stability. Fifth and sixth order linear and nonlinear problems were solved in [6], [7] using Differential Transform Method, decomposition method was used in [6], [8], Noor et al. [9] used variational iteration method and homotopy perturbation method was used in [10]. This work presents Laplace series decomposition method for solving nonlinear fifth and sixth order boundary value problems. The accuracy and efficiency of the method was tested and established by comparing the numerical solutions obtained with the exact and the existing results using Differential Transform and Adomian Decomposition methods [6].

2 THE METHODS

Consider the nth order boundary value problem of the form

$$y^n(x) = f(x, y, y', y'', \dots, y^{n-1}), \quad 0 < x < b, \quad (1)$$

With the initial boundary conditions

$$B(y, \frac{dy}{dx}) = 0. \quad (2)$$

Applying the Laplace transformation on both sides of (1)

$$L[y^n(x)] = L[f(x, y, y', y'', \dots, y^{n-1})], \quad (3)$$

Using the differentiation property of the Laplace transform, we have

$$s^n L[y(x)] - D^{(n-1)}(y)(0) - sD^{(n-2)}(y)(0) - \dots - s^{n-1}(y)(0) = L[f(x, y, y', y'', \dots, y^{n-1})] \quad (4)$$

$$L[y(x)] = \frac{1}{s^n} (D^{(n-1)}(y)(0) + sD^{(n-2)}(y)(0) + \dots + s^{n-1}(y)(0)) + \frac{1}{s^n} L[f(x, y, y', \dots, y^{n-1})] \quad (5)$$

The standard Laplace transformation method defines the solution $y(x)$ by the series

$$y(x) = \sum_{n=0}^{\infty} y_n(x), \quad (6)$$

and the nonlinear term is decompose as

$$Ny(x) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n(y) \quad (7)$$

Where

A_n are the special polynomials called the Adomian polynomials of $y_0, y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ define by Wazwaz in [11] as

$$A_n = \frac{1}{n!} \frac{d^n}{d\lambda^n} \left[N \left(\sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i y_i \right) \right]_{\lambda=0}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (8)$$

Substitute (6) and (7) into eq. (5) to give

$$s^n L[y(x)] - D^{(n-1)}(y)(0) - sD^{(n-2)}(y)(0) - \dots - s^{n-1}(y)(0) = L[f(x, y, y', y'', \dots, y^{n-1})] \quad (4)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} L[y_n(x)] = \frac{1}{s^n} (D^{(n-1)}(y)(0) + sD^{(n-2)}(y)(0) + \dots + s^{n-1}(y)(0)) + \frac{1}{s^n} L[f(x, y, y', \dots, y^{n-1})] \quad (9)$$

Using the condition in eq. (2), recursive relation $L[y_0(x)], L[y_1(x)], L[y_2(x)], \dots$ are obtained.

Taking the Laplace inverse of the recursive relation obtained resulted into the general solution

$$y = y_0(x) + y_1(x) + y_2(x) + y_3(x) + \dots \quad (10)$$

3 NUMERICAL APPLICATION

PROBLEM 1

Consider the nonlinear equation of order three for fifth- order boundary value problem (BVP)

$$y^{(5)}(x) = e^{-x} (y(x))^3, \quad 0 < x < 1 \quad (11)$$

subject to the boundary conditions

$$y(0) = 1, y'(0) = \frac{1}{2}, y''(0) = \frac{1}{4}, y(1) = e^{\frac{1}{2}}, y'(1) = \frac{1}{2} e^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

since problem (1) is an initial boundary value problem, an assumption is made that

$$y'''(0) = a, \quad y^{iv}(0) = b \quad (13)$$

Obtaining the series expansion of e^{-x} and apply the LTDM, the general solution $y(x)$ is obtained in terms of a and b with just two iteration using LTSDM, the boundary condition $y(1) = e^{\frac{1}{2}}$ and $y'(1) = \frac{1}{2}e^{\frac{1}{2}}$ are then imposed on $y(x)$ in order to find the value of the constants as $a = 0.1824450553$ and $b = -0.3784200594$

Table 1: Comparison of the results obtained by LTSDM with the Exact, Differential Transform Method (DTM) and Adomian Decomposition Method (ADM) for problem 1

X	Exact	DTM(N=18)	ADM(N=18)	LTSDM(N=18)	DTM error	ADM error	STSDM error
0.0	1	1	1	1	0	0	0
0.1	1.051271096	1.051278920	1.051304388	1.051278915	7.8×10^{-6}	3.3×10^{-5}	7.8×10^{-6}
0.2	1.105170918	1.105220776	1.105376893	1.105220744	4.9×10^{-5}	2.1×10^{-4}	4.9×10^{-5}
0.3	1.161834243	1.161964144	1.162354697	1.161964053	1.3×10^{-4}	5.2×10^{-4}	1.3×10^{-4}
0.4	1.221402759	1.221630872	1.222288170	1.221630695	2.3×10^{-4}	8.9×10^{-4}	2.3×10^{-4}
0.5	1.284025416	1.284337420	1.285197259	1.284337148	3.1×10^{-4}	1.2×10^{-3}	3.1×10^{-4}
0.6	1.349858808	1.350206775	1.351121795	1.350206432	3.5×10^{-4}	1.2×10^{-3}	3.5×10^{-4}
0.7	1.419067549	1.419381004	1.420165281	1.419380653	3.1×10^{-4}	1.1×10^{-3}	3.1×10^{-4}
0.8	1.491824698	1.492034431	1.492531616	1.492034158	2.1×10^{-4}	7.1×10^{-4}	2.1×10^{-4}
0.9	1.568312185	1.568387480	1.568554250	1.568387370	7.5×10^{-4}	2.4×10^{-4}	7.5×10^{-4}
1.0	1.648721271	1.648721270	1.648717133	1.648721271	1.1×10^{-9}	4.1×10^{-6}	0

PROBLEM 2

Consider the fourth -order nonlinear for fifth- order boundary value problem (BVP)

$$y^{(5)}(x) = e^x (y(x))^4, \quad 0 < x < 1 \quad (14)$$

subject to the boundary conditions

$$y(0) = 1, y'(0) = -\frac{1}{3}, y''(0) = \frac{1}{9}, y(1) = e^{\frac{1}{3}}, y'(1) = -\frac{1}{3}e^{\frac{1}{3}} \quad (15)$$

Using the same approach used in problem (1) to obtain the general solution of problem (2)

Table 2: Comparison of the results obtained by LTSDM with the Exact, Differential Transform Method (DTM) and Adomian Decomposition Method (ADM) for problem 2

X	Exact	DTM(N=18)	ADM(N=18)	LTSDM(N=18)	DTM error	ADM error	LTSDM error
0.0	1	1	1	1	0	0	0
0.1	0.967216006	0.9672221453	0.9667810534	0.9672221397	6.0×10^{-6}	4.4×10^{-4}	6.0×10^{-6}
0.2	0.9355069849	0.9672221453	0.932179974	0.9355449423	3.2×10^{-2}	3.3×10^{-3}	3.7×10^{-5}
0.3	0.9048374181	0.9049350590	0.8944787522	0.9049349480	9.8×10^{-5}	1.0×10^{-2}	9.8×10^{-5}
0.4	0.8751733191	0.8753424236	0.8533754418	0.8753422057	1.7×10^{-4}	2.2×10^{-2}	1.7×10^{-4}
0.5	0.8464817250	0.8467098288	0.8103487343	0.8467094953	2.3×10^{-4}	3.6×10^{-2}	2.3×10^{-4}
0.6	0.8187307532	0.8189816371	0.7687007110	0.8189812180	2.5×10^{-4}	5.0×10^{-2}	2.5×10^{-4}
0.7	0.7918895662	0.7921124409	0.7332405365	0.7921120107	2.2×10^{-4}	5.8×10^{-2}	2.2×10^{-4}
0.8	0.7659283385	0.7660753950	0.7095695543	0.7660750653	1.4×10^{-4}	5.6×10^{-2}	1.5×10^{-4}
0.9	0.7408182206	0.7408702826	0.7029247972	0.7408701440	5.2×10^{-5}	3.8×10^{-2}	5.2×10^{-5}
1.0	0.7165313106	0.7165313107	0.7165313263	0.7165313106	1.1×10^{-10}	1.6×10^{-8}	0

PROBLEM 3

Consider the fourth -order nonlinear for fifth- order boundary value problem (BVP)

$$y^{(6)}(x) = e^x (y(x))^3, \quad 0 < x < 1 \quad (14)$$

subject to the boundary conditions

$$y(0) = 1, y'(0) = -\frac{1}{2}, y''(0) = \frac{1}{4}, y(1) = e^{-\frac{1}{2}}, y'(1) = -\frac{1}{2}e^{-\frac{1}{2}}, y''(1) = \frac{1}{4}e^{-\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Following the same approach used in problem (1) the general solution of problem (3) is also obtained

Table 3: Comparison of the results obtained by LTSDM with the Exact, Differential Transform Method (DTM) and Adomian Decomposition Method (ADM) for problem 3

X	Exact	DTM(N=18)	ADM(N=18)	LTSDM(N=18)	DTM error	ADM error	LTSDM error
0.0	1	1	1	1	0	0	0
0.1	0.9512294245	0.9492075127	0.9492075127	0.9512286231	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	8.0×10^{-7}
0.2	0.9048374181	0.8916268943	0.8916268943	0.9048329476	1.3×10^{-2}	1.3×10^{-2}	4.5×10^{-6}
0.3	0.8607079765	0.8251427077	0.8251427077	0.8606979420	3.6×10^{-2}	3.6×10^{-2}	1.0×10^{-5}
0.4	0.8187307532	0.7534730280	0.7534730280	0.8187158824	6.5×10^{-2}	6.5×10^{-2}	1.5×10^{-5}
0.5	0.7788007831	0.6839803183	0.6839803183	0.7787840953	9.5×10^{-2}	9.5×10^{-2}	1.7×10^{-5}
0.6	0.7408182206	0.6254839642	0.6254839642	0.7408035616	1.2×10^{-1}	1.2×10^{-1}	1.5×10^{-5}
0.7	0.7046880897	0.7046783358	0.5860748693	0.7046783388	9.8×10^{-6}	1.2×10^{-1}	9.8×10^{-6}
0.8	0.6703200461	0.6703157625	0.5709325210	0.6703157639	4.3×10^{-6}	1.0×10^{-2}	4.3×10^{-6}
0.9	0.6376281517	0.6376273947	0.5801448253	0.6376273949	8.0×10^{-7}	5.7×10^{-2}	7.6×10^{-7}
1.0	0.6065306598	0.6065306599	0.6065306590	0.6065306597	1.0×10^{-10}	8.0×10^{-10}	2.7×10^{-12}

4 CONCLUSION

The new technique, Laplace Transform Series Decomposition Method (LTSDM) was used to solve fifth and sixth order nonlinear boundary value problems. All the computational results obtained from the three problems considered using LTSDM are made possible using Maple 18, and the numerical results obtained are in good agreement with the exact solution even with just few iteration. Comparison of LTSDM with other numerical methods such as the Differential Transform Method and Adomian Decomposition Method shows that Laplace Transform Series Decomposition Method is efficient, reliable, powerful and accurate for solving nonlinear higher order in a finite domain with two point boundary conditions of any form.

REFERENCES

- [1] S. Chandra Sekhar, Hydrodynamic and Hydro Magnetic Stability, Dover, New York, USA, 1981.
- [2] K. Djidjeli, E.H. Twizell, and A. Boutayeb, "Numerical methods for special nonlinear boundary value problems of order 2m," Journal of Computational and Applied Mathematics, vol. 47, no. 1, pp. 35-45, 1993.
- [3] G.A. Glatzmaier, Numerical simulation of stellar convection dynamics at the base of the convection zone, Geophys. Fluid Dynamics, 31(1985), 137-150.
- [4] S. Chandra Sekhar, Hydrodynamic and Hydro Magnetic Stability, Clarendon Press Oxford, 1961: reprinted by Dover Books, New York, (1981).
- [5] J. Toomre, J.R. Zahn, J. Latour, E.A. Spiegel, Stellar convection theory II: single-mode study of the second convection zone in A-type stars, Astrophys. J., 207(1976), 545-563.
- [6] Che Haziqah, Che Hussin and Adem Kilicman, On the solution of nonlinear higher-order boundary value problems by using Differential transformation method and Adomian decomposition method, Mathematical problems in engineering, vol. 2011, Article ID724927. 19 pages, doi:10.1135/2011/722927.
- [7] Javed Ali, One dimensional Differential transform method for some higher order boundary value problems in finite domain, Int. J. Contemp. Math. Sciences, vol. 7, 2012, no. 6, pp. 263-272.

- [8] A.M. Wazwaz, The numerical simulation solution of fifth-order boundary value problems by decomposition method, J. Comp. and Appl. Math. , 136(2001), 259-270.
- [9] M.A. Noor, S.T. Mohyud-Din, Variational iteration method for solving sixth order boundary value problems, pre-print (2007).
- [10] Muhammad Aslam Noor, Syed Tauseef Mohyud-Din, Homotopy perturbation method for solving sixth-order boundary value problems, Comput. Math. Appl., 55 (2008), 2953-2972.
- [11] A.M. Wazwaz, Solitary wave solutions for the modified Kdv equation by Adomian decomposition. Int. J. Appl. Math. (3), 2000a, 361-368.

Aspects thérapeutiques et pronostiques des sarcomes utérins: à propos de 12 cas de l'Institut National d'Oncologie de Rabat

[Therapeutic and prognostic of uterine sarcoma: about 12 case report of the National Oncology Institute in Rabat]

M. Bamohamed¹, H. Saoudi Hassani¹, O. Alhaderi², F. Tijami³, and H. Hachi³

¹Service de gynécologie obstétrique et d'endoscopie gynécologique, Maternité Souissi,
Université Mohammed V Souissi,
Rabat, Morocco

²Service de gynécologie obstétrique et endocrinologie, Maternité Souissi,
Université Mohammed V Souissi,
Rabat, Morocco

³Pole gynéco-mammaire, Institut national d'oncologie,
Université Mohammed V Souissi,
Rabat, Morocco

Copyright © 2017 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: Uterine sarcomas are malignant tumors with poor prognosis.

The purpose is to clarify the epidemiological, diagnostic difficulties and therapeutic modalities and prognosis of uterine sarcomas.

Twelve cases of uterine sarcomas supported the National Institute of Oncology (2008-2011) were analyzed.

The average age is 43.75 years.

Patients viewed had the clinical triad of bleeding, pain and / or pelvic mass. On the para-clinical, seven patients had an inconclusive ultrasound, however the scan was performed in all our patients showing a pelvic mass. The realization of the biopsy endometrial curettage led to the diagnosis. All patients underwent a hysterectomy associated with lymph node dissection in cases with carcinomatous component. Histological analysis of surgical specimens objectified 06 carcinosarcomas, 03 leiomyosarcoma, 02 endometrial stromal sarcoma and an adenosarcoma.

In our study in discordance with the literature, the mixed mesenchymal tumors (carcinosarcoma and adenosarcoma) are the most common histological type 58.33% followed by pur sarcoma (sarcoma and endometrial stromal leiomyosarcoma) with a frequency of 41.67%.

The average age of patients (43.75 years) is consistent with the literature. The classic clinical triad, reported by most authors, was found in the majority of patients.

MRI and PET scan are the most successful exams. The diagnosis rests on hysterectomy's piece. For treatment, surgery with hysterectomy and adnexectomy with or without lymph node dissection followed by external radiation therapy is the gold standard.

Indeed, uterine sarcomas are malignant tumors with poor prognosis whose diagnosis is primarily postoperative.

Surgery with radiation therapy is the gold standard.

Hope rests on new drugs that are being tested.

KEYWORDS: uterine sarcomas, pelvic MRI, curettage biopsy, hysterectomy, bilateral adnexectomy.

RESUME : Les sarcomes utérins sont des tumeurs malignes rares de mauvais pronostic.

L'objectif du travail est de préciser les caractéristiques épidémiologiques, les difficultés diagnostiques ainsi que les modalités thérapeutiques et le pronostic des sarcomes utérins.

Douze cas de sarcomes utérins pris en charge à l'institut nationale d'oncologie de rabat (2008-2011) ont été analysés.

L'âge moyen est de 43.75 ans.

Les patientes ont consulté à l'occasion de la triade clinique métrorragies, douleur et/ou masse pelvienne. Sur le plan para-clinique, sept patientes ont consulté ayant déjà fait une échographie non concluante, cependant le scanner a été réalisé chez toutes nos patientes montrant une masse pelvienne. La réalisation du curetage biopsique de l'endomètre a permis d'évoquer le diagnostic. Toutes nos patientes ont bénéficié d'une hystérectomie associée à un curage ganglionnaire dans les cas avec composante carcinomateuse. L'analyse anatomopathologique des pièces opératoires a objectivé 06 carcinosarcomes, 03 léiomyosarcomes, 02 sarcomes du stroma endométrial et un adénosarcome.

Dans notre étude en discordance avec la littérature, les tumeurs mésoenchymateuses mixtes (adénosarcome et carcinosarcome) sont le type histologique le plus fréquent 58.33% suivie des sarcomes pures (sarcome du stroma endométrial et léiomyosarcome) avec une fréquence de 41.67%.

L'âge moyen des patientes (43.75 ans) concorde avec la littérature. La triade clinique classique retrouvée chez la majorité des patientes est celle rapportée par la plupart des auteurs.

L'IRM et PET-scan sont les examens les plus performants. Le diagnostic de certitude est posé sur pièce opératoire. Pour le traitement, la chirurgie avec hystérectomie et annexectomie bilatérale avec ou sans curage ganglionnaire suivie d'une radiothérapie externe est le gold standard.

En effet, les sarcomes utérins sont des tumeurs malignes qui demeurent de mauvais pronostic dont le diagnostic est posé essentiellement en post opératoire.

La chirurgie avec radiothérapie constituent le gold standard.

L'espoir repose sur les nouvelles molécules qui sont en cours d'essai.

MOTS-CLEFS: sarcomes utérins, IRM pelvienne, curetage biopsique, hystérectomie totale, annexectomie bilatérale.

1 INTRODUCTION

Les sarcomes utérins sont une entité rare, de pronostic réservé.

Au plan anatomopathologique, il s'agit d'un groupe hétérogène constitué de plusieurs types histologiques.

Le diagnostic anatopathologique se fait par un curetage biopsique de l'endomètre mais dans certains cas ne peut se faire que sur pièce opératoire.

Le traitement est essentiellement chirurgical.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 EPIDEMIOLOGIE

L'étude concerne 12 cas, colligés entre 2008 et 2011.

L'âge moyen de nos patientes était de 43,75 avec des extrêmes entre 22 et 74 ans, 10 patientes sur 12 étaient ménopausées soit 83%.

2.2 DIAGNOSTIC

Les signes fonctionnels sont dominés par les métrorragies (91%) suivis des douleurs pelviennes (58%) puis les masses abdomino-pelviennes (41%), par contre les signes physiques étaient représentés par les masse abdomino-pelviennes et l'utérus augmenté de taille.

Le scanner pelvien réalisé chez toutes nos patientes, a objectivé la présence d'un processus utérin. La non disponibilité dans notre formation de l'IRM pelvienne n'a pas permis la réalisation de cet examen.

Sur le plan anatomopathologique, le diagnostic a été fait par curetage biopsique de l'endomètre chez 07 patientes.

La radiographie pulmonaire et le scanner abdominale, réalisés dans le cadre du bilan d'extension sont revenus normaux chez toutes les patientes.

2.3 TRAITEMENT

2.3.1 CHIRURGIE

Toutes nos patientes ont bénéficié d'une hystérectomie totale avec annexectomie bilatérale associée, dans 04 cas, à un curage pelvien dans le cas où une composante épithéliale est associée. Le résultat anatomopathologique des pièces opératoires a montré:

- Tumeurs mullériennes mixtes: 07 cas dont 06 carcinosarcomes et un adénosarcome (le grade n'a pas été précisé).
- Leiomyosarcome: 03 cas (02 grade II et 01 grade III).
- Sarcome stromal: 02 cas (grade I)

2.3.2 RADIOTHÉRAPIE

Réalisée chez 07 patientes en postopératoires devant un envahissement ganglionnaire et/ou une grosse tumeur.

2.3.3 CHIMIOTHÉRAPIE

Aucune de nos patientes n'a reçu une chimiothérapie.

2.4 EVOLUTION

Après un recul moyen de 24 mois avec des extrêmes allant de 10 à 60 mois, l'évolution était favorable chez 10 patientes avec un bon contrôle locorégional. Une est décédée après 4 mois (cause non précisée) et une est perdue de vue.

3 DISCUSSION

3.1 EPIDEMIOLOGIE

3.1.1 INCIDENCE

Les sarcomes utérins sont des tumeurs rares, représentant moins de 3 % des tumeurs malignes du tractus génital féminin et entre 3 et 7 % des tumeurs malignes du corps utérin.

3.1.2 AGE

Le sarcome utérin peut survenir tout au long de la vie [1], entre 24 et 95 ans avec un âge moyen de 60,5 ans pour Olah et coll. [2]; entre 15 et 85 ans avec une médiane de 54 ans pour L. Carvalho et coll. au Portugal [3]. Notre série, rejoint la littérature avec des extrêmes d'âge de 22 et 74 ans et une moyenne de 43,75 ans.

3.1.3 FACTEURS DE RISQUES

Certains facteurs sont discutés comme facteurs de risque de survenue de sarcome utérin: La race noire; la pauciparité; le statut ménopausique; l'obésité et l'hypertension artérielle.

3.2 DIAGNOSTIC

La confirmation diagnostic est souvent obtenue par l'étude anatomopathologique de la pièce opératoire d'une myomectomie ou hystérectomie.

3.2.1 CLINIQUE

La symptomatologie pouvant révéler un sarcome utérin est variable et non spécifique. Les signes les plus fréquemment retrouvés sont :

3.2.1.1 LES HÉMORRAGIES GÉNITALES

On les retrouve chez 76% des patientes de la série d'Olah [2] ; 70% des patientes de la série turque de D. Etiz [3]; 92 % de nos patientes ont consulté à l'occasion d'une hémorragie génitale.

3.2.1.2 MASSE ABDOMINO-PELVIENNE

Il est rapporté dans 20% de la série d'Olah [2], et 13% de la série de Etiz [3]. 41% de nos patientes présentaient une masse abdomino-pelvienne. c- douleur abdomino-pelvienne: souvent à type de pesanteur: Ce symptôme est retrouvé chez 58% de nos patientes, à une fréquence plus importante que celles des autres séries: Olah (27%)[2] et la série d' Etiz (16%) [3].

3.2.2 IMAGERIE

3.2.2.1 ECHOGRAPHIE

L'apport de l'échographie est faible, généralement, il s'agit d'une lésion hétérogène à double composante solide et kystique non spécifique de sarcome utérin [4].

3.2.2.2 TOMODENSITOMÉTRIE

Elle ne montre pas de signe spécifique en faveur de sarcome, souvent il s'agit d'une masse d'aspect hypodense. Dans notre série, à défaut d'une IRM, toutes nos patientes ont fait une TDM montrant la masse utérine et ses rapports avec les organes de voisinage.

3.2.2.3 IRM

L'aspect IRM caractéristique des sarcomes utérins est un hypersignal en séquence pondérée T1, et un signal hétérogène intense ou modéré en séquence pondérée T2.

3.2.3 ANATOMOPATHOLOGIE

La biopsie guidée par hystéroscopie et/ou curetage biopsique ne permettent le diagnostic qu'en cas d'atteinte endométriale [5].

Plusieurs cas de sarcomes utérins ont été diagnostiqués à la suite d'une résection hystéroscopique de l'endomètre pour traitement de métrorragies après échec du traitement médical [6].

Dans d'autres cas, le diagnostic histologique de confirmation des sarcomes utérins est posé lors d'une hystérectomie ou myomectomie pour fibrome utérin. Dans notre série, le diagnostic anatomopathologique a été posé en préopératoire par curetage biopsique de l'endomètre dans 07 cas (58%) et dans les 05 cas restant le diagnostic a été posé sur la pièce d'hystérectomie.

3.2.4 BILAN D'EXTENSION

Le sarcome utérin est réputé avoir un essaimage par voie hématogène, il est donc essentiellement pneumophile et hépatophile. Quand une composante épithéliale est associée, l'essaimage se fait essentiellement par voie lymphophile, donc l'extension peut être appréciée par un scanner thoracoabdominale et une IRM pelvienne.

3.3 TRAITEMENT

3.3.1 MOYENS

3.3.1.1 CHIRURGIE

Le but de cette chirurgie est de réaliser une exérèse de la tumeur utérine sans la morceler. Si le diagnostic est fortement suspecté ou connu avant l'intervention chirurgicale initiale, la voie d'abord choisie doit permettre une exploration de l'ensemble de la cavité abdomino-pelvienne et l'exérèse de l'utérus en monobloc pour diminuer la dissémination péritonéale ou vaginale postopératoire précoce, liée à la fragmentation de la pièce lors de l'extraction par voie vaginale; la voie préconisée est donc une médiane et non une Pfannenstiel ou vaginale [7].

Modalités chirurgicales : Exploration de la totalité de la cavité abdominopelvienne à la recherche d'une extension locorégionale ou générale. Le prélèvement de tout élément suspect et la cytologie péritonéale sont exigés [8]. L'hystérectomie totale avec une annexectomie bilatérale est l'intervention de référence [9]. Elle a été réalisée chez toutes nos patientes, associée à un curage ganglionnaire dans certains cas de figures.

3.3.1.2 RADIOTHÉRAPIE

la radiothérapie externe postopératoire est la séquence thérapeutique la plus utilisée, le volume et la dose dépendent des comptes rendus opératoires et anatomopathologiques, en effet on constate dans la littérature une hétérogénéité des résultats des études rétrospectives concernant le bénéfice de la radiothérapie et on peut cependant retenir un taux de rechute locale sensiblement diminué pour les patientes traitées par chirurgie et radiothérapie postopératoire, en comparaison avec celui observé après chirurgie seule [10].

3.3.1.3 CHIMIOTHÉRAPIE ADJUVANTE

La chimiothérapie adjuvante n'est pas considérée comme un standard dans les sarcomes utérins.

3.3.1.4 THÉRAPIE GÉNÉRIQUE

Plusieurs molécules, telles le celiciclib (CYC202 ; r-roscovitine), TNP-470 ont été testées seules ou en association avec d'autres thérapeutiques, avec des résultats disparates. Des résultats prometteurs ont été obtenus avec l'imatinib mesylate mais des recherches complémentaires sont nécessaires pour les confirmer [11].

3.3.1.5 HORMONOTHÉRAPIE

Plusieurs hormones, tels que les anti-œstrogènes, les progestérones, les antiprogestérones et les analogues de GnRH, ont été proposées dans des publications diverses sans qu'on puisse en établir des consensus puisqu'elles portent toutes sur des cas isolés ou de petites séries [12].

3.3.2 INDICATIONS

Pour les sarcomes utérins opérables d'emblée l'exérèse chirurgicale suivie d'une radiothérapie complémentaire représente le standard actuel pour le traitement locorégional. La lymphadénectomie pratiquée; quand il y a une composante carcinomateuse associée, elle intéresse les relais latéro-pelviens et éventuellement la région lombo-aortique quand ces derniers sont envahis ou devant la présence d'une adénopathie pelvienne visible à l'imagerie et/ou palpable en peropératoire. Pour les cas non opérables, il n'y a pas d'attitude standard. Cependant, une radiothérapie palliative peut être proposée aux patientes présentant une tumeur évolutive non opérable. Lorsqu'il existe une récurrence du sarcome sous la forme métastatique pulmonaire ou hépatique accessible à une résection chirurgicale, la chirurgie d'exérèse (hépatectomie ou résection pulmonaire) doit être discutée.

3.3.3 RÉSULTATS

3.3.3.1 FACTEURS PRONOSTIQUES

Facteurs cliniques: l'âge et le statut ménopausique semblent jouer un rôle important dans l'évolution de cette pathologie tumorale.

Facteurs histologiques: le type histologique qui semble être un vrai facteur pronostic en comparaison avec le grade et le degré de différenciation cellulaire.

3.3.3.2 PRONOSTIC

Le pronostic des sarcomes utérins est péjoratif puisque la survie à 5 ans est de l'ordre de 30 %, tous stades confondus (14). Seul le sous-groupe des sarcomes du stroma endométrial de bas grade présente une survie prolongée.

4 CONCLUSION

La clinique et l'imagerie des sarcomes utérins ont un faible apport dans le diagnostic. Le diagnostic de ces tumeurs est le plus souvent posé à posteriori sur pièce chirurgicale. L'association chirurgie radiothérapie externe postopératoire reste un gold standard. De nouvelles thérapeutiques sont en cours d'évaluation dans l'espoir d'améliorer le pronostic des patientes.

REFERENCES

- [1] Oliva E, Young RH, Clement PB, Scully RE. Myxoid and fibrous endometrial stromal tumors of the uterus: a report of 10 cases. *Int J Gynecol Pathol* 1999; 18(4):310-9;
- [2] Coindre JM, Trojani M, Contesso G, David M, Rouesse J, Bui NB et al. Reproducibility of a histopathologic grading system for adult soft tissue sarcoma. *Cancer* 1986; 58(2):306;
- [3] L. Carvalho, O. Sousa, N. Stas, M.J. Bento, E. Vieira : Uterine Sarcomas confined to the corpus : A twenty year experience at Instituto Português de Oncologia-Centro Do Porto 3;
- [4] M. Ueda; M. Otsuka; M. Hatakenaka; S. Sakai: MR imaging findings of uterine endometrial stromal sarcoma : differentiation from endometrial carcinoma. *Eur Radiol* 28-33; 11 ; 2001;
- [5] Philippe E, Charpin C (1992) Utérus, tumeurs malignes In: pathologie gynécologique et obstétricale. Paris, Masson : 141-3;
- [6] Sinevro K., Martyn P. : endometrial stromal sarcoma diagnosed after hysteroscopic endometrial resection. *J Am Assoc Gynecol Laprosc* May, 7(2) 257-9 ; 2006;
- [7] Morice P, Rodriguez A, Rey A, Pautier P, Atallah D, Genestie C et al. Prognostic value of initial surgical procedure for patients with uterine sarcoma: analysis of 123 patients. *Eur J Gynaecol Oncol* 2003; 24(3-4):237-40;
- [8] Geszler G, Szpak CA, Harris RE, Creasman WT, Barter JF, Johnston WW. Prognostic value of peritoneal washings in patients with malignant mixed müllerian tumors of the uterus. *Am J Obstet Gynecol* 1986; 155(1):83-9;
- [9] Piver M, Lurain J. Uterine sarcomas: clinical features and management. In: Coppleson M, Churchill Livingstone, eds. *Gynecologic Oncology*. London: 1981, vol 2;
- [10] Standards Options et Recommandations 2006 pour la prise en charge des patients atteints de sarcomes des tissus mous, FNLC.

Activité antiplasmodiale des plantes médicinales d'Afrique de l'Ouest: Revue de la littérature

[Antimalarial activity of medicinal plants from West Africa: A review]

Kodjovi Agbodeka¹, Holaly E. Gbekley¹, Simplicie D. Karou¹⁻², Kokou Anani¹, and Jacques Simpore²

¹Centre de recherche et de Formation sur les Plantes Médicinales, Université de Lomé, Togo

²Centre de Recherche Biomoléculaire Pietro Annigoni, Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2017 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: Until now, malaria remains a major public health problem in the intertropical zone. There is an urgent need to identify new anti-malarial drug targets, due to the increasing problem of drug resistance to malaria parasites. Historically, the majority of antimalarial drugs have been derived from medicinal plants or from structures modelled on plant lead compounds. In various West African countries, several plants have been reported to be having antimalarial effects and are being applied traditionally as antimalarial agents.

This review focuses on medicinal plants which are used to treat malaria in West Africa during the period of 2003 to 2015. It also attempts to describe some tests which can be used to evaluate plant extracts for antimalarial activity. One hundred and forty-six herbal plants have been captured in this article due to their local usage as antimalarial agents. Some like *Acanthospermum hispidum* D.C., *Isacina senegalensis*, *Pavetta crassipes*, *Croton labatus*, show intense activity against malaria parasites *in vitro* and in experimentally infected mice.

The array of medicinal plants employed as antimalarial agents in West Africa, unveils a promising source for the development of new and better antimalarial drugs. It is vital that the efficacy and safety of traditional medicines be validated and their active constituents be identified in order to establish reliable quality control measures.

KEYWORDS: Ethnomedecine, Plasmodium, antimalarial, Selectivity index, *Croton labatus*.

RÉSUMÉ: Le paludisme reste un problème majeur de santé publique dans la zone intertropicale. En raison du problème de plus en plus croissant de la résistance du Plasmodium aux antipaludiques classiques, il y a urgence de découvertes de nouvelles molécules. Historiquement, la majorité de ces médicaments est synthétisée à partir de plantes médicinales ou calquées sur les structures de leurs composés. Dans divers pays Ouest Africain, plusieurs plantes ont été signalés à avoir des effets antipaludiques et sont utilisées traditionnellement comme antipaludiques.

Cette revue recense et analyse les différentes publications relatives aux plantes médicinales ayant une activité antiplasmodiale en Afrique de l'Ouest au cours de la période de 2003 à 2015. Il tente également de mettre en exergue quelques tests utilisés pour évaluer des extraits de ces plantes. Cent quarante-six plantes médicinales ont été répertoriées. Certains, comme *Acanthospermum hispidum* D.C., *Isacina senegalensis*, *Pavetta crassipes*, *Croton labatus*, montrent une intense activité contre le plasmodium *in vitro* et chez des souris infectées expérimentalement.

La gamme de plantes médicinales employées comme antipaludiques en Afrique de l'Ouest, dévoile une source prometteuse pour le développement de nouveaux et de meilleurs médicaments antipaludiques. Il est essentiel que l'efficacité et l'innocuité de ces médicaments traditionnels soient validées et leurs constituants actifs identifiés afin d'établir des mesures de contrôle de qualité fiables.

MOTS-CLEFS: Ethnomedecine, Plasmodium, antipaludique, Indice de sélectivité, *Croton labatus*.

1 INTRODUCTION

Le paludisme est la maladie parasitaire qui tue le plus dans le monde. En 2013, 216 millions de cas ont été répertoriés avec 528 000 décès dont 90% en Afrique sub-saharienne [1]. Aujourd'hui les antipaludiques les plus utilisés sont les combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine et la quinine. Le principal problème dans le traitement est l'apparition de résistance du *Plasmodium* à ces médicaments de synthèse classiques d'où l'urgence de la recherche de nouvelles cibles thérapeutiques. La méthode ethnopharmacologique est une voie intéressante, notamment pour la recherche de nouveaux antipaludiques [2].

A travers le monde les pharmacopées traditionnelles ont joué et continuent de jouer un rôle très important dans la découverte de nouvelles molécules d'intérêt thérapeutique et particulièrement dans la lutte contre le paludisme. En effet en dépit des avancées scientifiques faites par la médecine moderne, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 80% de la population africaine a toujours recours à la médecine traditionnelle en matière de soins de santé primaires [3].

L'utilisation de plantes médicinales dans la lutte contre le paludisme doit s'appuyer sur des résultats scientifiques de sécurité, d'efficacité et de qualité. C'est ainsi que dans la région ouest africaine, zone d'endémie palustre, de nombreuses recherches scientifiques sont menées sur les plantes médicinales recensées auprès des populations et des tradipraticiens de santé.

Plusieurs revues récentes ont examinés les résultats portant sur les études des plantes utilisées en Afrique pour le traitement du paludisme [4]. D'autres ont montré les activités antiplasmodiales des plantes que ce soit *in vitro* ou *in vivo* ainsi que leurs toxicités en Afrique ou dans certains de ses pays ou régions [5], [6], [7]. Toutefois il n'y a pas encore de revue analysant les travaux des activités antiplasmodiales des plantes en Afrique de l'ouest sur ces dernières années.

Ainsi la présente étude est une analyse des différentes publications pharmacologiques de 2003 à 2015 portant sur les plantes utilisées de façon empirique les traitements antipalustres en Afrique de l'Ouest.

2 MÉTHODE DE L'ÉTUDE

Une recherche systématique a été réalisée dans la base de donnée Pub Med et google scholar en utilisant les mots clés suivants : malaria; West Africa; antimalarial activity; medicinal plants; plant extracts; pour des articles publiés de 2003 à 2015 et certaines références de ces articles. Ces articles sélectionnés portent sur des études ethnobotaniques, les tests antiplasmodiaux *in vitro* et/ou *in vivo*, les molécules isolées de ces plantes et les tests de toxicités.

L'Afrique de l'Ouest représente une des régions d'Afrique où les niveaux de transmission du paludisme sont les plus élevés [8]. Cette zone riche en biodiversité végétale, englobe des pays aux situations socio-économiques précaires. La pharmacopée traditionnelle antipaludique très répandue comprend une grande variété de plantes médicinales.

Suite aux recommandations de l'OMS et aux résultats obtenus par nos prédécesseurs dans plusieurs criblages antiplasmodiaux sur des extraits de plantes et des composés purs [9], [10], l'activité antiplasmodiale des extraits et des composés purs est classifiée comme suit:

Tableau 1: Classification de l'activité antiplasmodiale des extraits de plantes et des composés purs isolés.

Extrait	IC ₅₀ (µg/mL ou µM)	Classification
Bruts (µg/mL)	> 50	Inactif
	15<IC ₅₀ <50	Activité modérée
	5<IC ₅₀ <15	Actif
	<5	Très actif
Composés purs (µM)	>50	Inactif
	11<IC ₅₀ <50	Composé peu actif
	2<IC ₅₀ <11	Composé actif
	<1	Composé très actif (lead compound)

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Au total 29 articles ont été sélectionnés dans 10 pays d'Afrique de l'Ouest de 2003 à 2015 avec 146 plantes étudiées. Il s'agit du Bénin, du Burkina Faso, de la Côte d'Ivoire, du Ghana, du Mali, du Niger, du Nigeria, du Sénégal, Sierra Leone et du Togo. Nous n'avons pas retrouvé d'articles des autres pays respectant nos critères de sélection dans les bases de données choisies. Le Burkina Faso et le Nigeria ont effectué plus de travaux avec respectivement 6 et 7 articles alors que le Nigeria et la Côte d'Ivoire ont étudié plus de plantes avec respectivement 36 et 38.

Les plantes médicinales sont en générales recensées auprès des populations et des tradipraticiens de santé des zones d'endémie palustre. Les plantes médicinales sont ensuite soumises à un long processus d'études expérimentales précliniques. Toutes les publications ont utilisés les méthodologies classiques de test antiplasmodial comme les méthodes de culture en continue sur des lignés de *Plasmodium falciparum* [11], l'activité *in vitro* utilisant les méthodes radio-isotopiques [12] ou microscopique, la recherche *in vivo* avec référence à l'activité schizocytomale sanguine des extraits de plantes [13]. Si la culture des clones de laboratoire est tout à fait routinière, l'adaptation des isolats de terrain aux conditions de prolifération *in vitro* demeure incertaine et bien souvent infructueuse [14]. De plus, la faiblesse de l'équipement, ainsi que la rareté des ressources dans les laboratoires de ces pays d'endémie palustre, rendent l'adaptation des plasmodies locales particulièrement ardue. Les cultures sont réussies, aussi bien avec la « cloche à bougie » qu'avec un mélange gazeux enrichi en gaz carbonique en présence ou en l'absence de sérum humain dans le milieu de culture [15].

Toutes ces approches de tester les plantes et leurs extraits ont été récemment revues [16]. Dans cette revue les extraits sont considérés comme actifs *in vitro* pour une valeur de $IC_{50} \leq 5\mu g/ml$ et *in vivo* quand la parasitémie est réduite de 50%.

L'absence ou le peu de travaux effectués dans d'autres pays est due à l'absence de centre de recherche sur le paludisme ou aux ressources financières limitées accordées à la recherche. C'est le cas du Togo où il n'est pas possible de réaliser jusqu'à ce jour les tests antiplasmodiaux *in vitro* et *in vivo*.

Les extraits issus de 41 plantes sur 146 étudiées présentent une bonne activité *in vitro* sur des souches de *Plasmodium* au laboratoire avec CI_{50} des extraits bruts $\leq 5\mu g/ml$ (tableau 2). Des travaux du Burkina Faso, du Bénin et de la Côte d'Ivoire ont rapporté les plus grands nombres de ces plantes avec respectivement 10, 8 et 8. Donc 28% seulement des plantes présentent une bonne activité. Cependant, pour 72 % des plantes sélectionnées par la méthode ethnopharmacologique (donc qui semblent présenter une efficacité clinique), l'efficacité antipaludique n'a pas pu être mise en évidence *in vitro*. Des études similaires effectuées entre 1997 et 2007 par Soh et al. montrent 15% de plantes efficaces [5]. Selon ces auteurs, plusieurs raisons peuvent être évoquées:

- problème de reproductibilité de la méthode traditionnelle en laboratoire
- dégradation possible du ou des principes actifs au cours de l'extraction
- efficacité dépendante des associations de plantes
- pas d'action directe sur le parasite (symptômes, immunomodulation)...

En effet certains des extraits de plantes sont utilisés par les populations en décoction et en association. C'est l'exemple de « Saye » qui est un remède traditionnel utilisé au Burkina Faso dans le traitement du paludisme. Elle est composée des extraits de *Cochlospermum planchonii* (rhizome), *Cassia alata* (feuille) et *Phyllanthus amarus* (plante entière) [36].

Une autre association de plantes est l'extrait nommé « Agbo Iba » à Imo State au Nigeria. C'est une décoction à base de feuilles de : *Carica papaya*, *Psidium guajava*, *Citrus aurantifolia* et *Azadirachta indica* [39]. Ces associations augmentent l'efficacité des extraits dans le traitement du paludisme selon les auteurs, toutefois leurs activités *in vitro* sur des souches de *plasmodium* restent à prouver.

Toutes les études ont précisé les souches de *Plasmodium* utilisées mais nous n'avons pas retrouvé chez certaines les lignées cellulaires utilisées pour les tests de toxicités *in vitro* (Tableau 2). Les extraits les plus actifs sont retrouvés au Sénégal avec l'extrait de pentane d'*Icacina senegalensis* avec $IC_{50}=0,9\mu g/ml$ [19] et au Nigeria avec l'extrait de méthanolique de *Croton labatus* avec $IC_{50}=0,38\mu g/ml$ [22]. Ces extraits ont une activité similaire à celle d'*Artemisia annua*. Ceci confirme l'attention dans la recherche de nouvelles molécules antipaludiques.

Peu d'études *in vivo* sur les animaux de laboratoire ont été effectuées : 11 sur 146 (tableau 3). Les extraits sont en général administrés par voie orale sur model murin. L'un des rares à l'être par voie intrapéritonéale est l'extrait éthanolique de *Chlozophora senegalensis* [20]. Pour les administrations orales, aucune toxicité n'a été obtenue mais certaines doses sont très élevées ce qui pourra limiter leur transposition chez l'humain. C'est le cas d'*Acanthospermum histidum* DC où il faut une dose 2000 mg/kg pour obtenir une suppression de la parasitémie d'au moins 50% [21]. Il est à noter que certains de ces extraits

ont une importante activité *in vitro* mais leur activité *in vivo* est très faible. *Aziadiracta indica* est une plante communément utilisée en Afrique ouest-africaine pour le traitement du paludisme. Son extrait a une bonne activité *in vitro* sur le *Plasmodium falciparum* ($2,4 \leq IC_{50} \leq 4,17$). Mais il en faut une importante dose (800 mg/kg) pour avoir une inhibition significative *in vivo* [38].

Les tests d'efficacité thérapeutiques *in vivo* sur des patients paludéens ont été difficiles à réaliser à cause de l'éthique médicale et des pertes de vies. Malgré ces contraintes, une de ces études a été réalisée à Imo state au Nigeria sur l'extrait «Agbo Iba » avec des résultats satisfaisants [39]. Cette décoction a été administrée à 265 volontaires dont 163 sont porteurs de *Plasmodium falciparum* à raison de 200 ml par jour. Après trois jours de traitement, 149 patients sont revenus pour le control. Ils ont tous eu une goutte épaisse négative. Cette étude ne respecte toutefois pas les directives pour la sélection des antipaludéens établies par OMS [40] et décrites en quatre étapes. L'étape 1 stipule que le composé soit actif contre le Plasmodium. La deuxième sélection concerne la qualité et la quantité de l'activité antiplasmodiale et sa comparaison par rapport aux analogues. Le but de la troisième sélection est l'étude du parasite humain et non humain chez les primates avant la quatrième étape qui porte sur le test clinique.

Au mali, les études cliniques ont permis d'évaluer l'évidence ethno-médicale de l'utilisation du décocté d'*Argemone mexicana* dans le traitement du paludisme simple. Les résultats les plus encourageants ont été enregistrés pour les patients de plus de 5 ans, avec 89% de réponses cliniques adéquates [41]. L'étude clinique randomisée contrôlée, a permis de comparer le traitement du paludisme simple présomptif avec le décocté d'*Argemone mexicana* au traitement avec une combinaison thérapeutique à base d'Artémisinine. Dans les deux groupes, l'évolution vers le paludisme sévère, qui était l'indicateur principal retenu, est restée en dessous de 5%, niveau de référence rapporté dans les études internationales [42], [43]. Ces genres d'études méritent d'être menés jusqu'à isolement du principe actif, ce qui n'est généralement pas le cas à cause des multiples difficultés essentiellement matérielles et financières qui s'opposent à la recherche en Afrique.

Plusieurs molécules actives ont tout de même été isolées des plantes médicinales ouest africaines à activité antipalustre étudiées (tableau 4 et figure 1). Parmi ces composées, la majorité des plus actifs sont des alcaloïdes. Des études antérieures ont montré que les alcaloïdes isolées de ces plantes ont un grand potentiel pour le développement de médicaments antipalustres [44].

Tableau 2 : Plantes ouest africaine avec une forte activité antiplasmodiale (IC50 ≤ 5mg/ml)

Plantes	Solvant d'extraction : IC50 (µg/ml) des plantes ; Lignée de <i>P. falciparum</i>	IC50 de test de cytotoxicité(µg/ml) ; Lignée cellulaire	Index de sélectivité	Références
<i>Sida acuta</i>	Ethanol : 4,8 (Nigerian)			[17]
	Eau : 0,92 (Fc M ₂₉)			[18]
<i>Icacina senegalensis</i>	Méthanol : 4,7	47 (Hepa 1-6 cells)	> 10	[19]
	Pentane : 0,9	9 (Hepa 1-6bcells)		
<i>Chrozophara senegalensis</i>	Eau : 1,6 (FCBI-Colombia)	>100 (Vero cells)	> 53	[120]
<i>Acanthospermum hispidum</i>	Lactone : 2,33 (3D ₇)	42,87 (W138)	18,4	[21]
<i>D.C.</i>	Dichloromethane : 4,8 (W ₂)	88,32 (W138)		[10]
<i>Croton labatus</i>	Méthanol : 0,38 (3D ₇)			[22]
	Méthanol : 4,9 (3D ₇)			
	Chlorométhylène : 2,8 K1			
	Chlorométhylène : 3,74(3D ₇)			
<i>Hybanthus enneaspermus</i>	Chlorométhylène : 2,57 (K1)			[22]
<i>Combretum fragrans</i>	Alcaloïde : 3 (K1)	HepG2		[23]
	Chlorométhylène : 5 (K1)	HepG2		
<i>Terminalia macroptera</i>	Acqueux : 1 (W ₂)			[24]
<i>Pavetta crassipes</i>	Chloroforme : 1,23 (W ₂)			[24]
	Chloroforme : 1,02 (D6)			
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	MeOH/H ₂ O: 4,9 (W ₂)	K562S monocytes		[25]
	Chlorométhylène : (3,8 K1)			[26]
<i>Canthium multiflorum</i>	Méthanol : 4,69 (Frech clinical strain of <i>P. falciparum</i>)			[27]
<i>Ocimum gratissimum</i>	Ethylacétate : 1,8 (K1)			[28]
<i>Trema orientalis</i>	Hexane : 1,93 (K1)			[28]
<i>Nauclea latifolia</i>	Eau : 0,9 (FCM29 Nigeria)	400 (A375 melanoma)	471,14	[29]
<i>Pavetta corymbosa</i>	Méthanol : 2,042 (Frech clinical stain of <i>P. falciparum</i>)			[30]
<i>Tamarindus indica</i>	Extrait aqueux : 4,786			[30]
<i>Argemone mexica</i>	Méthanol : 1,0			[31]
	Dichlorométhane : 1,22			
<i>Cassia nigricans</i>	Ethanol : 2,8 (W ₂)			[32]
<i>Sebastiani Chamaelea</i>	Ethanol : 3,3 (W ₂)			[32]
<i>Euphorbia hirta</i>	Ethanol : 3,7 (W ₂)			[32]
<i>Fagara macrophylla</i>	Ethanol: 2.3 (FcB1)	28.5 (L-6)	12	[33]

Tableau 3 : Activité antiplasmodique in vivo et toxicité des plantes médicinales ouest-africaines

Plantes	Solvant d'extraction	Espèces plasmodiale	Dose et voie d'administration	Toxicité in vivo	Références
<i>Picratina nitida</i>	Extrait aqueux	Py	90mg/Kg/jour (Orale)	Non disponible	[34]
	Ethanol	Pb	115mg/Kg/jour (Orale)	Non disponible	[35]
<i>Momordica balsamina</i>	Extrait aqueux	Pv	100mg/Kg/jour (Orale)	Non toxique sur model murin	[20]
<i>Cochlospermum planchonii</i>	Eau	Pb	112,78mg/kg/jour (Orale)	Non disponible	[36]
<i>Acanthospermum histidum DC</i>	Eau-acide	Pb	2000mg/kg/jour (orale)	Non Toxique	[21]
<i>Chlozophora senegalensis</i>	Ethanol	Pv	10mg/kg/jour (Intrapéritonéale)	Toxique	[20]
	Extrait aqueux	Pv	500mg/kg/jour (Orale)	Non toxique	
<i>Amaranthus spinous</i>	Extrait aqueux	Pb	789mg/kg/jour (Orale)	Non toxique sur model murin	[37]
<i>Azadiracta indica</i>	Eau	Py	800mg/kg/jour (orale)	Non toxique sur model murin	[38]

Py=Plasmodium yoelii nigeriensis. Pb=Plasmodium berghei. Pv=Plasmodium vinkei petteri

Tableau 4 : Activité antiplasmodiale et cytotoxicité des molécules isolées des plantes médicinales ouest africaines

Plantes	Molécule isolée : IC50 (µg/ml) des plantes ; Lignée de <i>P. falciparum</i>	IC50 de test de cytotoxicité (µg/ml) Lignée cellulaire	Index de sélectivité	Références
<i>Acanthospermum hispidum</i>	Alcaloïde : 5,02 (W2)	60,2 (THPI) 79,8 (MHN) 100,8 (HTB66)	12 15,90 20,08	[24]
	Alcaloïde : 4,69 (D6)	60,02 (THPI) 79,8 (MHN) 100,8 (HTB66)		
<i>Cassia siamea</i>	Emodine : 5,000 (K1) Lupéole : 5,000 (K1) Cassiarin A : 0,020			[45]
<i>Combretum fragrans</i>	Alcaloïde : 3 (K1)	HepG2		[23]
<i>Fagara zanthoxyloides</i>	Fagoronine : 0,018 (3D7)			[46]
<i>Morinda lucida</i>	Acide urosilique : 3,100 (CQ-sensitive)			[47]
<i>Pavetta crassipes</i>	Alcaloïde : 1,23 (D6)	46,1 (THPI) 62,7 (MHN) 79,9 (HTB66)	37,8 50,98 64,96	[24]
	Alcaloïde : 1,02 (W2)	46,1 (THPI) 62,7 (MHN) 79,6 (HTB66)	45,20 61,47 78,33	
<i>Picralima nitida</i>	Akuammicine : 0,450 (D6) Akuammine : 0,730 (W2) Alstonine : 0,950 (D6) Picraline : 0,660 (W2) Picratidine : 0,017 (D6) Akuammigine : 0,440 (D6) : 0,530 (W2)			[48] [35]
<i>Quassia amara</i>	Simalikalactone D : 0,010 (FCB1)			[34]
<i>Sida acuta</i>	Crypolepine : 0,114 (K1) Alcaloïde : 0,050		9,000	[17] [7]

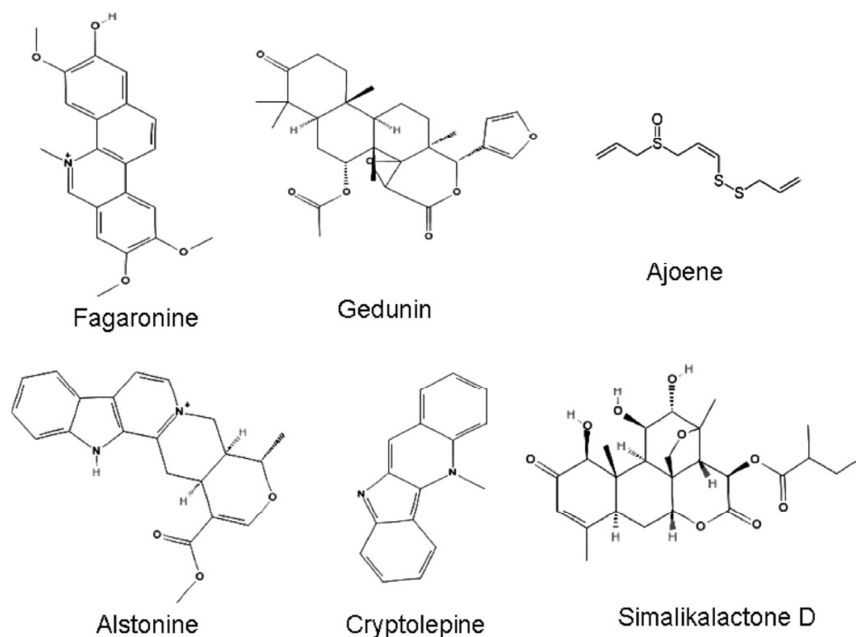


Fig. 1. structure de certains composés chimiques isolés de plantes utilisées pour le traitement du paludisme en Afrique de l'Ouest [45]

4 CONCLUSION

Le présent article fait ressortir des informations sur l'efficacité de différentes plantes médicinales utilisées dans le traitement du paludisme dans la région ouest africaine. Quoique ces plantes soient largement utilisées, bien disponibles et abordables par rapport aux médicaments conventionnels, elles ne sont pas sans inconvénients. Certaines limites concernent la preuve de leur efficacité, le manque de dosage et la sécurité et l'effet à long terme. Ces limites dans la stratégie ethnopharmacologique montrent l'intérêt d'améliorer le concept, et l'obligation de standardiser les procédés, que ce soit dans la sélection des plantes médicinales antipaludiques, ou dans les stratégies d'explorations pharmacologiques. Il est évident que la pharmacopée traditionnelle ouest africaine peut apporter une contribution importante à la découverte de phytomédicaments sûrs, efficaces, de qualité et accessibles pour la prise en charge du paludisme. En outre à l'image de la quinine et de l'artémisinine les plantes médicinales constituent une source de molécules originales avec un large spectre pharmacologique et avec de possibles améliorations chimiques par pharmacomodulation.

5 REFERENCES

- [1] World Health Organization. World Malaria Report: 2014. Geneva, Switzerland: WHO Press; 2014
- [2] Mok, S. *et al.*, Artemisinin resistance in *Plasmodium falciparum* is associated with an altered temporal pattern of transcription. *BMC Genomics*, 2011, 12, 391.
- [3] World Health Organization. Factsheet No. 134. Traditional Medicine. Geneva, Switzerland: WHO Press; 2008.
- [4] Chinedu E., D Arome, SF Ameh, African Herbal Plants used as Anti-Malarial Agents - A Review, *PharmaTutor*, 2014, 2(3), 47-53
- [5] Soh PN., Benoit-Vical F. Are West African plants a source of future antimalarial drugs? *J Ethnopharmacol.* 2007 Nov 1;114(2):130-40. .
- [6] Adebayo JO, Krettli AU. Potential antimalarials from Nigerian plants: a review. *J Ethnopharmacol.* 2011 Jan 27;133(2):289-302.
- [7] Karou D, Tchacondo T, Ilboudo P, Simpire J, 2011. Sub-Saharan Rubiaceae: A Review of Their Traditional Uses, *Phytochemistry and Biological Activities. Pakistan Journal of Biological Sciences*, 14: 149-169.
- [8] Kleinschmidt I., Omumbo J., Briet O., van de Giesen N., Sogoba N., Mensah N.K., Windmeijer P., Moussa M., Teuscher T. An empirical malaria distribution map for West Africa. *Tropical Medicine and International Health*, 2001. 6, 779–786.
- [9] Jonville M.C., Kodja H., Humeau L., Fournel J., De Mol P., Cao M., Angenot L., Frederich M. Screening of medicinal plants from Reunion Island for antimalarial and cytotoxic activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 2008. 120: 382–386.
- [10] Bero J., Ganfon H., Jonville MC., Frédéric M., Gbaguidi F., DeMol P., Moudachirou M., Quetin-Leclercq J. In vitro antiplasmodial activity of plants used in Benin in traditional medicine to treat malaria. *J Ethnopharmacol.* 2009;122(3):439-44.
- [11] Trager W., Jensen J.B., 1976. Human malaria parasites in continuous culture. *Science* 193, 673–675.
- [12] Desjardins R.E., Canfield C.J., Haynes J.D., Chulay J.D. Quantitative assessment of antimalarial activity in vitro by a semiautomated microdilution technique. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1979; 16, 710–718.
- [13] Peters, W. The chemotherapy of rodent malaria. XII. Substituted tetrahydrofurans, a new chemical family of antimalarials. The action of 2-(p-chlorophenyl)-2-(4-piperidyl)-tetrahydrofuran against *Plasmodium berghei* and *Plasmodium chabaudi*. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 1970. 64, 189–202.
- [14] Druilhe P. et Gentilini M – Culture *in vitro* de *Plasmodium falciparum*. Intérêt et limites – Méthodologie. *Méd Trop.* 1982 ; 42, 437-462.
- [15] Djimde A. A., Kirkman L., Kassambara L., Diallo M., Plowe C. V., Wellems T. E., Doumbo O. K. Culture *in vitro* d'isolats de terrain de *Plasmodium falciparum* au Mali *Bull Soc Pathol Exot*, 2007, 100, 1, 3-5
- [16] Krettli A.U., Adebayo J.O., Krettli L.G. Testing of natural products and synthetic molecules aiming at new antimalarials. *Current Drug Targets*, 2009. 10, 261–270
- [17] Banzouzi JT., Prado R., Menan H., Valentin A., Roumestan C., Mallié M., Pelissier Y., Blache Y. Studies on medicinal plants of Ivory Coast: investigation of *Sida acuta* for in vitro antiplasmodial activities and identification of an active constituent. *Phytomedicine*. 2004;11(4):338-41.
- [18] Karou, D., Dicko, M.H., Sanon, S., Simpire, J., Traore, A.S.. Antimalarial activity of *Sida acuta* Burm. f. (Malvaceae) and *Pterocarpus erinaceus* Poir.(Fabaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 2003. 89, 291–294.
- [19] Sarr SO., Perrotey S., Fall I., Ennahar S., Zhao M., Diop YM., Candolfi E., Marchioni E. *Icacina senegalensis* (Icacinaeae), traditionally used for the treatment of malaria, inhibits in vitro *Plasmodium falciparum* growth without host cell toxicity. *Malar J.* 2011 Apr 11;10:85.
- [20] Benoit-Vical F., Soh PN., Saléry M., Harguem L., Poupot C., Nongonierma R. Evaluation of Senegalese plants used in malaria treatment: focus on *Chrozophora senegalensis*. *J Ethnopharmacol.* 2008;116(1):43-8.

- [21] Ganfon H., Bero J., Tchinda AT., Gbaguidi F., Gbenou J., Moudachirou M., Frédéric M., Quetin-Leclercq J. Antiparasitic activities of two sesquiterpenic lactones isolated from *Acanthospermum hispidum* D.C. *J Ethnopharmacol.* 2012 ;141(1):411-7.
- [22] Weniger B, Lagnika L, Vonthron-Sénécheau C, Adjobimey T, Gbenou J, Moudachirou M, Brun R, Anton R, Sanni A. Evaluation of ethnobotanically selected Benin medicinal plants for their in vitro antiplasmodial activity. *J Ethnopharmacol.* 2004 Feb;90(2-3):279-84.
- [23] Ouattara LP., Sanon S., Mahiou-Leddet V., Gansané A., Baghdikian B., Traoré A., Nébié I., Traoré AS., Azas N., Ollivier E., Sirima SB. In vitro antiplasmodial activity of some medicinal plants of Burkina Faso. *Parasitol Res.* 2014 Jan;113(1):405-16.
- [24] Sanon S., Ollivier E., Azas N., Mahiou V., Gasquet M., Ouattara CT., Nebie I., Traore AS., Esposito F., Balansard G., Timon-David P., Fumoux F. Ethnobotanical survey and in vitro antiplasmodial activity of plants used in traditional medicine in Burkina Faso. *J Ethnopharmacol.* 2003 Jun;86(2-3):143-7.
- [25] Gansané A., Sanon S., Ouattara LP., Traoré A., Hutter S., Ollivier E., Azas N., Traore AS., Guissou IP., Sirima SB., Nebié I. Antiplasmodial activity and toxicity of crude extracts from alternatives parts of plants widely used for the treatment of malaria in Burkina Faso: contribution for their preservation. *Parasitol Res.* 2010;106(2):335-40.
- [26] Vonthron-Sénécheau C., Weniger B., Ouattara M., Bi FT., Kamenan A., Lobstein A., Brun R., Anton R. In vitro antiplasmodial activity and cytotoxicity of ethnobotanically selected Ivorian plants. *J Ethnopharmacol.* 2003 Aug;87(2-3):221-5.
- [27] Akomo EF., Zongo C., Karou SD., Obase LC., Savadogo A., Atteke C., Traore AS. In vitro antiplasmodial and antibacterial activities of *Canthium multiflorum* Schum and Thonn (Rubiaceae) extracts. *Pak J Biol Sci.* 2009;12(12):919-23.
- [28] Abiodun O., Gbotosho G., Ajaiyeoba E., Happi T., Falade M., Wittlin S., Sowunmi A., Brun R., Oduola A. In vitro antiplasmodial activity and toxicity assessment of some plants from Nigerian ethnomedicine. *Pharm Biol.* 2011 Jan;49(1):9-14.
- [29] Ménan H., Banzouzi JT., Hocquette A., Péliissier Y., Blache Y., Koné M., Mallié M., Assi LA., Valentin A. Antiplasmodial activity and cytotoxicity of plants used in West African traditional medicine for the treatment of malaria. *J Ethnopharmacol.* 2006 Apr 21;105(1-2):131-6.
- [30] Koudouvo K., Karou SD., Ilboudo DP., Kokou K., Essien K., Aklikokou K., de Souza C., Simpore J., Gbéassor M. In vitro antiplasmodial activity of crude extracts from Togolese medicinal plants. *Asian Pac J Trop Med.* 2011 Feb;4(2):129-32.
- [31] Diallo D., Diakite C., Mounkoro PP., Sangare D., Graz B., Falquet J., Giani S: [Knowledge of traditional healers on malaria in Kendi (Bandiagara) and Finkolo (Sikasso) in Mali]. *Mali Med* 2007, 22:1-8
- [32] Nassirou R., Ibrahim M.-L., Moussa I., Mahamadou B., Ilagouma A. T., Abdoulaye A., Oukem-Boyer O., Ikhiri K. In vitro antiplasmodial activity of extracts of plants from traditional pharmacopeia of Niger: *Sebastiania chamaelea* (L.) Müll. Arg., *Euphorbia hirta* L., *Cassia occidentalis* L. and *Cassia nigricans* (Vahl) Greene. *International Journal of Innovation and Applied Studies.* 2015 Vol. 10 No. 2, pp. 498-505
- [33] Zirihi GN., Mambu L., Guédé-Guina F., Bodo B., Grellier P. In vitro antiplasmodial activity and cytotoxicity of 33 West African plants used for treatment of malaria. *J Ethnopharmacol.* 2005 Apr 26;98(3):281-5.
- [34] Bertani, S., Bourdy, G., Landau, I., Robinson, J.C., Esterre, P., Deharo, E.,. Evaluation of French Guiana traditional antimalarial remedies. *Journal of Ethnopharmacology* , 2005. 98, 45–54
- [35] Okokon J.E., Antia B.S., Igboasoiyi A.C., Essien E.E., Mbagwu H.O.. Evaluation of antiplasmodial activity of ethanolic seed extract of *Picralima nitida*. *Journal of Ethnopharmacology*, 2007a. 111, 464–467.
- [36] Traoré M., Diallo A., Nikièma JB., Tinto H., Dakuyo ZP., Ouédraogo JB., Guissou IP., Guiguemdé TR. In vitro and in vivo antiplasmodial activity of 'saye', an herbal remedy used in Burkina Faso traditional medicine *Phytother Res.* 2008 Apr;22(4):550-1.
- [37] Hilou A., Nacoulma O.G., Guiguemde T.R.. In vivo antimalarial activities of extracts from *Amaranthus spinosus* L. and *Boerhaavia erecta* L. in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 2006. 103, 236–240.
- [38] Isah., A.B., Ibrahim Y.K., Iwalewa E.O.. Evaluation of the antimalarial properties and standardization of tablets of *Azadirachta indica* (Meliaceae) in mice. *Phytotherapy Research* 2003. 17, 807–810.
- [39] Ukaga C.N., Nwoke B., Onyeka P., Anosike J., Udujih O., Udujih O., Obilor R. Nwachukwu M. The use of herbs in malaria treatment in parts of Imo state, Nigeria *Tanzania Health Research Bulletin*, 2006;Vol. 8, No. 3, pp. 183-185
- [40] Chinedu E., D Arome, SF Ameh, African Herbal Plants used as Anti-Malarial Agents - A Review, *PharmaTutor*, 2014, 2(3), 47-53
- [41] WHO. 1973. WHO special programme for Research and Training in Tropical Diseases. Geneva, WHO Press, 1973.
- [42] Willcox M.L., Graz B., Falquet J., Sidibé O., Forster M., Diallo D., *Argemone mexicana* decoction for treatment of uncomplicated falciparum malaria, *Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 2007, 101, pp. 1190-1198.

- [43] Graz B., Diakite C., Falquet J., Dackuo F., Sidibe O., Giani S., Diallo D. *Argemone mexicana* versus artesunate-amodiaquine for the management of malaria in Mali : policy and public health implications, *Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 104 (2010) 33–41.
- [44] Graz B., Kitua Y., Malebo M. To what extent can traditional medicine contribute a complementary or alternative solution to malaria control programmes? *Malaria Journal* 2011, 10(Suppl 1):S6
- [45] Onguéné P., Ntie-Kang F., Likowo Lifongo L., Ndom J., Sippl W., Mbaze L. The potential of anti-malarial compounds derived from African medicinal plants, part I: a pharmacological evaluation of alkaloids and terpenoids. *Malar J.* 2013; 12: 449.
- [46] Ajaiyeoba E.O., Oladepo O., Fawole O.I., Bolaji O.M., Akinboye D.O., Ogundahunsi O.A., Falade C.O., Gbotosho G.O., Itiola O.A., Happi T.C., Ebong O.O., Ononiwu I.M., Osowole O.S., Oduola O.O., Ashidi J.S., Oduola A.M. Cultural categorization of febrile illnesses in correlation with herbal remedies used for treatment in Southwestern Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*. 2003 ; 85, 179–185.
- [47] Kassim O.O., Loyevsky M., Elliott B., Geall A., Amonoo H., Gordeuk V.R.. Effects of root extracts of *Fagara zanthoxyloides* on the in vitro growth and stage distribution of *Plasmodium falciparum*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2005. 49, 264–268.
- [48] Cimanga R.K., Tona G.L., Mesia G.K., Kambu O.K., Bakana D.P., Kalenda P.D.T., Penge A.O., Muyembe J-J.T., Totté J., Pieters L., Vlietinck A.J. Bioassay guided isolation of antimalarial triterpenoid acids from the leaves of *Morinda lucida*. *Pharmaceutical Biology*. 2006 ; 44, 677–681.
- [49] Okunji, C.O., Iwu, M.M., Ito, Y., Smith, P.L. Preparative separation of indole alkaloids from the rind of *Picralima nitida* (Stapf) T. Durand & H. Durand by pH-Zone-Refining Countercurrent chromatography. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technology* 2005. 28, 775–783.

IMPACT DES TYPES DES CREDITS SUR LE REVENU DES MENAGES RIZICOLES DANS LE REGION DE NORD OUEST DU CAMEROUN

[IMPACT OF TYPES OF CREDIT ON THE INCOME OF THE RICE PRODUCING HOUSEHOLDS IN THE NORTH WEST REGION OF CAMEROON]

Dorothy Malaa¹, Mfouapon Alassa², Mouafor Boris Igwacho¹, Kane Gilles Quentin², and A.B. Jaff³

¹Institute de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), P.O. Box: 2123 Yaoundé, Cameroon

²Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FSEG), Université de Yaoundé II-Soa, Cameroon

³Department of Agricultural Extension and Rural Sociology, University of Dschang, Cameroon

Copyright © 2017 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 estimate the impact of obtaining different types of credit on the production and income of rice farming households in North West region of Cameroon. This study is based on a sample of 183 rice farming households randomly selected within the rice growing villages in the region. The ordinary least square estimation shows that credit in kind, coaching, surface area cultivated, and secondary activity have a significant and positive effect on rice production. The Average treatment effect of the treated shows that Credit in kind is 51% and that for credit in cash 16.81%. Low effect of credit in cash is attributed to the fact that cash is used to handle other problems in the family. The study recommends that, rice farmers should adhere to farming organizations to permit them gain capacity building granted by UNVDA in combination to credit in kind such as seeds, fertilizers, herbicides, pesticides etc. and low cost rental of modern production tools. The upstream training on farming techniques is also required. Credit in cash should be limited. All these pull together will help to increase the production level that will go a long way to improve the income of rice producing households.

KEYWORDS: Rice, Credit, in-kind, in-Cash, Income.

RESUME: L'objectif de cette étude était d'estimer l'impact de l'obtention des différents types de crédit sur le revenu des ménages rizicoles dans la région du Nord-Ouest Cameroun. Cette étude est basée sur un échantillon de 183 riziculteurs. L'estimation de moindre carrée ordinaire montre que le crédit en nature, le encadrement, le superficie cultivée, l'activité secondaire ont un effet positive sur la production de riz. L'effet moyen du crédit en nature ou en espèces sur la production du riz et le revenu agricole des ménages est significativement positif au seuil de 1%. L'effet moyen du crédit en nature, sur le revenu est de 51% comparativement à 16,81% pour le crédit en espèce. Cette étude recommande les riziculteurs à constituer et à intégrer les organisations de producteurs; renforcer la capacité de production des ménages à travers l'UNVDA par le rapprochement des facteurs de production (semences, engrais, herbicides, pesticides etc.), la location à moindre coût des outils modernes de production. La formation en amont sur les techniques culturales est aussi nécessaire. Combiner tous ces efforts contribuerait probablement à accroître le niveau de production corollairement à l'amélioration des besoins économiques des ménages rizicoles.

MOTS-CLEFS: Riz, Crédit, Nature, Espèce, Revenu.

1 INTRODUCTION

L'agriculture occupe une place prépondérante dans la plupart des pays en développement et en particulier au Cameroun. Elle constitue une composante essentielle de l'économie Camerounaise. En effet, le secteur agricole (principalement primaire) constitue la principale source des revenus et d'emplois pour plus de 45% de la population active [1] et contribue en moyenne à hauteur de 22,2 % au PIB (Produit Intérieur Brut) derrière le secteur secondaire (30,1%) et tertiaire (47,7%).

Malgré son importance, le secteur agricole ne parvient pas à couvrir la demande intérieure de produits vivriers, ce qui entraîne incontestablement le recours aux importations pour satisfaire les besoins des populations. Tel est le cas du riz, vu au Cameroun, comme une filière stratégique à fort enjeu de sécurité alimentaire.

Du fait de sa consommation qui va sans cesse croissante en Afrique avec un taux variant de 6 à 7% par an[2], le riz est ancré dans les habitudes alimentaires des populations. Mais, cette demande reste encore largement couverte par les importations. En 2009 par exemple, les importations du continent ont été estimées à près de dix millions de tonnes de riz. Cette importation massive a représenté le tiers du riz échangé sur le marché mondial, soit 4 milliards de dollars américains dans les échanges extérieurs en 2009 [3].

Au Cameroun, le riz fait partir des produits vivriers les plus consommés par les ménages. En effet, entre 2007 et 2014, la part de la dépense d'achat du riz dans la dépense totale de consommation alimentaire est passée de 6,8% à 8,0% pour un ménage non pauvre, et, de 4,1% à 5,8% pour un ménage pauvre [1]. De même, environ 138 milliards de Francs CFA ont été consacrés à l'achat de riz dans le budget alimentaire des ménages en 2007[4]. De plus, la consommation moyenne de riz par tête d'habitant au Cameroun en 2007 était de 1 180 Francs CFA en milieu urbain pour les villes de plus de 50 000 habitants, 5 817 Francs CFA en milieu rural et 7 709 Francs CFA pour la moyenne nationale.

Par ailleurs sa production est en plein croissance dans le pays passant de 84 197 tonnes en 2005 à 153 078 tonnes en 2010[5]. Cependant, la demande locale est toujours supérieure à la production. Cette situation entraîne d'écasantes importations de riz, estimées à 376000 tonnes en 2010, et par la même occasion, limite le pays en matière d'autosuffisance alimentaire.

Du point de vue de la production et de l'emploi, environ 2/3 de la production nationale de cette céréale est produite dans la région de l'Extrême Nord. On estime à 180 000 le nombre d'individus vivant directement des activités rizicoles dont 27 000 ménages et 3000 autres acteurs¹ [6] dont l'activité dépend en partie, de la production de paddy² par les exploitants.

Au regard de l'importance de la filière rizicole, et de sa place dans les politiques nationales, [6], il importe de réfléchir sur les leviers pouvant stimuler la production nationale et plus distinctement celle des petits exploitants.

Les atouts de la filière rizicole au Cameroun sont considérables. D'une part, le pays possède de vastes terres arables, de conditions agroécologiques, de ressources hydrauliques qui sont favorables à la riziculture. D'autre part, il existe de réelles marges de progrès techniques au niveau de la filière rizicole Camerounaise. En effet dans l'optique d'assurer la sécurité alimentaire et de réduire la dépendance en importation de riz, l'IRAD et ses partenaires internationaux tels que le Centre du Riz pour l'Afrique et l'International Rice Research Institut (IRRI), disposent des technologies à fort potentiel d'impact pour l'amélioration de la productivité et de la qualité du riz local ainsi que des technologies innovantes de production (itinéraires techniques appropriés) et d'autres équipements post-récolte[2]. Mais, ces atouts écologiques et ces marges de progrès techniques ne sauraient être mis à profit sans des solutions adéquates aux problèmes de financement pour une stimulation de la filière.

Selon le Projet d'Appui pour le Développement des Filières Agricoles (PADFA), le potentiel de production du pays se situe dans les régions de l'Extrême Nord, du Nord, de l'Ouest et du Nord-Ouest, qui représentent 94% de la production nationale. Selon ce même projet, une bonne partie de la production est assurée en dehors des grands périmètres (SEMRY, UNVDA, LAGDO, SODERIM), par les petits exploitants. Les limites de la production de ces petits exploitants sont expliquées par les contraintes socio-économiques liées à l'activité rizicole, dont en particulier, les difficultés liées à l'approvisionnement en

¹ Il s'agit notamment des ouvriers agricoles, commerçants, détaillants, transporteurs, décortiqueuses, fournisseurs d'intrants, vendeurs d'emballage etc.

² Riz non étuvé

intrants de qualité, l'insuffisance de semences de qualité³ et le coût de la main d'œuvre. La difficulté d'acquérir les facteurs nécessaires à l'exécution des travaux rizicoles est le plus souvent justifiée par le manque de capital. En effet, les enquêtes auprès des riziculteurs, réalisées en 2009, ont révélé que l'indisponibilité du crédit est l'une des contraintes majeures connues dans le processus de production du riz [7].

Néanmoins, quelques structures et projets interviennent auprès de ces petits exploitants dans le cadre de l'amélioration de la productivité et de l'accroissement de la production de cette céréale, en particulier l'UNDVA dans l'encadrement technique et la distribution des intrants au Nord-Ouest. Par exemple, la fin en 2011 du programme SVP (Sélection Variétale Participative) mis sur pieds par les grands centres de recherches pour introduire les variétés améliorées de riz et leur adoption par les riziculteurs a entraîné une augmentation de la demande de crédit par les riziculteurs, afin de faire face aux exigences de ces nouvelles variétés de semences.

Au regard de cette augmentation de la demande de crédit et face à ce défi d'amélioration des besoins économiques nationaux, l'analyse des effets de l'obtention du crédit sur le revenu des petits exploitants rizicoles révèle toute son importance. De plus, des études ont été faites sur l'accès au crédit en rapport avec le revenu agricole. Mais, est-ce à dire que, le fait d'avoir pour un exploitant agricole, une source de crédit donne automatiquement droit à un crédit. D'où la question suivante : *quel est l'impact de l'obtention d'un type de crédit sur le revenu des ménages rizicoles de la région du Nord-Ouest Cameroun ?*

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'effet de l'obtention des différents types de crédit sur le revenu des ménages rizicoles de la région du Nord-Ouest Cameroun. Il s'agira spécifiquement d'évaluer l'effet moyen de l'obtention du crédit en nature sur la production et le revenu des ménages rizicoles de la région du Nord-Ouest, puis celui de l'obtention du crédit en espèce sur la production et le revenu des ménages rizicoles dans la même zone.

La problématique de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire se pose dans presque tous les pays en développement. Dans ce contexte, et vu l'importance stratégique de la filière riz, qui est considéré comme une culture vivrière à fort enjeu de sécurité alimentaire et susceptible d'augmenter les revenus des agriculteurs [8], cette étude porte un double intérêt majeur. Sur le plan politique, elle permettra de cerner les leviers sur lesquels les acteurs de ladite filière pourraient insister dans le cadre de l'amélioration de la productivité rizicole afin de permettre aux exploitants d'atteindre leurs objectifs économiques⁴, et par ricochet contribuer efficacement à la réalisation des cibles de lutte contre la faim fixées dans le cadre des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD)⁵. Sur le plan académique ou de la recherche, elle permet d'enrichir les recherches sur l'accès au crédit tout en se focalisant sur l'effet de l'obtention d'un type de crédit (crédit en nature ou crédit en espèce) sur le revenu agricole. En considérant que les prix du riz sont stables sur les marchés, l'augmentation de la production induit l'accroissement du revenu. Telle est l'autre particularité de cette étude.

Le crédit dans le contexte agricole, peut d'une part emmener l'agriculteur à prendre plus de risque dans son activité de production [9], en particulier l'emblavure d'une grande surface, pour une production espérée considérable. D'autre part il favorise l'accès aux intrants, tels que les engrais, les pesticides, les insecticides. Moyennant une maîtrise des itinéraires techniques appropriés pour chaque culture, et un encadrement technique des agriculteurs sur l'utilisation des intrants, ces derniers devraient constituer des facteurs à forte influence sur la productivité. L'obtention du crédit est donc sensée permettre aux producteurs du monde rural, d'améliorer leur niveau de production et par ricochet leur revenu.

Le reste de l'article se présente comme suit : la section 2 discute de la revue des études empiriques sur l'importance du crédit dans la production agricole et le revenu des ménages, la section 3 présente la méthodologie, la section 4 discute des principaux résultats, et enfin la section 5 conclue l'étude.

³ Il s'agit des variétés améliorées de riz. Elles se distinguent des locales par leur meilleur rendement en gain, leur résistance aux maladies, leur tolérance à la sécheresse et à la toxicité ferreuse et leur cycle court.

⁴ Selon Dufumier (1985), les objectifs économiques poursuivis par les agriculteurs sont : assurer l'autosubsistance, minimiser les risques, maximiser les revenus à l'hectare, accroître la rémunération par heure de travail, rentabiliser le capital investi etc.

⁵ Objectif 1, cible 1.C : Réduire de moitié, entre 1990 et 2015, la proportion de la population qui souffre de la faim.

2 BREVE REVUE DES TRAVAUX EMPIRIQUES

Les études empiriques sur l'impact de l'obtention du crédit sur la production ou le revenu des ménages agricoles n'est pas très abondante. Cependant quelques auteurs se sont penchés de façon directe ou indirecte sur la question. La plupart des travaux abordant indirectement la question, portent sur l'impact des contraintes de crédit sur les décisions de production ou le revenu des ménages. La notion de contrainte de crédit est définie dans la littérature comme le manque d'accès ou l'insuffisance du crédit obtenu ([10], [11], [12]). Pour [12], l'incapacité d'emprunter autant que l'on en manque est une contrainte. Pour [10], les ménages qui ont un besoin de financement et qui ne formulent pas une demande de crédit parce qu'ils anticipent que celle-ci sera rejetée sont aussi dans une situation de contrainte de crédit. Nous présentons d'abord le résumé de quelques travaux qui ont prouvé l'impact négatif des contraintes de crédit, ensuite ceux qui ont montrés l'effet positif de l'accès au crédit.

2.1 IMPACT DES CONTRAINTES DE CREDIT SUR LA PRODUCTION ET LE REVENU DES MENAGES RURAUX

La référence [13] analysaient l'impact des contraintes de crédit sur la production des agriculteurs et entrepreneurs individuels non agricole Américains. Ils emploient la méthode d'appariement sur scores de propension pour estimer l'effet des contraintes de crédit sur l'output des producteurs. Les résultats empiriques ont montré que la valeur de la production est significativement basse pour les entrepreneurs individuels ayant des contraintes de crédit.

La référence [14] analyse comment la contrainte de crédit affecte les décisions de production des exploitations agricoles, et l'impact que pourrait avoir une éventuelle levée de cette contrainte sur la production et le revenu des ménages agricoles de la vallée de l'Ouémé au Bénin. Les principales cultures dans cette région sont le riz, le piment, le niébé, le maïs, la tomate et le gombo. L'auteur utilise l'approche de la programmation stochastique discrète pour prendre en compte les problèmes d'incertitude climatique. Les résultats empiriques ont montré que les petites exploitations sont les plus vulnérables à la contrainte de crédit. En ce qui concerne l'impact ex-ante de la levée de la contrainte sur la production et le revenu agricole, les prédictions du modèle ont montré que cette levée pourrait permettre par exemple, d'accroître la production du piment de 66% tout en réduisant celle du niébé de 65%. L'impact de la levée de la contrainte de crédit sur le revenu agricole a été évalué à 21,26% pour les exploitations moyennes. Selon l'auteur, la tendance à s'intéresser à la production d'autres cultures nécessitant moins d'investissement et générant moins de revenu est une conséquence des contraintes de crédit. L'étude conclut que le crédit peut servir d'outil de développement et de réduction de la pauvreté rurale. Toutefois, il ne doit pas être utilisé comme un instrument isolé, mais plutôt, il doit être suivi de toutes les conditions nécessaires devant favoriser son efficacité.

Les travaux de la référence [15], ont également prouvé l'impact négatif de la contrainte de crédit sur la production et le revenu des ménages agricoles de la province du Heilongjiang, une importante zone de production agricole, en Chine du Nord. Les auteurs ont employé la méthode de régression avec discontinuité, pour tenir compte de l'hétérogénéité et du biais de sélection de l'échantillon. Cette méthode distingue deux groupes d'individus : ceux qui sont vraisemblablement contraints au crédit et ceux qui ne le sont pas. Les résultats empiriques ont révélé que, sous contrainte de crédit, les facteurs de production et les potentialités des agriculteurs ne peuvent être employés à plein temps. En effet, l'étude a montré que le niveau d'étude affecte positivement la productivité des agriculteurs non contraints, cependant n'affecte pas celle des agriculteurs soumis aux contraintes de crédit. En outre, la levée des contraintes de crédit améliorerait la productivité agricole et le revenu des ménages ruraux, de 31,6% et 23,2% respectivement. Une des limites de l'étude soulevée par les auteurs est qu'elle n'a pas tenu compte du crédit informel, ce qui pourrait sous-estimer les effets. Ils concluent en suggérant que les politiques qui œuvrent dans l'amélioration de la productivité agricole et des conditions de vie des ménages, pourraient en premier, réduire des contraintes de crédit dans les milieux ruraux, afin que les facteurs de productions soient potentiellement employés.

Contrairement aux travaux de [15], révélant l'effet négatif de la contrainte de crédit formel sur les décisions de production, les travaux de [16] rejettent ce résultat. En effet, à travers l'analyse de l'impact du crédit formel sur le marché de location de la terre en Inde, [16] étudie l'impact de la contrainte de crédit sur les décisions de production des ménages agricoles. L'étude révèle que la contrainte de crédit formel n'explique pas les niveaux d'utilisation des inputs par les ménages agricoles. L'auteur révèle que beaucoup d'exploitations agricoles n'ont pas besoin des sources formelles de financement pour leurs activités. Il en conclut que les faibles montants nécessaires au financement des activités agricoles peuvent être disponibles à un coût relativement faible auprès du secteur informel. L'auteur montre que le manque d'accès au crédit formel ne contraint pas les décisions de production des ménages agricoles dans la mesure où ces derniers sont capables de substituer le crédit formel par d'autres formes de crédits provenant de divers marchés ruraux.

2.2 IMPACT DE L'OBTENTION DU CREDIT SUR LA PRODUCTION ET LE REVENU DES MENAGES

Si certaines études empiriques ont prouvé que les contraintes de crédit limitent les décisions de production, et atrophient les revenus des ménages agricoles, d'autres par contre montrent que le simple fait d'obtenir du crédit, améliore relativement mieux la capacité de production des agriculteurs et corollairement, a un impact positif sur leurs revenus agricoles.

[17] analyse l'impact du crédit sur la production agricole en Côte d'Ivoire. Se restreignant à la production de paddy, cet auteur mène son étude en distinguant deux groupes de producteurs ; les producteurs ayant accès au crédit et ceux n'ayant pas accès au crédit. A l'aide d'une fonction de profit, il montre que les paysans ayant accès au crédit sont économiquement efficaces que ceux qui n'ont pas reçu le crédit. Cette différence est attribuable à l'efficacité technique⁶ dans chaque groupe qui est par ailleurs très élevée chez les riziculteurs ayant accès au crédit.

Dans un contexte de faiblesse de l'épargne rurale, [9] utilise la méthode de l'effet de traitement pour évaluer l'impact de l'accès aux intrants à crédit sur le revenu des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal. Il a d'abord étudié les instruments d'accès au crédit puis les facteurs déterminant la demande. De ses analyses, il ressort que l'accès au crédit est fondamentalement déterminé par le statut débiteur du groupe du riziculteur ou du riziculteur lui-même vis-à-vis de son groupe. Il montre en plus que tous les autres facteurs ou caractéristiques individuelles n'ont aucune incidence sur l'accès au crédit, et utilise alors les deux variables pour résumer la distribution de la variable qualitative d'accès au crédit. Pour la question de la demande des intrants à crédit, l'auteur montre qu'elle est influencée par la zone de résidence, le nombre d'années d'activités en riziculture le niveau d'éducation et l'appartenance à l'ethnie wolof. En estimant l'efficacité technique des riziculteurs par l'approche de la production frontière il montre que les producteurs ayant accès au crédit produisent au niveau de leur frontière de production. En effet les résultats de la régression des niveaux d'efficacité techniques sur les variables de gestion retenues par l'auteur indiquent que l'âge, l'obtention du crédit, le niveau d'instruction de minimum secondaire et le nombre d'années d'expérience en riziculture sont des facteurs statistiquement déterminants de l'efficacité technique au seuil de 5 %. L'efficacité des producteurs est également soumise à l'action négative des facteurs comme l'obtention d'une seconde profession et la taille du ménage des producteurs. L'auteur a estimé l'effet de l'accès au crédit sur le revenu des producteurs selon leur typologie: la classe des plus pauvres, la classe des pauvres, la classe des moyens et la classe des nantis. Il en ressort que l'accès au crédit est bénéfique aux producteurs moyens et riches, alors qu'il a un effet presque nul sur l'efficacité technique et le revenu des producteurs qualifiés de pauvres.

La référence [18], mène une étude sur la production et l'efficacité technique des riziculteurs en Guinée. L'objectif de cette étude était de montrer qu'il existe des leviers d'amélioration pour la filière rizicole guinéenne. Le modèle utilisé pour atteindre cet objectif est celui de la frontière de production stochastique à effets de l'efficacité incorporés. Il ressort de ses analyses que les facteurs tels que : l'âge du producteur, le statut propriétaire de l'exploitation, la pratique de la monoculture, la main d'œuvre familiale, le recours à la main d'œuvre extérieure et les facteurs qui concerne l'écologie de l'exploitation et l'accès au crédit ont un impact positif.

La référence [19] étudie l'impact de la production de semence riz sur le rendement et le revenu des ménages agricoles. Par la méthode des variables instrumentales, ils montrent l'existence d'une corrélation positive entre le revenu des producteurs et l'accès au crédit. Pour ces auteurs, l'une des contraintes à laquelle font face les producteurs est l'accès aux financements pour l'achat des intrants en début de campagne. Relativement à la question d'accès au crédit, les auteurs stipulent que le crédit permet aux producteurs d'investir dans l'acquisition des intrants en quantité suffisante pour la production, ce qui permet d'augmenter la productivité et le revenu.

Dans cette étude, nous nous intéresserons à l'impact du crédit sur le revenu de paddy par les ménages rizicoles du Nord-Ouest au Cameroun. Il s'agit spécifiquement ici de deux types de crédit littéralement reconnu. Le crédit en nature et le crédit en espèce. Compte tenu du fait que l'effet du crédit de manière générale sur la production ou le revenu d'un ménage peut dépendre de son système de culture, cette étude se penche uniquement sur les systèmes de production à base du riz. Car, la contrainte de crédit n'affecte nécessairement pas tout le système de production [20].

⁶ En effet l'efficacité économique est la combinaison de l'efficacité allocative et de l'efficacité technique. L'étude a en outre montré que les deux groupes n'étaient pas allocativement efficaces.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODE D'ANALYSE

3.1 DONNEES ET METHODOLOGIE DE L'ÉCHANTILLONNAGE

3.1.1 SOURCE DE DONNEES ET VARIABLES D'INTERET

Les données utilisées pour cette étude nous proviennent du projet riz de l'IRAD. Elles concernent particulièrement les producteurs de riz (unités concernées). L'enquête a été réalisée entre 2013 et 2014, par le Groupe d'Action Politique Riz de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) en collaboration avec le Département Agricole Statistique et Enquête (DESA) du Ministère de l'Agriculture et le Développement Rural (MINADER) avec l'appui technique du Centre du Riz pour l'Afrique (AfricaRice). Les données ont été collectées sur le caractéristique socio démographique de ménages rizicoles, les différents types de crédit octroyé, leur production, revenue etc. à l'aide de questionnaire élaborée

3.1.2 MÉTHODOLOGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Un sondage à deux degrés été utilisée. Les régions ont été considérées comme des strates. Au premier degré, les villages rizicoles sont tirés dans les cinq régions rizicoles. Au deuxième degré, 183 riziculteurs été sélectionnés par hasard dans les villages rizicoles.

3.2 MÉTHODE D'ANALYSE

3.2.1 MODÉLISATION

Il peut exister une hétérogénéité de l'effet de traitement [21]. Ceci tient du fait que les individus peuvent bénéficier différemment du traitement selon leurs caractéristiques idiosyncrasiques. Par exemple les riziculteurs ayant un revenu antérieur relativement consistant peuvent mieux consacrer une grande partie (ou la totalité du crédit) à la production. Ce qui, influencerait cependant cette production. La taille du ménage est un autre facteur qui peut influencer la production. Formellement, nous incluons les termes d'interaction de l'indicateur de traitement et les variables $T_i * (X_i - moyenne(X_i))$.

Nous spécifions les équations suivantes.

$$Y_i = \theta + \alpha T_i + \gamma X_i + \beta T_i * (X_i^h - moyenne(X_i)) + u_i \quad (1)$$

$$T_i^* = k_0 + \partial X_i + \varphi Z_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$T_i = \begin{cases} 1 & \text{si } T_i^* \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (3)$$

Où X^h est un ensemble de caractéristiques différenciant les effets du traitement.

A partir de ces équations, nous estimons les paramètres ATE et ATET.

$$ATE(X) = \hat{\alpha}_{IV} + (X - moyenne(X))\hat{\beta}_{IV} \quad (4)$$

$$ATET(X) = \{\hat{\alpha}_{IV} + (X - moyenne(X))\hat{\beta}_{IV}\}_{(T=1)} \quad (5)$$

Compte tenu de la nature binaire de la variable d'accès au crédit, nous utiliserons un modèle probit2SLS pour l'estimation de l'effet du crédit sur les différentes variables d'intérêts. Il consiste à estimer par un modèle Probit, la variable T avec les variables observables X et les instruments Z . Les probabilités prédites de T sont ensuite utilisées comme instrument pour appliquer les doubles moindres carré ordinaires. Cette méthode est plus efficiente que celle des MCO2([22], [23]). L'instrument P_T prédit par le modèle probit est le projeté orthogonale de T dans le sous espace engendré par (X, Z) et s'écrit :

$$P_T = E(T | X, Z) = P(T | X, Z) \quad (6)$$

Elle est aussi la probabilité d'être traité. Ainsi, la probabilité d'être traité $P(T | X, Z)$ obtenue à partir de l'équation de traitement est l'instrument optimal pour le traitement [23].

De façon pratique, le modèle probit2SLS se déroule de la façon suivante.

(a) on estime par un Probit à l'aide de X et Z et on obtient la probabilité prédite P_T de T ;

- (b) on applique une régression linéaire de T sur $(1, X, P_T)$ et on obtient les valeurs estimées T_{fvi} de T ;
- (c) on applique une régression linéaire de la variable d'intérêt Y sur $(1, X, T_{fvi})$.

Le coefficient de T_{fvi} dans la dernière régression est l'estimateur de l'effet de la variable de traitement sur l'indicateur de résultat. De plus la consistance de cet estimateur par cette procédure, ne nécessite pas que le modèle du traitement soit correctement spécifié [23].

3.2.2 PRINCIPES D'ESTIMATION

L'objet de cette section est d'estimer l'effet moyen de l'accès au crédit sur le profit réel et le revenu agricole des riziculteurs de la région du Nord-Ouest.

Pour ce faire, nous appliquons la méthode des variables instrumentales aux données de l'étude afin d'estimer l'impact moyen de l'obtention du crédit dans la population totale (ATE), et l'impact moyen du crédit dans la population des riziculteurs ayant effectivement opéré au moyen d'un crédit répondant à leur demande (ATET). Par cette méthode, nous identifierons les variables expliquant en partie la variabilité des indicateurs faisant l'objet de cette étude. Nous utilisons le logarithme népérien ($\ln$) de la production nette et du revenu agricole.

La principale difficulté de l'estimation par la méthode des variables instrumentales se trouve dans la recherche du bon instrument. Avant de procéder à l'estimation de l'impact du crédit sur les indicateurs retenus à cet effet, il est donc nécessaire de définir clairement les variables qui seront utilisées comme instruments des variables de traitement.

Pour qu'un riziculteur opère au moyen d'un crédit, il est nécessaire qu'il formule une demande auprès d'une source habilitée. La demande de crédit par un riziculteur révèle le besoin et une anticipation de l'effet bénéfique du crédit sur ses activités.

Dans la littérature, il existe généralement deux formes de crédit : le crédit formel et le crédit informel. Pour le cas de cette recherche, nous ne considérons que le crédit formel. La demande de crédit formel est liée à l'éligibilité d'un exploitant à au moins une source de financement légale. Cette éligibilité est associée à l'appartenance ou non d'un producteur (ici, un riziculteur) à une organisation de producteur ou à une structure publique (comme la SEMRY, l'UNVDA etc.) et/ou un établissement financier (banque, microfinance). Par ailleurs, les deux types de crédit ne sont pas obtenus de la même façon. La plupart des riziculteurs obtiennent directement les intrants auprès de l'UNDVA et les autres auprès de certaines organisations de producteurs (crédit en nature). Par contre pour le crédit en argent liquide (crédit en espèce), il s'obtient auprès des associations de producteurs ou directement auprès d'une institution de microfinance. En outre, certaines OP servent parfois de relais dans la distribution des intrants fournis par l'UNDVA et fournissent une crédibilité auprès d'autres structures pour l'obtention d'un financement à leurs membres [24].

A partir de cette analyse, nous construisons les instruments suivants :

- (a) L'affiliation du client à l'UNVDA est la variable utilisée pour construire un instrument d'obtention du crédit en nature (ici la variable T_{nature}) ;
- (b) L'appartenance du producteur à une organisation de producteur est la variable utilisée pour construire l'instrument d'obtention du crédit en espèce (variable T_{espece}).

3.3 SPECIFICATION DU MODELE ET JUSTIFICATION DES VARIABLES

Ici nous spécifions le modèle et justifions le choix de variables explicatives de l'étude. Les variables dépendantes sont : le logarithme de la valeur ajoutée de la production de riz noté PROD-RIZ, le logarithme du revenu agricole (en monnaie locale) notées REVENU_agri et l'obtention d'un type de crédit (traitement). Le revenu agricole est l'agrégation de toutes les recettes issues de la production de toutes les cultures auquel nous enlevons les charges.

Les variables explicatives utilisées sont : la taille du ménage, le niveau d'instruction, la gestion du système de production dans le ménage, le village, la superficie de l'espace aménagée, le revenu antérieur, l'adoption ou non du NERICA, l'obtention d'un type crédit. Nous spécifions le modèle à partir des équations (7), (8) et (9) suivantes.

$$PROD_RIZ = \alpha_1 T_{nature} + \lambda_1 DEPT + \lambda_2 EDUC + \lambda_3 ACT_{PRINC} + \lambda_4 SYSTPRO + \lambda_5 ACT_{SECOND} + \lambda_6 ENCADR + \alpha_2 T_{espece} + \lambda_7 SUPERFICI + \lambda_8 NSPECUL + \lambda_9 adop_{NERICA} + \lambda_{10} TAILLE + \varepsilon \quad (7)$$

$$T_{nature}^* = \varphi Affil_{UNVDA} + \partial X + k_0 + u \quad (8)$$

$$T_{nature} = \begin{cases} 1 & \text{si } T_i^* \geq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (9)$$

Avec λ , φ , ∂ , k_0 et α des paramètres à estimer et la variable d'obtention du crédit est endogène dans le modèle.

T_{nature} la variable de traitement qui vaut 1 si l'exploitant opère avec le crédit en nature et 0 sinon. Elle peut être remplacée par la variable T_{espece} indiquant si l'exploitant opère avec le crédit en espèce ;

$SUPERFICIE$: La taille (en hectares) de la surface aménagée ;

$EDUC$: Variable binaire qui vaut 1 si l'exploitant a un niveau d'instruction au moins secondaire et 0 sinon ;

$NSPECUL$: Nombre de produits agricoles cultivés ;

ACT_{SECOND} : Variable binaire qui vaut 1 si l'exploitant a une activité secondaire autre que l'agriculture et 0 sinon ;

ACT_{princ} : Variable binaire qui vaut 1 si l'agriculture est l'activité principale de l'exploitant et 0 sinon ;

$SYSTPRO$: Variable binaire qui vaut 1 si le système de production du ménage est cogéré par l'homme et sa(ses) femme(s) 0 sinon ;

$ENCADR$: Variable binaire qui vaut 1 si l'exploitant a reçu un encadrement sur les pratiques agricoles et 0 sinon ;

$DEPT$: Variable binaire qui vaut 1 si l'exploitant réside à MEZAM et 0 sinon ;

$adop_{NERICA}$: Variable binaire qui vaut 1 si l'exploitant a adopté le NERICA et 0 sinon.

Dans la deuxième équation, $Affil_{UNVDA}$ est la variable qui indique si l'exploitant preneur de crédit en nature est affilié à l'UNVDA. Elle peut être remplacée par la variable GROUPE, qui indique si l'exploitant preneur de crédit en espèce est membre d'une organisation de producteur. X représente le vecteur de variables introduites dans la première équation.

Les variables d'interaction que nous introduirons sont le revenu antérieur, la taille du ménage, et la variable de cogestion du système de production. Compte tenu de la nature du revenu agricole, nous spécifions le même modèle comme celui retenu pour l'estimation de la production de paddy. De plus, le même modèle est spécifié pour la variable $REVENU_{agri}$.

4 PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 IMPACT DU CREDIT SUR LA PRODUCTION DU RIZ

4.1.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS D'ESTIMATION

Dans cette section, nous présentons les résultats de l'estimation de la production. Au seuil de 5%, cette hypothèse ne peut être rejetée. Par conséquent, la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) est efficace. Le modèle retenu est donc celui spécifié dans la section précédente, où nous excluons les équations (8) et (9).

Tableau 1 : Estimation de la production du riz par MCO

PROD_RIZ	Coef.	Std. Err.	P>t
T_espece	0,1235527	0,0861352	0,153
DEPT	0,2072977	0,1121394	0,066
EDUC	-0,008145	0,0441458	0,854
ACT_PRINC	0,1649948	0,1108834	0,139
SYSPRO	0,3735561	0,1014591	0,000
ACT_SECOND	0,338685	0,0919834	0,000
ENCADR	0,3614676	0,0856546	0,000
T_nature	0,4223591	0,0892291	0,000
SUPERFICIE	0,4488058	0,0540719	0,000
NSPECUL	-0,025936	0,0332017	0,436
Adop_NERICA	-0,015439	0,0884954	0,862
TAILLE	0,0076435	0,0119802	0,524
Constante	4,145189	0,2862112	0,000
Nob	183		
R-squared	0,6381		
Adj R-squared	0,6125		
F(12, 170)	24,98***		

Source : IRAD, Enquête rizicole (2013)

*** indique la significative au seuil de 1%

Les résultats ci-dessus montrent que le modèle est globalement significatif au seuil de 1%. Son pouvoir explicatif est de 63,81%.

4.1.2 INTERPRETATIONS ET ANALYSES DES RESULTATS

Les résultats de la deuxième étape de l'estimation par le MCO montrent que certaines variables influencent la production.

La possession d'une activité secondaire (*ACT_SECOND*) significative au seuil de 1% influence positivement la production de riz. La pratique des activités secondaires permet aux exploitants de diversifier les sources de revenu et de se mettre à l'abri des aléas climatiques qui peuvent influencer la production agricole. Cette stratégie permettrait d'augmenter les revenus des ménages afin de faciliter le financement des cultures. Selon [14] Kpadonou (2012), la diversification des activités est l'une des principales approches utilisées par les exploitants pour atténuer l'effet de la contrainte de crédit qui pèse sur eux pour la production agricole. Cette approche consiste à allouer une partie de leur temps aux activités para agricoles et non agricoles dont les revenus peuvent servir à financer la production végétale. La variable définissant l'accès aux services d'encadrement (*ENCADR*) est significative au seuil de 1%. Par l'encadrement technique, les riziculteurs acquièrent les connaissances sur les nouvelles technologies, les itinéraires techniques, les appuis et conseils sur les techniques culturales. La maîtrise des itinéraires techniques appropriés permet aux exploitants de procéder à une allocation optimale de leurs facteurs de production, d'effectuer les semis et les moissons aux périodes propices, d'appliquer les engrais et insecticides à des périodes appropriées.

La variable *DEPT* est significative au seuil de 5% et influence positivement la production du riz. Ce résultat témoigne que, les riziculteurs se trouvant dans la localité de MEZAM sont relativement plus productifs que ceux des autres localités.

La superficie de l'espace aménagé est également significative au seuil de 1% et influence positivement le profit rizicole des riziculteurs. La cogestion du système de production par le chef de ménage et sa(ses) femme(s) influence aussi positivement la production agricole.

La production de paddy est fondamentalement déterminée par l'accès aux engrais, et autres produits phytosanitaires. Nous en avons pour preuve la significativité au seuil de 1% du coefficient de la variable d'obtention du crédit en nature. L'effet obtenu pour cette variable est de 0,42.

4.1.3 IMPACT DU TYPE DE CREDIT SUR LE REVENU AGRICOLE

4.1.3.1 RÉSULTATS

Sont présentés ici les résultats de deux modèles : le premier considère la variable d'accès au crédit en nature comme un traitement, la variable d'accès au crédit en espèces étant une des variables explicative du modèle

Tableau 2 : Estimation du revenu agricole avec la variable de traitement T_nature

REVENU_agri	Coef.	Std. Err.	P>t
T_nature	0,258665	0,2093728	0,218
_ws_TAILLE	-0,007083	0,0428265	0,869
_ws_revenu_ant	0,3482179	0,0625506	0,000
_ws_ksyspro_1	-0,259605	0,5541685	0,64
DEPT	0,0363815	0,1295287	0,779
EDUC	0,0755702	0,0510461	0,141
ACT_PRINC	0,2708897	0,1313322	0,041
SYSPT	0,3825761	0,1979041	0,055
ACT_SECOND	0,1069452	0,1109375	0,336
ENCADR	0,3588266	0,1040173	0,001
T_espece	0,0153902	0,1071134	0,886
SUPERFICIE	0,2877289	0,0630013	0,000
NSPECUL	-0,087165	0,0395749	0,029
TAILLE	0,0393906	0,020064	0,051
Constante	10,4669	0,3714136	0,000
Nob	183		
R-squared	0,5765		
Adj R-squared	0,5412		
F(14, 168)	17,43***		
F(3, 168)	10,49***		

Source : IRAD, enquêtes rizicole (2013)

*** indique la significativité au seuil de 1%

La variabilité du revenu agricole est expliquée à 57% par les variables du modèle. L'hypothèse de nullité de tous les coefficients du modèle est rejetée (statistique de Fisher significative au seuil de 1%). Le modèle est globalement significatif.

Dans le second modèle, la variable binaire d'obtention du crédit en espèce est le traitement et la variable d'accès au crédit en nature est une variable explicative naturelle comme les autres (Tableau 3).

Tableau 3 : Estimation du revenu agricole avec la variable de traitement T_espece

REVENU_agri	Coef.	Std. Err.	P>t
T_espece	0,1160369	0,1348165	0,391
$_ws_TAILLE$	-0,033295	0,0386925	0,391
$_ws_revenu_ant$	0,2393253	0,0595318	0,000
$_ws_lsyspro_1$	-0,412283	0,2656029	0,122
DEPT	0,1129256	0,1340925	0,401
EDUC	0,0972143	0,051367	0,06
ACT_PRINC	0,2322732	0,1313346	0,079
SYSPRO	0,5507189	0,1534558	0,000
ACT_SECOND	0,0767171	0,110016	0,487
ENCADR	0,4068584	0,1020983	0,000
T_nature	0,3798121	0,1065927	0,000
SUPERFICIE	0,2502766	0,0675706	0,000
NSPECUL	-0,071615	0,0392365	0,07
TAILLE	0,0484826	0,0180507	0,008
Constante	10,26044	0,3608584	0,000
Nob	183		
R-squared	0,5665		
Adj R-squared	0,5304		
F(14, 168)	16,1***		
F(3, 168)	5,58***		

Source : IRAD, enquêtes rizicole (2013)

*** indique la significativité au seuil de 1%

La variabilité du revenu agricole est expliquée à 56% par les variables du modèle. Comme le cas précédent, Le modèle est globalement significatif.

4.1.3.2 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Globalement, La variabilité du revenu agricole est expliquée à 57% par les variables du modèle (Tableau 2). L'hypothèse de nullité de tous les coefficients du modèle est rejetée (statistique de Fisher significative au seuil de 1%). De même, La variabilité du revenu agricole est expliquée à 56% par les variables du modèle (Tableau 3). Comme le cas précédent, Le modèle est globalement significatif. Ainsi, il s'en suit les explications ci-après.

Le revenu agricole antérieur est aussi un facteur explicatif de la variabilité de la production des riziculteurs bénéficiaires d'un financement extérieur. Nous en avons pour preuve la significativité (au seuil de 1%) des termes d'interaction de la variable $revenu_ant$ avec les variables T_nature et T_espece . Un revenu agricole élevé permet au producteur, non seulement de satisfaire ses besoins fondamentaux, mais aussi d'épargner une partie afin de faire face aux investissements de la campagne future. Dans ce cas, le crédit viendrait combler un déficit budgétaire qui est moins élevé que s'il disposait d'un faible revenu. De plus, le changement d'objectif pourrait être contrecarré si l'exploitant dispose d'un revenu aussi élevé pour satisfaire les besoins inter temporels qui se présenteraient après la prise du crédit.

La variable qui exprime la place de l'agriculture parmi les autres activités de l'exploitant est significative. Ce résultat signifie que les riziculteurs dont l'activité principale est l'agriculture ont un revenu agricole relativement appréciable que ceux l'exerçant parmi les activités secondaires.

Le niveau d'étude de minimum secondaire, est un déterminant positif du revenu agricole⁷. Ce résultat corrobore avec ceux obtenus par [25] dans son étude sur l'effet de l'enseignement sur les revenus des personnes opérant dans le secteur

⁷ Significatif seulement avec le modèle employant la variable de traitement T_espece , mais positif avec le modèle employant la variable de traitement T_nature .

informel (agricole et non agricole) au Cameroun. Le résultat que nous obtenons ici peu se justifier par le fait que les exploitants d'un niveau d'instruction élevé ont une meilleure allocation de leur facteur de production (dépenses de production bien allouées).

La taille du ménage est significative au seuil de 1%. Elle détermine positivement le revenu tiré des récoltes. Le ménage est d'abord la première source de mains d'œuvre pour les exploitants. La taille du ménage expliquerait donc en partie la main d'œuvre dont il dispose pour réaliser l'objectif de satisfaction des besoins de ses membres. En effet, d'après la [26], la main d'œuvre est théoriquement déterminée par la structure par âges du ménage et plus précisément, par l'effectif des membres âgés de 7 ans et plus.

Par contraste, le nombre de spéculation influence négativement les revenus issus des récoltes. En effet, le coefficient du nombre de spéculation est négatif et significatif au seuil de 10% pour le modèle prenant en compte la variable T_nature et de 5% pour le modèle prenant en compte la variable T_espece . Cela signifie qu'une augmentation du nombre d'espèce végétale dans les exploitations diminuerait la productivité et donc le revenu agricole. Ce résultat est semblable à celui obtenu par [19] sur l'étude de la production et de l'efficacité technique des riziculteurs de Guinée. Le résultat rend compte de l'effet négatif de la pratique de la polyculture sur l'efficacité du riziculteur. Il montre implicitement que les riziculteurs les plus efficaces au cours d'une campagne donnée sont ceux qui se spécialisent dans une seule culture ou une seule activité agricole. La pratique de la polyculture pourrait porter atteinte à l'efficacité du producteur dans l'allocation des facteurs de production. Aussi certaines espèces pourraient influencer négativement la croissance d'autres (en cas d'incompatibilité) et réduire considérablement leur rendement si elles sont cultivées sur les mêmes exploitations éventuellement.

4.1.4 EFFET MOYEN DE L'OBTENTION D'UN CREDIT SUR LE REVENU AGRICOLE

A partir des étapes 2SLS des estimations, nous estimons par bootstrap les effets de chaque type de crédit (chaque traitement) sur le revenu agricole.

L'effet du crédit sur la production agricole n'est pas le même au sein des bénéficiaires. En effet, le test de Wald sur l'existence ou non d'interactions significatives entre certains facteurs et la variable d'obtention du crédit en nature (T_nature) montre que la valeur de la statistique F est significative au seuil de 5%. Il en résulte que tous les termes d'interaction ne sont donc pas simultanément nuls. Le résultat de ce test valide l'analyse de l'interaction entre le revenu antérieur avec la variable T_nature menée précédemment.

Le Tableau 4 présente les effets du crédit en nature. On note que l'effet moyen du crédit dans la population des bénéficiaires est de 51,36% et varie entre 47,94% et 54,78% (au seuil de 1%). L'effet moyen dans la population totale est de 25,36%.

Tableau 4: Effet de l'obtention du crédit en nature par le modèle probit2SLS

	Coef.	Std. Err.	Z	P>z	[95% Conf. Interval]
ATE	0,258665	0,0429421	6,02	0,000	0,1745001 ; 0,34283
ATET	0,513671	0,0174397	29,45	0,000	0,4794897 ; 0,5478522

Source : IRAD, enquêtes rizicole (2013)

Concernant les incidences estimées par le bootstrap du crédit en espèce sur le revenu agricole des ménages, l'effet moyen est de 11,6% dans la population totale. Dans la population des bénéficiaires, l'effet moyen estimé du crédit en espèces est de 16,81% et varie entre 15% et 18,31% au seuil de 1% (tableau 5)

Tableau 5: Effet de l'obtention du crédit en espèce par le modèle probit2SLS

	Coef.	Std. Err.	Z	P>z	[95% Conf. Interval]
ATE	0,1160369	0,0083614	13,88	0,000	0,0996489 ; 0,132425
ATET	0,1681678	0,00763	22,04	0,000	0,1532132 ; 0,1831223

Source : IRAD, enquêtes rizicole (2013)

L'effet du crédit sur le revenu agricole s'explique par le fait que crédit accordé est aussi utilisé pour divers postes de production agricole. Aussi le riz étant l'une des principales cultures pour ces producteurs, la disposition du crédit permet le

suivi des itinéraires techniques appropriés, qui pourrait produire des externalités positives sur d'autres espèces cultivées sur les mêmes exploitations que le riz.

5 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'estimer l'impact de l'obtention d'un type de crédit sur le revenu agricole des ménages rizicoles de la région du Nord-Ouest Cameroun. Pour atteindre cet objectif, nous avons adopté l'approche des méthodes à effet de traitement.

Sur un échantillon de 183 riziculteurs, 61,75 % produisent au moyen d'un transfert de crédit en général. Ce transfert étant de deux nature : le transfert en espèce dont les principales sources sont les institutions de microfinance et les mutuels, et les transferts en nature dont la principale source est l'UNVDA. Pour le crédit en espèce, l'appartenance du riziculteur à une organisation de producteur et son affiliation à l'UNVDA sont des atouts pour l'accès aux espèces et aux intrants respectivement. Aussi la plupart des riziculteurs qui demandent des transferts en nature auprès de l'UNVDA résident à Ngoketunjia, zone d'implantation de l'institution.

Les résultats des estimations ont révélé que certains facteurs influencent positivement la production agricole des ménages indépendamment du fait qu'ils aient ou non obtenu un financement externe. Il s'agit de certains attributs des exploitants agricoles, notamment la taille du ménage, le niveau d'étude, l'exercice d'une activité secondaire. L'effet positif et significatif de l'accès aux services d'encadrement souligne aussi l'importance du rôle joué par la formation en agriculture dans l'amélioration de la productivité des exploitants.

L'effet moyen du crédit en nature ou en espèces sur la production du riz et le revenu agricole des ménages est positif. Pour les riziculteurs exploitant au moyen des transferts en nature, l'effet moyen sur le revenu est de 51%. Cet effet est de 16,81% pour les transferts en espèce. Sur la base de ces résultats, nous pouvons déduire que l'accès à un système adéquat de crédit est indispensable si l'objectif est de permettre une production du riz en grande quantité pour satisfaire la demande de consommation nationale jadis croissante. Ainsi, il sera très subtil de :

Encourager les riziculteurs à constituer et à intégrer les organisations de producteurs (OP ou GIC); l'UNVDA devrait se rapprocher davantage des riziculteurs, afin que sa proximité avec ces derniers puisse avoir un impact sur la demande des facteurs de production (semences, engrais, herbicides, pesticides etc.) ; l'UNVDA pourrait aussi envisager de mettre en location (ou sous forme de crédit) et à moindre coût des outils modernes de production tels que les tracteurs pour l'aménagement des surfaces, des outils d'irrigation modernes et plus appropriés. Un appui en amont à la filière rizicole nécessite surtout une formation sur les techniques culturales. La combinaison de tous ces efforts constituerait probablement un pan à l'accroissement du niveau de production agricole corollairement à l'amélioration des besoins économiques des ménages.

REFERENCES

- [1] INS, *Présentation des résultats préliminaires de la quatrième enquête Camerounaise auprès des ménages (ECAM 4) de 2014*. [Online] <http://www.statistics-cameroon.org/news.php?id=311> (consulté en Décembre 2015), (2015).
- [2] Malaa, D., Agbor, N., Mbemya, S.M., *Improve rice variety and food security of rice farming household in Cameroon* », Presented at the third Congress of rice in Africa, Yaoundé, Cameroon, 296 p, (2013).
- [3] AfricaRice, *Innovation and Partnerships to Realize Africa's Rice Potential*, Second Africa Rice Congress, (2010).
- [4] ECAM3, *Troisième Enquête Camerounaise Auprès des Ménages*, Yaoundé, Cameroun, 2007.
- [5] MINADER, *Bilan alimentaire du Cameroun 2009 et 2010*. P. 63, (2010).
- [6] Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture au Cameroun (SNDR), MOUTURE III, mars 2009 p. 4, (2009).
- [7] Malaa, D. et Nzodjo, P., *Strengthening the availability and access to Rice Statistics for Sub-Saharan Africa ; a contribution to the Emergency Rice initiative*, (2011).
- [8] PADFA, *Projet d'Appui au Développement des Filières Agricoles*, république du Cameroun, confidentiel, janvier 2010.
- [9] Fall A., *Impact du crédit sur le revenu des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal*, thèse de doctorat, Université de Montpellier I, Laboratoire UMR 1110 MOISA, (2006).
- [10] Jappelli, T., "Who is Credit Constrained in the US Economy?" *Quarterly Journal of Economics*, 105, p. 219-234, (1990).
- [11] Feder G. ; Lau, L. J. ; Lin, J. Y. and Luo, X., "The relationship between credit and productivity in Chinese agriculture: A microeconomic model of disequilibrium", *American Journal of Agricultural Economics*, 72 (5): 1151-1157, (1990).
- [12] Diagne, A. ; Zeller, M. and Sharma, M., *Empirical measurement of households access to credit and credit constraints in developing countries: Methodological issues and evidence*, FCND Discussion Paper, 90, IFPRI, Washington DC, (2000).

- [13] Briggman, ToweetMorehart, *“Credit Constraints: Their Existence, Determinants, and Implications for U.S. Farm and Nonfarm Sole Proprietorships”*, American Journal of Agricultural Economics, (2008).
- [14] Kpadonou B. R. A., *Impact de la contrainte de crédit sur la production et le revenu agricoles : une analyse par la programmation stochastique discrète des exploitations agricoles de la basse vallée de l’Ouémé*, Thèse en Economie et Sociologie Rurales, FA/Université de Parakou – Bénin, (2010).
- [15] Dong, F., Lu J., and Featherstone A. M., *Effects of Credit Constraints on Productivity and Rural Household Income in China*, Working Paper 10-WP 516, (2010).
- [16] Kochar, A., *“Does Lack of Access to Formal Credit Constrain Agricultural Production? Evidence from the Land Tenancy Market in Rural India”*, American Journal of Agricultural Economic, 79, p. 754 – 763, (1997).
- [17] Djato K. K., *Crédit agricole et efficacité de la production agricole en Côte d'Ivoire*, Économie rurale, n°263, p. 92-104, (2001).
- [18] Diagne et Arouna, *Impact de la production de semence riz sur le rendement et le revenu des ménages agricoles: une étude de cas du Bénin*, 3^{ème} ICAAAE, Septembre, 22-25 Hammamet Tunisia, (2013).
- [19] Fotan, C., *Production et efficience technique des riziculteurs de Guinée : Une estimation paramétrique stochastique*, Economie rurale, n° 308, p. 19-35, (2008).
- [20] Quisumbing, A. R. et McNiven, S., *Moving Forward, Looking Back: The Impact of Migration and Remittances on Assets, Consumption, and Credit Constraints in the Rural Philippines*, ESA No. 07-05, FAO, p. 46, (2007).
- [21] Heckman, J. et Vytlačil, E., *Structural Equations, Treatment Effects and Econometric Policy Evaluation*. Econometrica, 73 (3), p. 669–738, (2005).
- [22] Wooldridge, J. M., *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, The MIT Press, (2010).
- [23] Cerulli, G. *Ivtreatreg: a new stata routine for estimating binary treatment models with heterogeneous response to treatment under observable and unobservable selection*, CNR-Ceris Working Papers, (03/12), (2012).
- [24] Fogang, G., *Les organisations de producteurs en Afrique de l’Ouest et du Centre : attentes fortes, dures réalités. Le cas du Cameroun*, rapport pays, p. 51-54, (2012).
- [25] Nguetse, P., *Analyse des rendements de l’éducation dans le secteur informel au Cameroun*, Economie informelle dans les pays en développement 2012, p. 129-143, (2009).
- [26] FAO, *Population et main-d’œuvre dans l’économie rurale*, Rome, Département des Politiques Économiques et Sociales de la FAO, (1984).

Mapping of Mammalian Purkinje Network on an Electrically Equivalent Circuit

Khandoker Tanjim Ahammad, Animesh Kundu Anik, and Sumaiya Suravee

Electrical and Electronics Engineering,
American International University-Bangladesh,
Dhaka-1213, Bangladesh

Copyright © 2017 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: Purkinje network of a Magnetic Resonance Image cardiac dataset has been extracted using 3-D slicer. From that extracted model simplified circuit of Purkinje network has been generated with help of simplified version of cable theory. Also the length of each node of human heart has been identified using landmark tools of 3-D slicer. The action potential propagating through the network was simulated in MATLAB and the circuit was simulated in Multisim. This simulation was then represented with help of a 3-D printed heart visualization module. The main intention of designing a circuit equivalent to Purkinje network was achieved. However, the pulse of circuit was found to be lower than the actual pulse generated by the Purkinje network.

KEYWORDS: Purkinje network, 3-D slicer, Simplified cable theory, MATLAB, Action potential.

1 INTRODUCTION

Purkinje networks are specialized electrical conduction muscle. During the depolarization of atrium of the heart, a great impact has been imposed by the Purkinje network. This networks helped to generate full QRS complex of ECG. Purkinje network has the highest conduction velocity among all the nodes of the heart [1]. This network can be used to identify the block of the heart. An exact equivalent circuit of this network can be very useful for heart diseases patients

2 MATERIAL AND METHODS

This research is mainly based on four principle. Extraction 3- D heart model from the DICOM file was the first principle. Purkinje network extraction was the second principle. MATLAB simulation of this 3-D model was the third initiative. Simple cable theory was used to generate an equivalent circuit of Purkinje network was the fourth principle.

2.1 EXTRACTION OF 3-D HEART MODEL

The DICOM file of cardiac MRI was extracted with help of 3-D Slicer software. This DICOM file contained the MRI image of heart. Then, the MRI image has been resized and diminished the unnecessary muscle to gain our desired model. Then the model of 3-D heart generated with the help of slicer. Every node has been identified from that heart model by using landmarks. From that land mark the length of node and the length of Purkinje network have been measured.

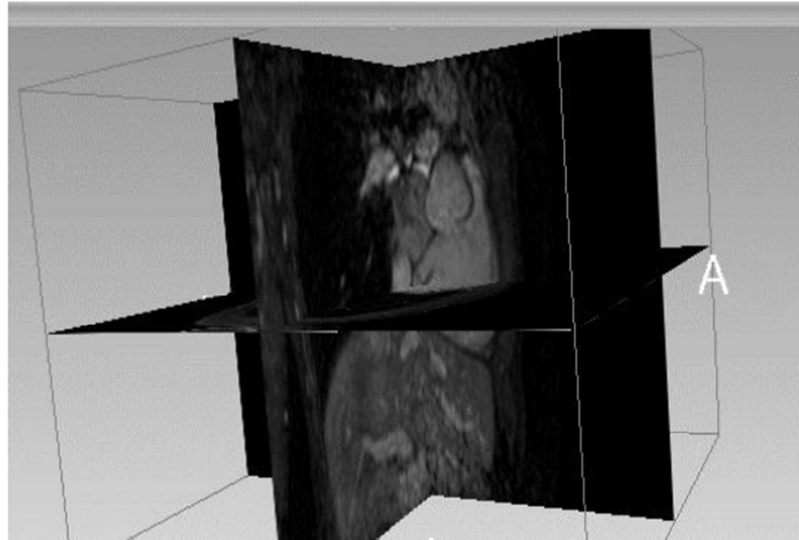


Fig. 1. Composite MRI view of heart [4].

2.2 CIRCUIT SIMULATION

The circuit has been made, using the cable theory. The goal of this circuit was to find delay signal because the response of heart does not depend only electrical conduction. Single frequency signal has been given as input. 10 Hz frequency with 1 volt (peak to peak) amplitude has been given as input with the help of frequency generator. In normal case, the pulse of the heart propagate with 0.6 volt (peak to peak) and in real condition there is no ground connection but to do the circuit a common ground has been added. After that several blocks have been added instead of Purkinje cell. Then the output has been taken from every blocks to see the conduction delay. Here the simulation has been done within a segment. Electrical pulse is passed from one cell to another cell, to do that electrical block has been cascaded. To continue the propagation up to next segment a voltage control voltage gate has been used. The signal has been passed to each block of a segment and showed its corresponding conduction delay. Suitable resistor and capacitor values have been chosen to find the conduction delay. In the extracellular membrane 100 ohm resistors have been selected and 1 ohm resistors have been selected in intracellular space. Also 10 micro farad capacitors have been selected for membrane capacitance. Here the electrical conduction of muscle has not been considered.

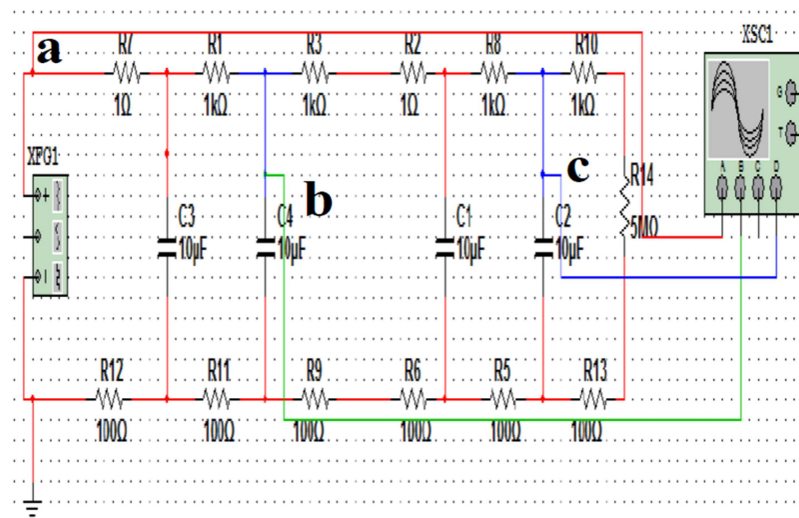


Fig. 2. Equivalent circuit of a segmented Purkinje network

2.3 MATLAB SIMULATION

Length of each node of the human heart has been measured using the landmark identification of slicer view. Hodgkin-Huxley model was used to find out the action potential. For potassium ion the effect of variable n was measured by conductance, G_K . The effect of sodium ion can be identified by the variable of m and h . The delay has been showed by the voltage. Simplified cable theory has been used by a number of series resistors with parallel capacitor. The change of the voltage has been represented by (x) ,

$$V_x = V_0 e e^{-\frac{x}{\lambda}} \dots \dots \dots \text{Eq 1}$$

Sodium, potassium and chloride ion has their own channel current. Sodium ion channel current is I_{Na} , potassium ion channel current is I_K and chloride ion channel has ionic current I_{Cl} ,

$$I_{Na} = G_{Na}(V_m - E_{Na}) \dots \dots \dots \text{Eq 2}$$

$$I_K = G_K(V_m - E_K) \dots \dots \dots \text{Eq 3}$$

$$I_{Cl} = G_{Cl}(V_m - E_{Cl}) \dots \dots \dots \text{Eq 4}$$

Using this equation, MATLAB function has been generated [1][2]. Analyzing all these equation we got the action potential curve for Purkinje network node. In the Table 1: delay has been shown for the Purkinje nodes. The number of nodes were increasing in left ventricle as the length of the Purkinje fibers were greater in there. The number of nodes were less in right ventricle as the length Purkinje fibers is less in there. Nodes number 9-18 was showed in Table 1 and also the value of each nodes length was given there.

Table 1. Conduction delay of Purkinje network

Purkinje fiber node	Length(μm)	Conduction delay(ms)
9-10	15.21×10^{-6}	23.5
10-11	20.43×10^{-6}	7.5
11-12	35.97×10^{-6}	8.6
12-13	14.81×10^{-6}	9.84
14-15	15.13×10^{-6}	10.5
15-16	21.60×10^{-6}	11.2
16-17	13.96×10^{-6}	12.3
17-18	13.41×10^{-6}	12.8

3 RESULTS

3.1 PURKINJE NETWORK EXTRACTION

Electrical conduction of heart consisted of some specific node. SA node, AV node, Bundle of branch, Bundle of his and Purkinje fibers are the main electrical conduction path of heart[1]. Landmark has been given to each node using the Axial slice, Sagittal slice and Coronal slice view in Slicer. The landmarks were showed the minimum conduction path of human heart. Each node of human heart has been identified by a specific landmarks. Node number 1 and 2 contain the path of SA to AV node. Node number 2-3 contain the path of AV node to common bundle. From node 3 the path divided into two portion left ventricle and right ventricle. Node number 3-18 contain the electrical conduction path of left and right ventricle. Node number 14, 15, 16, 17 and 18 are the path of the Purkinje network from left ventricle wall. Node number 9, 10, 11, 12 and 13 contain the conduction path for Purkinje network from the right ventricle wall.

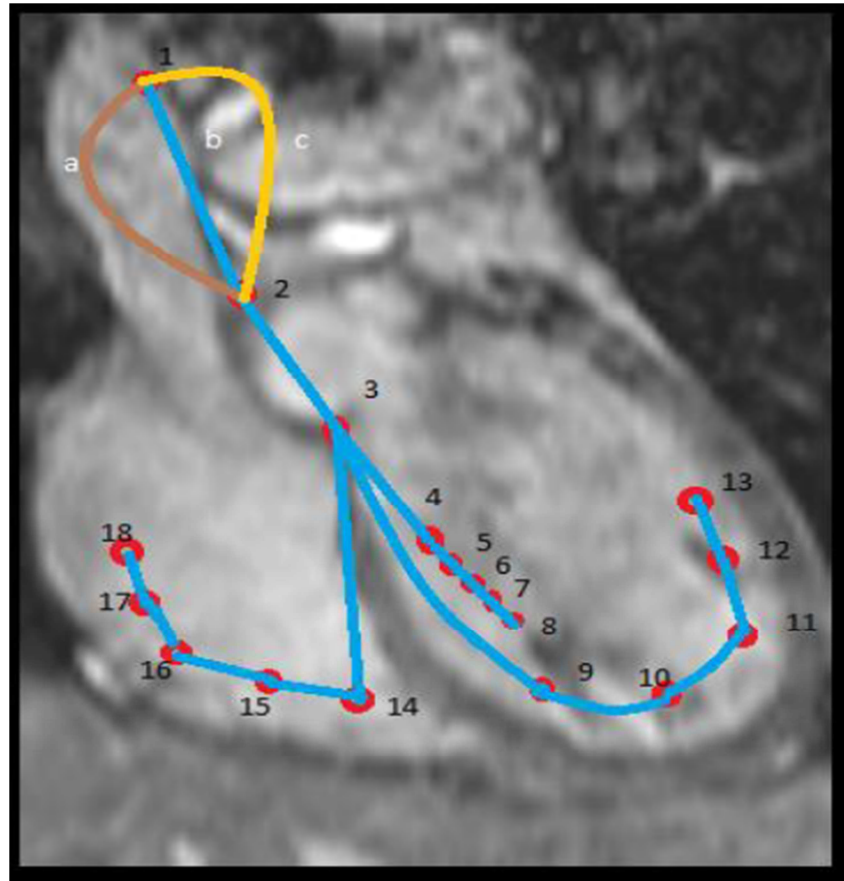


Fig. 3. Nodes Identification using landmark tools of 3-D slicer.

Though the conduction path from 9-13 in left ventricle is larger than the path from 14-18 in right ventricle. Node number 3-8 contain the electrical conduction path for Bundle of branch, Bundle his to Purkinje network.

3.2 CIRCUIT OUTPUT RESPONSE

Purkinje network has been generated using the simplified version of cable theory. The intracellular and extracellular space and gap junction has been considered. Intracellular space is measured with equivalent resistance, range of mega ohm. Extracellular space is measured with small resistance of ohmic range. Gap junction is with a parallel capacitor connected with resistor to invoke the conduction delay [3]. Conduction velocity of the Purkinje network has been showed using the simple cable theorized block circuit. In the output response, the delay has been showed sequentially. The red colored signal shows the input signal. After that the green and blue colored signal shows the sequential blocks response.

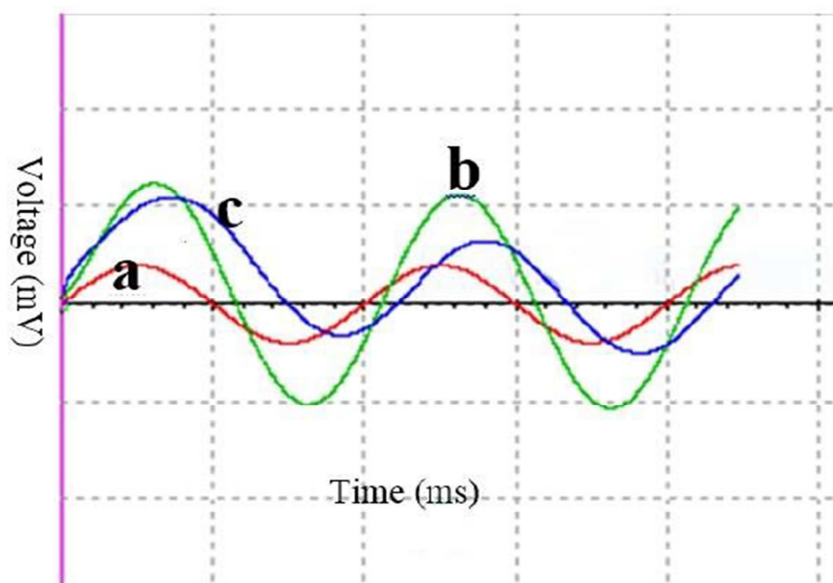


Fig. 4. Delay propagation of multiple segment.

3.3 MATLAB OUTPUT RESPONSE

Several nodes were taken from the 3D slicer model. Then the length of node to node was measured. Using the length of SA node, AV node, Bundle of branches node, Bundle of his node and Purkinje fiber node, the simulation of whole heart has been generated. First the delay was added

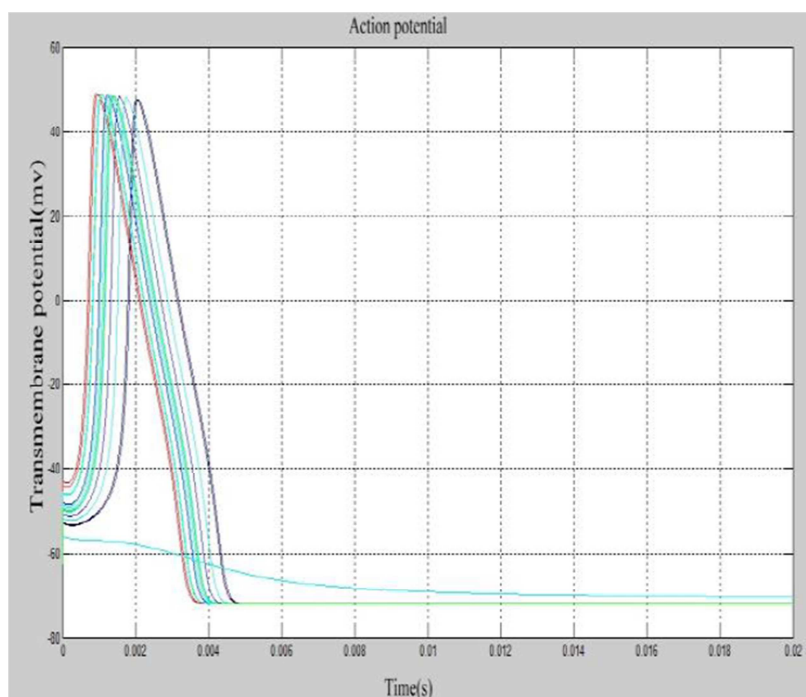


Fig. 5. Conduction delay of Purkinje network.

Then using this, the delay of each node was generated. The combine wave shape is dependent only on the Purkinje network action potential propagation. Action potential propagation in rest of muscle was not considered. This is the reason of getting a distorted form of ECG like wave shape.

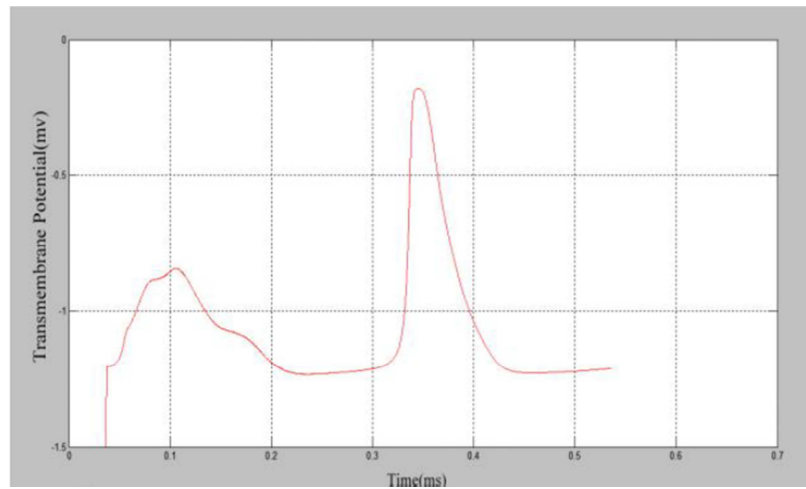


Fig. 6. *Combine wave shape of one complete cycle conduction delay cycle of Purkinje network*

3.4 VISUALIZATION MODULE

Electrical pulse has been given to atrium using Arduino Mega interfacing with MATLAB. The propagation start from SA node. Then the pulse has been given to AV node using the same procedure. Next the pulse has been sent to common bundle. After that the pulse has been given to Bundle of His. Next the pulse given to the Bundle of branches. Lastly the pulse has been given to Purkinje fiber. When the atrium muscle depolarized, light has blinked and showed the propagation. During the depolarization of ventricle, specifically in Purkinje fibers, the led blinked and showed the propagation. The propagation time has taken from Table 1. Depolarization of one complete heart cycle has been generated with help of MATLAB simulation.

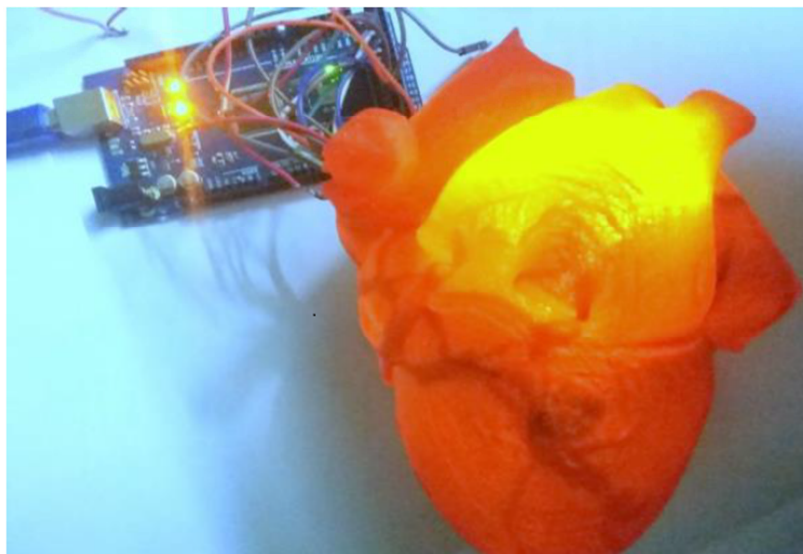


Fig. 7. *Depolarization of Atrium.*

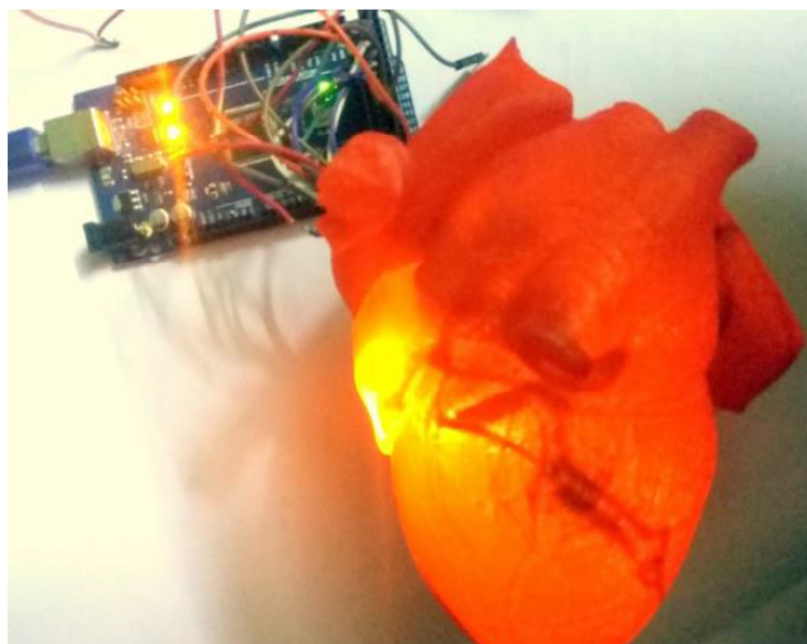


Fig. 8. *Depolarization of AV node.*

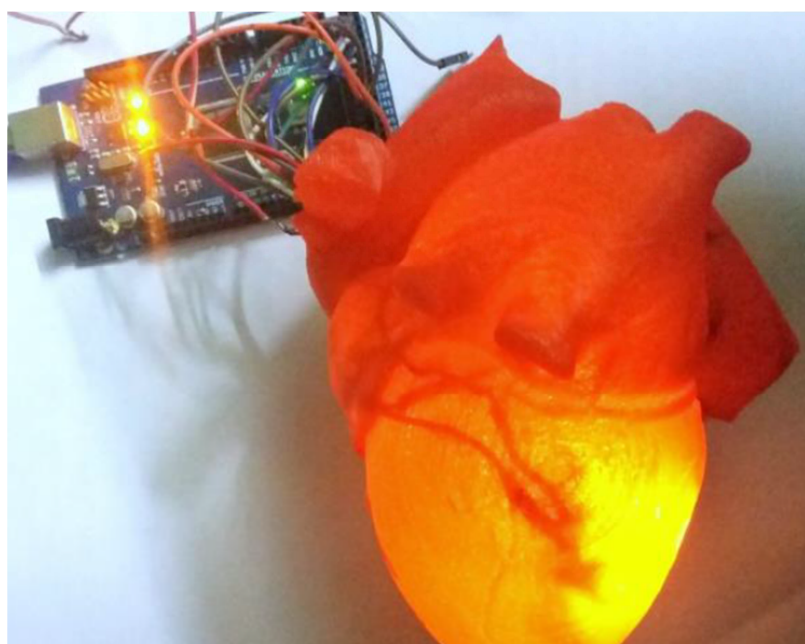


Fig. 9. *Depolarization of Ventricle.*

4 CONCLUSIONS

Purkinje fibres are generated a large network inside ventricle wall. Using this network, heart block could be identified. Nodes of the human heart and its length has been measured from the 3-D heart model. Using this measurement in the MATLAB the conduction velocity of the heart has been measured. From simplified version of cable theory circuit we got another conduction velocity. However, we used an equivalent circuit of Purkinje fibre and the length is measured from the 3-D model. So the output may not be as exact as the real one. Future work could be done by using the data of real MIR or CT scan.

ACKNOWLEDGEMENT

We want to express our sincere gratitude and indebtedness to our Abanti Afroz Shamma, Lecturer, Department of Electrical & Electronics Engineering of American International University-Bangladesh (AIUB) for her valuable guidance, support and encouragement.

REFERENCES

- [1] R. P. Malmivuo Jaakko, Bioelectromagnetism, "relative merits of electric and magnetic measurements in cardiac studies", vol. 7. 2004.
- [2] N. Angel, "Equivalent circuit implementation of demyelinated human neuron in spice," *Mastar's Thesis and Project Reports*, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 2011.
- [3] S. Dhein, T. Seidel, A. Salameh, J. Jozwiak, A. Hagen, M. Kostelka, G. Hindricks, and F.-W. Mohr, "Remodeling of cardiac passive electrical properties and susceptibility to ventricular and atrial arrhythmias," *Front. Physiol.*, vol. 5, p. 424, Jan. 2014.
- [4] "Cardiovascular Physiology | EM Cephalgia." [Online]. Available: <http://emcephalgia.com/acem-primary-exam-notes/physiology/cardiology-physiology/cardiovascular-physiology/>. [Accessed: 19-Nov-2015].

Kählerian structure associated to de Sitter group

G. Lutanda Panga¹, P. Azere Phiri², and P. Muyumba Kabwita³

¹Department of Mathematics and Informatics,
 University of Lubumbashi,
 Lubumbashi, DR Congo

²Department of Mathematics,
 Copperbelt University,
 Kitwe, Zambia

³Department of Physics,
 Copperbelt University,
 Kitwe, Zambia

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this paper, we consider the de Sitter algebra and we realize the Kählerian structure by using the fact that the dual of a Lie algebra of a Lie group has a natural Poisson structure and also the fact that a non-degenerate Killing form on a Lie algebra induces a metric on its dual.

KEYWORDS: Lie algebra of Lie group, Kirillov form, Killing form, Poisson bracket, Riemann bracket, Hermitian metric, Kähler manifold.

1 INTRODUCTION

The de Sitter space V_+ with positive curvature k is described by the hyperboloid

$$-u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 = k^{-2} \quad (1)$$

where u_1, u_2 and u_3 are global coordinates such that :

$$u_1 = q, u_2 = k^{-1} (1 + k^2 q^2)^{1/2} \sin kct, u_3 = k^{-1} (1 + k^2 q^2)^{1/2} \cos kct.$$

The de Sitter group dS_+ is the group of orthogonal symetries of V_+ , its acts transitively on the spaces V_+ as follows $u'_i = g_i^j u_j$. dS_+ stand for the Lie algebra of Lie group dS_+ . We assume that dS_+ is generated by the basis (P, K, H) where P is the infinitesimal generator of spatial translation, K is the infinitesimal generator of boost and H is the infinitesimal generator of time translation. We associate to P, K and H respectively the parameters of length (x), velocity (v) and time (t).

For the de Sitter Lie algebra dS_+ endowed with the basis (P, K, H) , the nontrivial Lie brackets are :

$$[P, H] = \omega^2 K, [K, P] = \frac{1}{c^2} H, [K, H] = P. \quad (2)$$

For more details about the de Sitter group and its Lie algebra, see [2] and [5].

We name dS_+^* the dual of the Lie algebra dS_+ and we recall that in the dual Lie algebra, the dual of P, K and H are linear momenta (p), static momenta (k) and energy (E).

2 POISSON STRUCTURE ASSOCIATED TO DE SITTER LIE ALGEBRA

The derivative of the coadjoint action of the de Sitter group on $\mathfrak{dS}_+^*$ designed by ad^* , permits to define the Kirillov form on $\mathfrak{dS}_+^*$,

$$\begin{aligned}\langle \text{ad}_X^*(\alpha), Y \rangle &= \langle \alpha, [X, Y] \rangle \\ &= K_{ij}(\alpha) X^i Y^j\end{aligned}\quad (3)$$

where $\alpha(p, k, E) \in \mathfrak{dS}_+^*$, $X, Y \in \mathfrak{dS}_+$ and $\langle, \rangle$ is a pairing between $\mathfrak{dS}_+$ and $\mathfrak{dS}_+^*$.

In the basis (P, K, H) of $\mathfrak{dS}_+$, the Kirillov form is given by the matrix

$$K_{ij}(\alpha) = -\alpha_k C_{ij}^k$$

where C_{ij}^k are structure constants. Explicitly, the matrix of the Kirillov form in this basis of $\mathfrak{dS}_+$ is

$$K_{ij}(p, k, E) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{-1}{c^2}E & -\omega^2 k \\ \frac{1}{c^2}E & 0 & -p \\ \omega^2 k & p & 0 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

For any $f, g \in C^\infty(\mathfrak{dS}_+, \mathbb{R})$, the Poisson bracket is given by

$$\begin{aligned}\{f, g\} &= K_{ij}(\alpha) \frac{\partial f}{\partial \alpha_i} \frac{\partial g}{\partial \alpha_j} \\ &= \left(\frac{\partial f}{\partial p} \frac{\partial f}{\partial k} \frac{\partial f}{\partial E} \right) \begin{pmatrix} 0 & \frac{-1}{c^2}E & -\omega^2 k \\ \frac{1}{c^2}E & 0 & -p \\ \omega^2 k & p & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial g}{\partial p} \\ \frac{\partial g}{\partial k} \\ \frac{\partial g}{\partial E} \end{pmatrix} \\ &= \frac{1}{c^2}E \frac{\partial f}{\partial k} \frac{\partial g}{\partial p} + \omega^2 k \frac{\partial f}{\partial E} \frac{\partial g}{\partial p} - \frac{1}{c^2}E \frac{\partial f}{\partial p} \frac{\partial g}{\partial k} + p \frac{\partial f}{\partial E} \frac{\partial g}{\partial k} - \omega^2 k \frac{\partial f}{\partial p} \frac{\partial g}{\partial E} - p \frac{\partial f}{\partial k} \frac{\partial g}{\partial E}\end{aligned}\quad (5)$$

This Poisson bracket provides Poisson structure associated to the de Sitter group.

$(\mathfrak{dS}_+^*, \{, \})$, the dual of $\mathfrak{dS}_+$ endowed with the Poisson bracket $\{, \}$, is a Poisson manifold.

3 RIEMANN STRUCTURE ASSOCIATED TO DE SITTER LIE ALGEBRA

We recall that the adjoint representation of $\mathfrak{dS}_+$ is defined by

$$\text{ad} : \mathfrak{dS}_+ \rightarrow \text{End}(\mathfrak{dS}_+), \quad X \rightarrow \text{ad}X,$$

for any $Y \in \mathfrak{dS}_+$, $\text{ad}_X : \mathfrak{dS}_+ \rightarrow \mathfrak{dS}_+$, $Y \rightarrow \text{ad}_X(Y) = [X, Y]$.

In the basis (P, K, H) of $\mathfrak{dS}_+$, the matrix columns of the endomorphism $\text{ad}_{pP+kK+EH}$ of $\mathfrak{dS}_+$ are provided by

$$\begin{aligned}\text{ad}_{pP+kK+EH}(P) &= p.\text{ad}_P(P) + k.\text{ad}_K(P) + E.\text{ad}_H(P) \\ &= p[P, P] + k[K, P] + E[H, P] \\ &= \frac{1}{c^2}kH - E\omega^2 K \\ \text{ad}_{pP+kK+EH}(K) &= -\frac{1}{c^2}pH - EP \\ \text{ad}_{pP+kK+EH}(H) &= p\omega^2 K + kP.\end{aligned}\quad (6)$$

We get the matrix of $\text{ad}_{pP+kK+EH} \in \text{End}(\mathfrak{dS}_+)$

$$\begin{pmatrix} 0 & -E & k \\ -E\omega^2 & 0 & p\omega^2 \\ \frac{1}{c^2}k & -\frac{1}{c^2}p & 0 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

The Killing form R is defined as follows

$$\begin{aligned} R : \mathfrak{dS}_+ \times \mathfrak{dS}_+ &\rightarrow \mathbb{R} \\ (X, Y) &\rightarrow R(X, Y) = \text{Tr}(ad_X \cdot ad_Y) \end{aligned} \quad (8)$$

The Killing form defines a metric on the de Sitter Lie algebra $\mathfrak{dS}_+$. Since the Killing form is non-degenerate, it defines also a metric on $\mathfrak{dS}_+^*$.

From (8), for a fixed basis (X_i) of $\mathfrak{dS}_+$, one has

$$\begin{aligned} R_{ij} &= R(X_i, X_j) \\ &= \text{Tr}(ad_{X_i} \cdot ad_{X_j}) \end{aligned} \quad (9)$$

and the Riemann bracket on $\mathfrak{dS}_+^*$ can be defined for any $f, g \in \mathfrak{dS}_+^*$ by

$$(f, g) = R^{ij}(\alpha) \frac{\partial f}{\partial \alpha_i} \frac{\partial g}{\partial \alpha_j} \quad (10)$$

Consider now the matrix obtained in (7), for any $X = pP + kK + EH$

$$\begin{aligned} X' = P'P + k'K + E'H \in \mathfrak{dS}_+, \quad R(X, Y) &= \text{Tr} \begin{pmatrix} 0 & -E & k \\ -E\omega^2 & 0 & p\omega^2 \\ \frac{1}{c^2}k & -\frac{1}{c^2}p & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & -E' & k' \\ -E'\omega^2 & 0 & p'\omega^2 \\ \frac{1}{c^2}k' & -\frac{1}{c^2}p' & 0 \end{pmatrix} \\ &= -2\omega^2 EE' + \frac{2}{c^2}kk' - \frac{2\omega^2}{c^2}pp' \\ &= (p \ k \ E) \begin{pmatrix} \frac{-2\omega^2}{c^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-2\omega^2}{c^2} & 0 \\ 0 & 0 & -2\omega^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p' \\ k' \\ E' \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (11)$$

The inverse of the matrix R_{ij} appeared in the relation (11) is

$$R^{ij} = \begin{pmatrix} \frac{-c^2}{2\omega^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{c^2}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{2\omega^2} \end{pmatrix} \quad (12)$$

and allows us to defined the Riemann bracket on $\mathfrak{dS}_+^*$

$$\begin{aligned} (f, g) &= R^{ij}(\alpha) \frac{\partial f}{\partial \alpha_i} \frac{\partial g}{\partial \alpha_j} \\ &= \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial p} & \frac{\partial f}{\partial k} & \frac{\partial f}{\partial E} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{-c^2}{2\omega^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{c^2}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{2\omega^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial g}{\partial p} \\ \frac{\partial g}{\partial k} \\ \frac{\partial g}{\partial E} \end{pmatrix} \\ &= \frac{-c^2}{2\omega^2} \frac{\partial f}{\partial p} \frac{\partial g}{\partial p} + \frac{c^2}{2} \frac{\partial f}{\partial k} \frac{\partial g}{\partial k} - \frac{1}{2\omega^2} \frac{\partial f}{\partial E} \frac{\partial g}{\partial E} \end{aligned} \quad (13)$$

for any $f, g \in \mathfrak{dS}_+^*$.

$(\mathfrak{dS}_+^*, (,))$, the dual of $\mathfrak{dS}_+$ endowed with the Riemann bracket $(,)$, is a Riemann manifold, [4].

4 KAHLER STRUCTURE ASSOCIATED TO DE SITTER GROUP

The Poisson bracket $\{, \}$ and the Riemann bracket $(,)$ given respectively in (5) and (13) provide the hermitian metric, denoted by $\langle, \rangle$, and called Kahler bracket, on $\mathfrak{dS}_+^*$.

For any $f, g \in \mathfrak{dS}_+^*$,

$$\langle f, g \rangle = (f, g) + i \{f, g\} \quad (14)$$

With $i \in \mathbb{C}$ such that $i^2 = -1$, [3]. The Kahler bracket defines a Kahlerian structure on the dual of the de Sitter algebra. $(dS_+^*, \langle, \rangle)$, the dual of dS_+ endowed with the Kahler bracket $\langle, \rangle$, is a Kahler manifold.

5 CONCLUSION

The Kähler structure plays an important role in the geometrical description of Schrödinger quantum mechanics. By the way of the Poisson bracket and the Riemann bracket, we obtain the Kähler bracket. In this paper, we want to make clear the steps leading to obtain the Kähler structure from a Lie group.

REFERENCES

- [1] A.L. Malagon, Killing Forms of Lie Algebras, Thesis, Emory University, 2009.
- [2] A. Ngendakumana, Group Theoretical Construction of Planar Non commutative Systems, Thesis, Université d'Abomey-Calavi (UAC), Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP), Porto-Novo, Décembre 2013.
- [3] R. Cirelli, A. Mania, L. Pizzachero, Quantum mechanics as infinite dimensional Hamiltonian system with uncertainly structure, American Institute of Physics, 1990.
- [4] J. Jost, Riemannian Geometry and Geometric Analysis. Fifth Edition, Springer-Verlag, Berlin, 2008.
- [5] J. Nzotungicimpaye, Groupes de relativité et systèmes élémentaires, Université de Bujumbura, Département de Mathématiques, 1991. Preprint.

ANALYSE DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX DU LOTISSEMENT DES RIVES DU LAC KIVU ET L'IMPLICATION DES AUTORITES ADMINISTRATIVES DANS LA PROTECTION ENVIRONNEMENTALE: CAS DE LA VILLE DE BUKAVU

John AMANI BALIAHAMWABO

Institut Supérieur de Management (ISM Bukavu), Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: We have conducted a research about the actual situation of Bukavu town that is facing problems of rural exodus and the proliferation of houses which are built in disorder without the intervention of local administrative leaders. Historic-critical and comparative methods with interviews and documentary notes have helped us to collect data for this piece of work in order to understand the phenomenon and events that are related to the division of Kivu lake coast. These methods and techniques have helped to make a location of elements and effects and look for their basic reasons in the timing and temporary setting with the aim of establishing the similarity and discordance between the Kivu lake littoral 20 years ago and the actual situation of this last with reference to certain administrative rules related to this issue.

From our research, we have found out that there is remarkable weakness of politico-administrative authorities in matter of keeping the littoral of Kivu lake and environment protection. People get small lands to build their dwellings even on lands which were considered dangerous to build houses in former time.

Places which are protected by the law, among which Kivu Lake did not escape to this predation and consequences, are now numerous at different levels. We have recommended to politico-administrative leaders to establish public waste bean, to adjust the littoral of Kivu Lake, the sensitization of the population, to make a regular checking of people who are building, to destroy some houses which were built on lands which are dangerous, to build houses at 10 meters far from the littoral, to respect environmental rules and establish appropriated strategies

KEYWORDS: Factors, Environment, Shores, Implication, Protection, Housing estate, Administrative Authorities.

RESUME: Nous avons mené une recherche sur la situation actuelle de la ville de Bukavu qui fait face à un exode rural sans précédent et incontrôlé et à la prolifération des constructions anarchiques aux yeux et au vue des autorités administratives. Les méthodes historico critique et comparative accompagnées des techniques d'interview et documentaire nous ont été d'une grande importance en ce sens qu'elles nous ont aidées à comprendre des phénomènes, des événements en rapport avec le lotissement des rives du lac Kivu. Grâce à celles-ci nous avons pu situer les éléments et les faits et chercher leurs causalités dans le temps et dans l'espace dans le but d'établir une concordance et une discordance, entre le littoral du Lac Kivu d'il y a plus au moins 20 ans par rapport à celui-ci actuellement au égard à certaines dispositions administratives en cette matière.

A l'issue de nos investigations, il ressort qu'il y a une faiblesse de l'Etat face à cette situation de plus en plus complexe. L'on assiste donc à l'acquisition désordonnée des parcelles et au développement des constructions anarchiques, même sur des sites jadis jugés impropres à la construction.

Des espaces pourtant protégés par la loi, à l'instar des rives du lac Kivu, n'ont pas échappé à cette prédation et les conséquences sont aujourd'hui incalculables sur plusieurs plans. Pour l'essentiel nous avons retenu, à titre des recommandations faites aux autorités compétentes, l'aménagement des poubelles publiques ; l'aménagement des rives du lac ; la sensibilisation de la population ; la construction pour la population ; le contrôle régulier des constructions ; la destruction de certaines maisons ; le respect de 10m de rive ; le respect des normes en la matière et la mise en place d'une politique appropriée.

MOTS-CLEFS: Facteurs, Environnement, Rives, Implication, Lotissement, Autorités administrative, Ville.

1 INTRODUCTION

1.1 LE PROBLEME

Depuis le départ des colonisateurs très peu de changements considérables ont été remarqués dans la réhabilitation des infrastructures immobilières héritées de la colonisation. La ville garde son aménagement des années 50 et 60 alors que la pyramide des âges a complètement changé. Ainsi on voit apparaître dans la ville de Bukavu un nouveau phénomène “*les constructions anarchiques*”, créé par l’insécurité permanente dans les différents territoires de la province depuis 1994 lors de l’arrivée massive des réfugiés rwandais.

En dépit des efforts initiés par la coopération canadienne depuis les années 1975 et freinés par la rupture de la coopération internationale en 1990, l’absence d’actualisation du schéma d’aménagement urbain, a eu comme conséquence la construction sur des sites impropres à l’instar des flancs des collines jadis qualifiés d’impropres à la construction comme Kabwa-Kasirhe, Karhale et Ruzizi et à l’envahissement du littoral du lac Kivu

Malgré les interdictions des autorités politico-administratives, l’arrêté n°401/BUR/M.BKV/005//2009 du 6/07/2009 Portant démolition de toutes les constructions anarchiques sur les domaines publics n’a pas eu des véritables mesures d’accompagnement. Or la spoliation des terres au bord du lac Kivu demeure un problème qui devrait intéresser ces dernières dans le but de lutter contre les catastrophes naturelles. Le cimetière de Ruzizi et autres sont toujours spoliés et utilisés pour les activités anthropiques. (Lukala M.L et Ali *cahiers du CERUKI, nouvelle série*, pp 111-124)

De surcroît, les espaces verts sont détruites et n’existent presque plus dans toutes les communes de la ville. Encore que des constructions anarchiques qui occasionnent les éboulements du sol pendant toute la période pluvieuse laissent aussi à désirer. (Ministère National du plan 2011)

Disons que la dégradation environnementale gagne de l’ampleur dans la ville en général et dans la commune d’Ibanda en particulier. Les immondices, déchets, ordures ménagers sont jetées sur les artères publiques, bien que l’image actuelle des rives de la Ville de Bukavu puisse pousser à beaucoup d’interrogation.

En effet, les besoins croissants en logement dus à la forte pression démographique causée par des crises des conflits armés ; le manque de lotissement et des nouveaux plans d’aménagement de la ville, justifient l’envahissement du bord ou du littoral du lac Kivu avec des impacts sur le plan environnemental, économique et social. Les guerres meurtrières de différentes milices ont aussi entraînés l’exode rural qui a ses conséquences sur l’environnement.

Egalement, l’administration publique dans cette province est caractérisée par un manque des ressources humaines qualifiées en nombre suffisant et à caractère vieillissant du personnel existant. (*DSRP Provincial 2011-2015*).

La recherche d’espace de construction a l’impact négatif sur l’environnement. Il s’observe la destruction de l’environnement à grande échelle dans la ville de Bukavu en général et dans la commune d’Ibanda en particulier. Des actes pris dans le sens de la protection de cet environnement sont restés lettre morte car deux sites seulement ont été protégés (ELAKAT et NYAKAVOGO). Le cimetière de RUZIZI continu d’être spolié et sert de activités anthropiques. La population de toutes les trois communes connaît la pénurie de l’eau potable, les immondices et les déchets ménagers sont jetés sur les artères publiques. Sur l’Avenue IKANGA à Nguba, la population traverse la frontière du Congo pour aller s’approvisionner en l’eau de boisson dans la province voisine du Rwanda chez VUNINGOMA pourtant les sources ont été détruites sur l’avenue CORINICHE à MUHUMBA II.

Par ailleurs, les communes sont accidentées car le relief présente beaucoup des pentes escarpées qui sont impropres à la construction des maisons et l’agriculture, contrairement à certaines stratégies dans ce domaine. (PNUE *document UNEP/CBD/Cop/6/5/add.1*)

Ces sites bien que désignés par l’autorité comme sites impropres devront être reboisés; mais malheureusement des constructions anarchiques se sont nuées vers ses sites pour y ériger des maisons d’habitation et cela à leurs risques et périls. (Rapport annuel de la commune d’IBANDA 2014)

Au regard de ce qui précède, il sied de se poser les questions suivantes :

- Que peut faire l’administration pour restaurer les écosystèmes lacustres dégradés et quelles mesures d’accompagnement prendre ?
- Quelle analyse critique faire de l’implication des autorités politico-administratives de la ville de Bukavu dans la protection de l’environnement, la nature en vue de lutter contre les catastrophes naturelles?

1.2 HYPOTHESES

En guise des réponses provisoires, nous maintenons l'idée selon laquelle la non application des textes légaux en matière de gestion de l'environnement par les autorités politico-administratives de la ville de Bukavu serait un facteur majeur qui expliquerait la faiblesse de l'Etat congolais à répondre valablement à cet état de chose. Nous pensons par ailleurs, que pour préserver la valeur écologique et biologique du lac Kivu et sauvegarder les usages de l'eau, l'administration ne devait pas s'attaquer uniquement aux sources des pollutions qu'elles soient ponctuelles ou diffuses. Il serait mieux aussi qu'elle puisse assurer l'intégrité des plans d'eau, maintenir une bande de protection en bordure de celui-ci, préserver et restaurer le mieux possible ce qui a été détérioré.

De même, les stratégies pour rendre le lotissement des rives du lac Kivu moins problématique devrait être accompagner de l'instauration d'une gestion participative qui fasse appel à des actions à court, moyen et long termes, à des acteurs intervenant dans différents domaines et dans toutes les dimensions de la vie humaine et qui tiennent compte des réalités locales et juridiques (adaptation de la loi au contexte du pays) .

De préférence, l'Etat devrait s'impliquer non seulement au procédés du contrôle de validité des tous les certificats et titres émis sur les concessions accordées dans le but d'annuler ceux qui sont illégaux; et ensuite imposer aux détenteurs légitimes les normes urbanistiques à respecter dans le cas spécifique de la construction sur le littoral lacustre; mais aussi étendre la ville de Bukavu et sécuriser les milieux ruraux et y construire les infrastructures sociaux de bases. Pour ce faire, la promotion de leadership responsable, la bonne gouvernance, la démocratie, la réforme des services de l'Etat seraient des atouts majeurs.

1.3 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Cette recherche cadre avec la contribution de l'évaluation du degré de gravité des problèmes environnementaux liés au lotissement de la rive du lac Kivu dans la ville de Bukavu et proposer quelques pistes de solutions aux autorités compétentes. En effet, il va falloir formuler des suggestions aux gouvernants et aux services habilités, pour préserver l'environnement et prévenir les problèmes qui pourraient surgir avec cette destruction lente mais sûre. Il sera aussi question de la protection de l'écologie, l'environnement physique focalisé sur les possibilités de la réduction des risques de catastrophes naturelles et la dégradation de l'environnement, l'implication des autorités politico-administratives dans la protection de cet Environnement pour la promotion du développement durable tel que cela a été envisagé par différents instruments juridiques nationaux de la RDC.(Tsayem Demaze M 2009)

1.4 APPROCHE METHODOLOGIQUE

La méthode historico critique nous a été d'une grande importance en ce sens qu'elle est fondée sur la diachronie, c'est-à-dire sur la recherche des changements et leur évolution pour comprendre des phénomènes, des événements en rapport avec le lotissement des rives du lac Kivu. Grâce à cette méthode nous avons pu situer les éléments et les faits et chercher leurs causalités dans le temps actuel et dans l'espace. Celle comparative nous a permis d'établir une concordance et une discordance, entre le littoral du Lac Kivu d'il y a plus au moins 20 ans par rapport au littoral du Lac Kivu actuellement.

Grâce à la technique d'interview, nous avons pu interroger les riverains du Lac Kivu pour recueillir leurs avis et examiner par la suite leur degré de prise de conscience du phénomène. Pailleurs, la technique documentaire nous a permis de consulter les différentes publications que les scientifiques ont pu produire, ayant une certaine relation avec notre thématique.

2 RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour analyser des facteurs environnementaux du lotissement des rives du lac kivu et l'implication des autorités administratives, l'univers de notre enquête est composé des ménages habitant le littoral du lac Kivu (la rive) dans les trois communes de Bukavu estimée à 820 habitants au 31 décembre 2015 repartis sur 13 sites comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 01. Répartition de l'échantillon par site

Site	Population	Echantillon
Nguba	60	6
Av. du plateau	70	7
Av. Fizi	100	10
Av. du gouverneur	80	8
Ndendere	80	8
Av. SAIO	100	10
Labotte	80	8
Feu rouge	60	6
SNCC	30	3
Brasserie	70	7
Kalengera/Bwindi/Kazingo	90	9
Total	820	82

Pour des raisons des coûts, et étant donné que tous ces sites représentent presque partout les mêmes réalités, nous avons extrait 10% des personnes à enquêter pour chaque site pour constituer notre échantillon de 82 personnes.

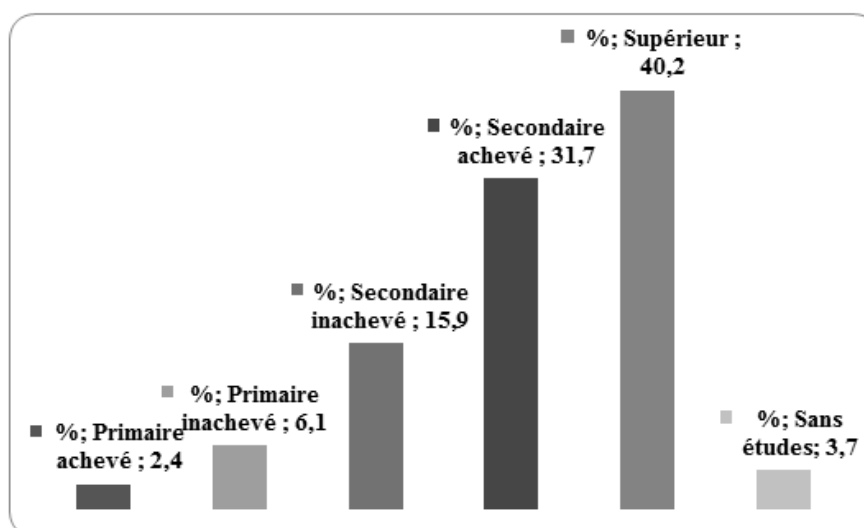


Fig. 1. Niveau d'étude des enquêtés

Cette figure montre que la plupart (47.6%) des enquêtés sont de niveau secondaire, pour certains achevés et pour d'autres inachevés, ainsi que de niveau supérieur (42.7%).

Tableau 02. Statut de l'occupant

Statut	Effectif	%
Locataire	35	42,7
Propriétaire	47	57,3
Total	82	100,0

Prêt de 60% (57.3%) des enquêtés sont propriétaires de leurs parcelles/maisons et 42.7% sont locataires. Ils sont en moyenne âgés de 38,5 ans.

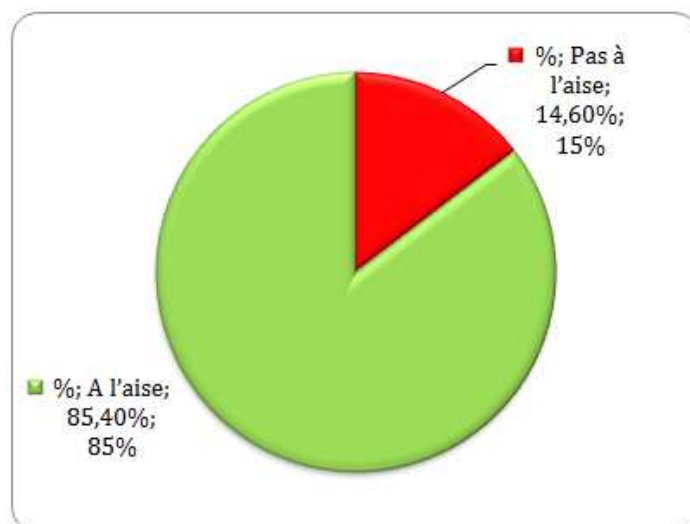


Fig3. Sentiment éprouvé par les occupants des parcelles au bord du lac

La majorité des occupants des parcelles se sentent plutôt à l'aise (85%) de vivre au bord du lac. Ils avancent comme raisons majeures, l'accessibilité au lac avec tous ses avantages (air libre ou bon climat, la possibilité d'augmenter leurs parcelles, le fait de ne pas trouver d'autres parcelles ailleurs, les moyens à leur disposition et pour certains, des raisons commerciales, pour la possibilité d'accéder à l'eau même dans des situations complexes)

Tableau 02. Mode d'obtention de la parcelle

Terrassement pente	Effectif	%
Rechargement des espaces de l'eau	47	57,3
Terrassement d'une pente	35	42,6
Total	82	100,0

Plus de la moitié, soit 57,3%, des occupants propriétaires rechargent les espaces d'eau de leurs parcelles dans le but d'augmenter les dimensions et 42,6% ont obtenu leurs parcelles après terrassement d'une pente. Par ailleurs, le type de parcelle occupée est un prolongement d'une ancienne parcelle (44,0%), une nouvelle parcelle (32,0%) et un morcellement (24,0%) comme le montre le tableau ci-dessous.

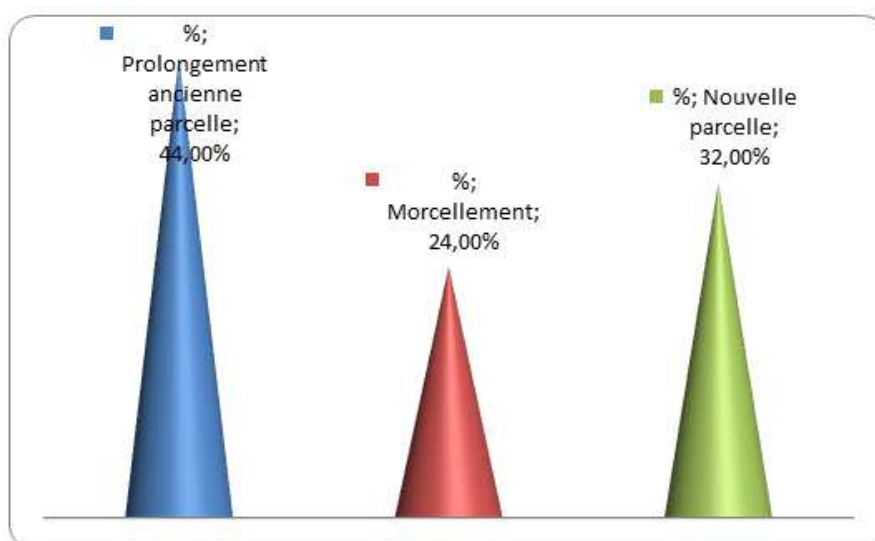


Fig.3. Type de parcelle occupée

Le type de parcelle les plus rencontrés sont des parcelles découlant d'un prolongement des anciennes parcelles (44,0%) et les morcellements (24.0%). Les nouvelles parcelles ne concernent que 32,0% des cas. La durée moyenne d'occupation des parcelles est de 9,3ans

Tableau 03. Accessibilité de la parcelle à la route

Accessible à la route	Effectif	%
Non accessible	42	51,2
Accessible	40	48,8
Total	82	100,0

Les résultats du tableau ci-haut montre que moins de la moitié (48,8%) des enquêtés ont accès à la route et plus de la moitié (51.2%) des parcelles n'ont pas accès à la route.

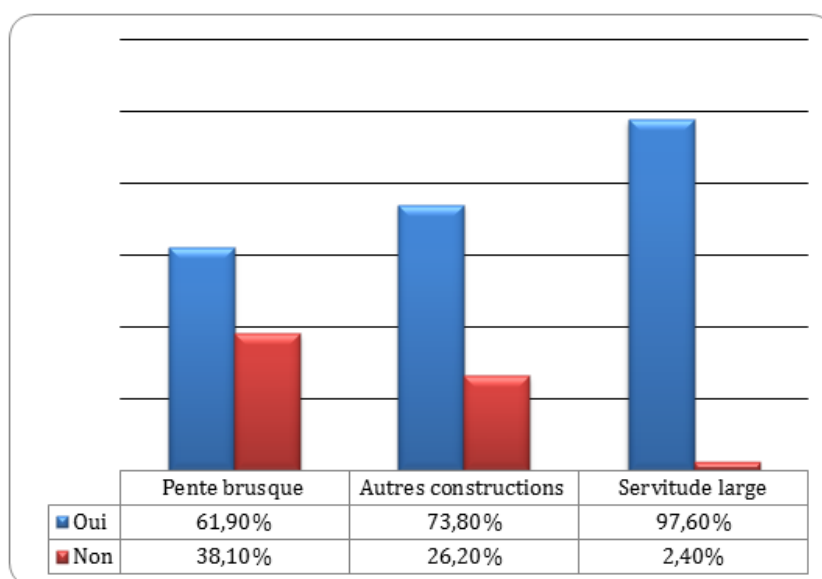


Fig 4. Facteurs empêchant l'accessibilité dans les parcelles

Les pentes brusques (61,9%), les encombrements par d'autres constructions (73.8%) sont les causes principales de l'inaccessibilité des parcelles. L'inaccessibilité par manque de servitude large est observée pour 97,6% des parcelles.

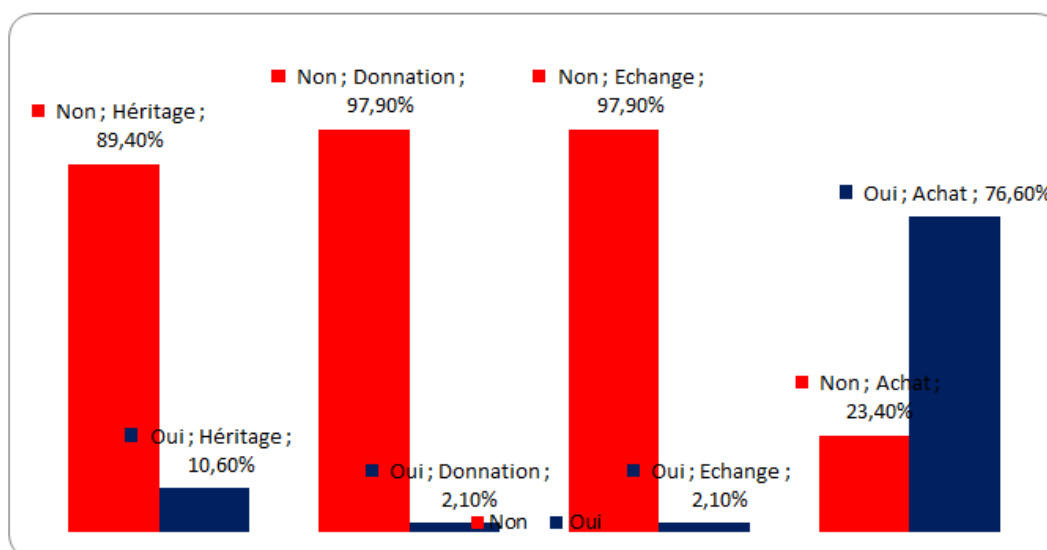


Fig5. Mode d'acquisition de la parcelle

La plupart des parcelles (76,6%) sont acquises par achat les autres modes d'acquisition des parcelles sont notamment l'héritage (10,6%), la donation (2,10% et l'échange (2,10%)

Tableau 04. Achat auprès d'un service étatique

Achat	Service Etatique		Agent de l'Etat		Un particulier	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Non	42	89,40%	40	85,10%	22	46,80%
Oui	5	10,60%	7	14,90%	25	53,20%
Total	47	100,00%	47	100,00%	47	100,00%

Plus de la moitié des parcelles sont achetées chez les particuliers (53,2%), 14.9% chez les agents de l'Etat et 10.6% chez les services étatiques.

Tableau 05.Type d'habitat rencontré

Accessible à la route	Effectif	%
Immeuble collectif	21	25,6
Maison Individuelle	61	74,4
Total	82	100,0

Les parcelles occupées contiennent 74.4% des habitations individuelles et 25.6% des immeubles collectifs. Il faut noter également que 32.9% de ces maisons ou immeubles sont érigés directement au bord de l'eau (tableau ci-dessous).

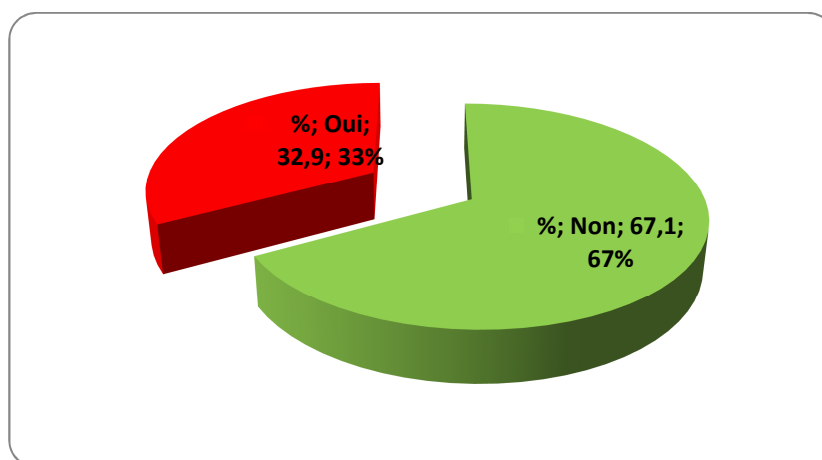


Fig. 7. Emplacement de l'immeuble directement sur l'eau

Autour de 33% d'immeubles trouvés ont un emplacement directement au bord de l'eau et parmi eux, il y en a dont les propriétaires ont prolongé dans le lac pour élargir leurs parcelles.

Tableau 05. Existence d'un espace vert entre l'immeuble et l'eau

Espace	Effectif	%
Non	42	51,2
Oui	40	48,8
Total	82	100,0

Moins de la moitié des parcelles (48,8%) détiennent des végétations entre l'immeuble et l'eau. Ces végétations sont surtout de type : arbres, bananiers, agriculture (manioc, haricot, fleurs, pelouses/jardins). Il est à noter que 51.2% des espaces entre immeubles et eau n'ont aucune végétation.

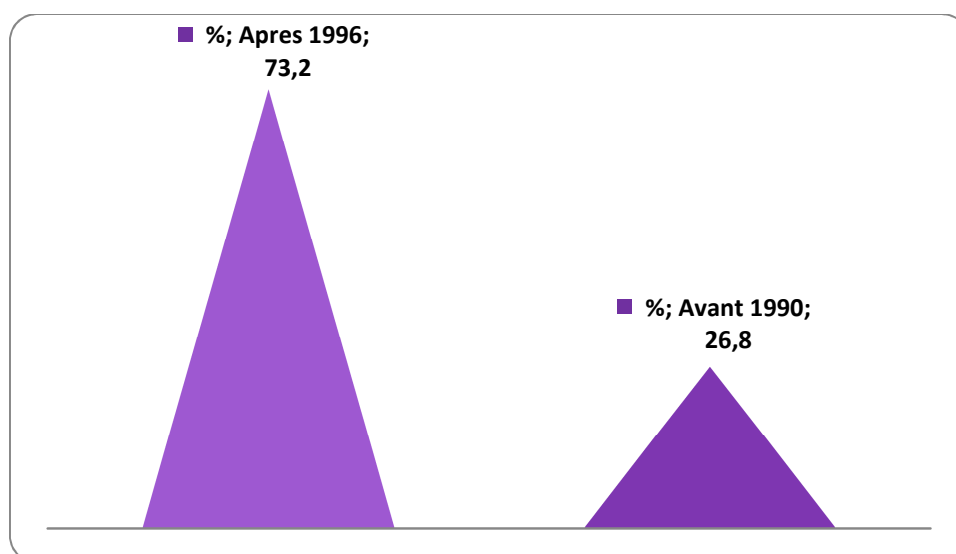


Fig.7. Période approximative de construction de l'immeuble

Le graphique ci-dessus montre que la plupart de constructions aménagées (73.2%) au bord du lac le sont après 1996, celles érigées avant cette période représentent 26.8%.

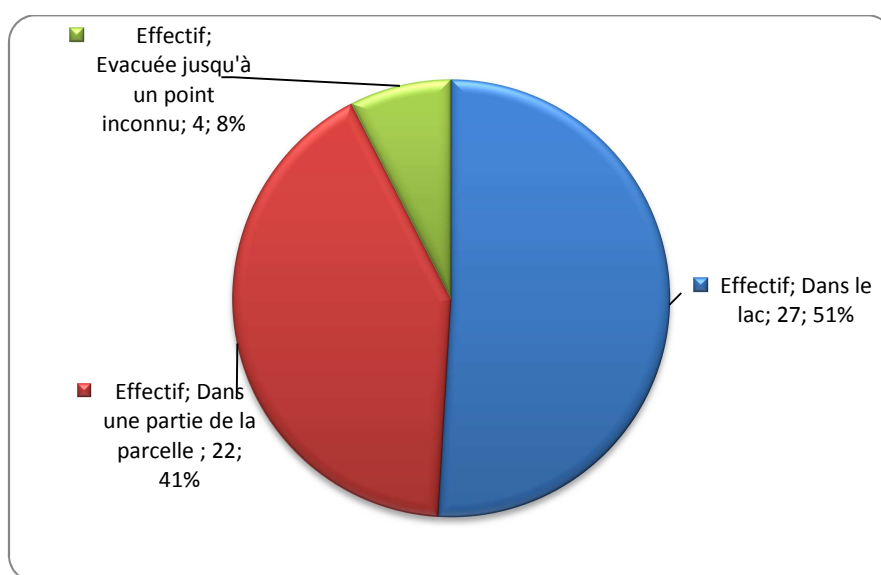


Fig. 8. Gestion des déchets et débris liés à la construction

Plus de la moitié (51%) des déchets et débris liés à la construction sont jetés dans le lac. D'autres dans une partie de la parcelle (41%) et 8% sont évacués et jetés dans une place inconnue.

Tableau 07. Gestion des déchets ménagers

Jeter les déchets ménagers	Effectif	%
Au bord du lac	5	7,04
Dans le lac	50	60,93
Dans les caniveaux	3	4,23
Au bord de la route	0	0,00
Dans une poubelle creusée dans la parcelle	13	18,31
Dans une décharge publique	1	1,41
Abonnement dans une association	10	14,08
Total	82	100,00

Il en est de même que les déchets ménagers qui sont jetés dans le lac (60,9%). D'autres déchets ménagers sont jetés au bord du lac (7,0%) et dans les caniveaux (4,2%) comme le montre le tableau ci-dessus.

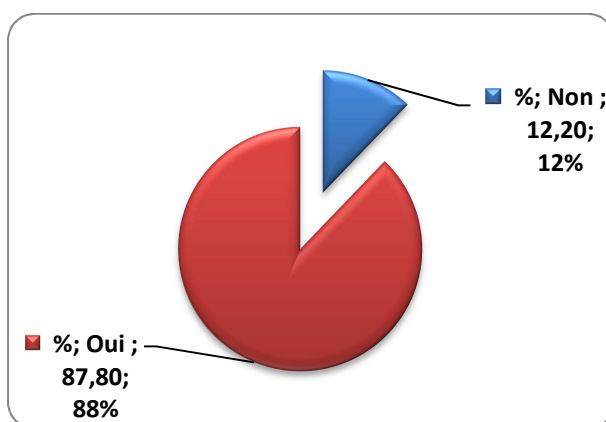


Fig 09. Pratique de la pêche aux environs des parcelles

Pour 88% des enquêtés, la pêche est pratiquée aux environs de leurs parcelles.

Tableau 08. Occupation de la rive du lac dans les parcelles

Occupation de la rive	Effectif	%
Espace bétonné	13	15,8
Végétation naturelle	36	43,9
Végétation artificielle	33	40,2
Total	82	100,00

Autour de (43.9%) de la rive du lac Kivu est occupée par une végétation naturelle, on observe également la présence d'une végétation artificielle (40,2%) et des espaces bétonnés (15,8%).

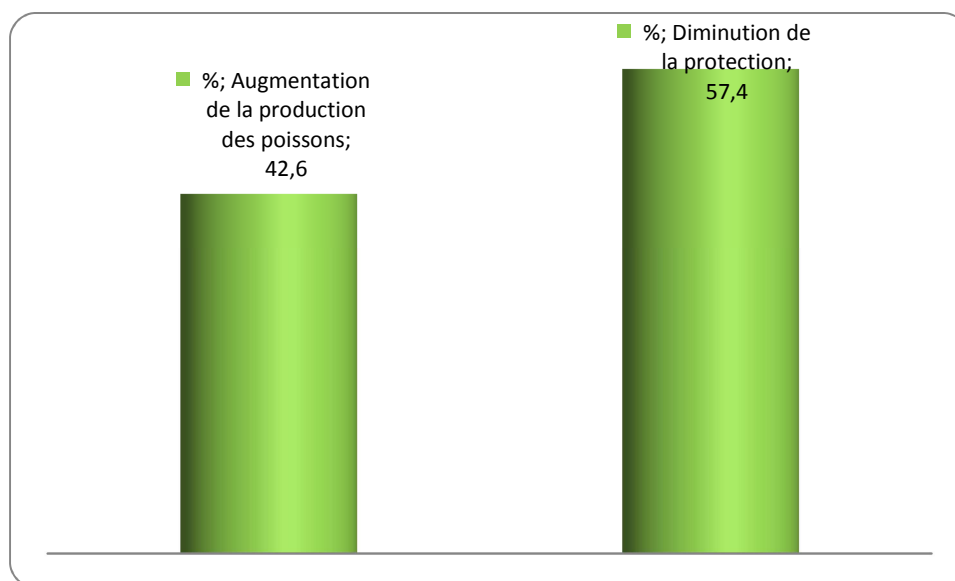


Fig.10. Constat fait par des habitants au bord du lac et certains pêcheurs

D'après les habitants au bord du lac et les pêcheurs, une diminution de la protection du lac est visible (57,4%) comme on peut le remarquer sur la figure ci-dessus.

Tableau 09. Gout actuel du poisson du lac Kivu

Resté le même	Effectif	%
Non	15	18,3
Oui	67	81,7
Total	82	100,0

Pour 81.7% des enquêtés consommateurs du poisson du lac kivu, le gout du poisson est resté le même depuis 15 à 20 ans. Par contre 18.3% d'entre eux disent que le gout du poisson a changé.

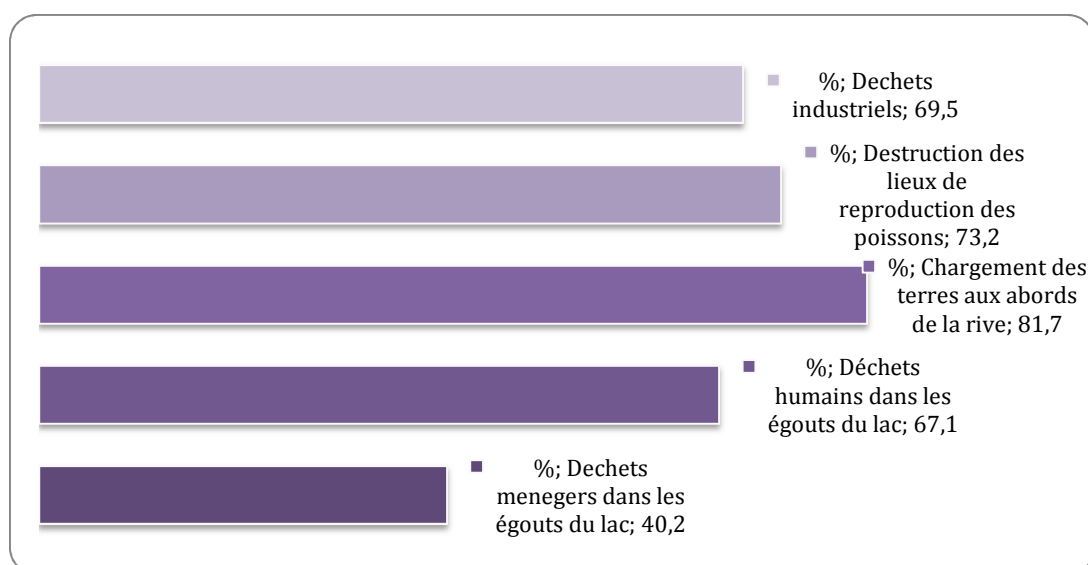


Fig 12. Risques naturels et anthropométriques qui guettent les poissons dans le lac Kivu

Le chargement des terres aux abords de la rive (81.7%), la destruction des lieux de reproduction des poissons (73.2%), les déchets industriels (69.5%), les déchets humains dans les égouts du lac (67,1%) et les déchets ménagers dans les égouts du lac sont les principaux risques naturels et anthropométriques qui guettent les poissons dans le lac kivu comme le montre la figure ci-dessus.

Tableau 10. Entendre parlé de la pollution du lac et de 10m de rive.

	Pollution du lac		10 mètres de rive	
	Effectif	%	Effectif	%
Non	11	13,40	8	9,80
Oui	71	86,60	74	90,20
Total	82	100,00	82	100,00

86.6% des enquêtés ont déjà entendu parler de ce qu'on appelle pollution et 90.2% de 10m de rive.

Tableau 11. Protection et l'aménagement du littoral bénéfique pour la population

	Sur le plan sanitaire		Sur le plan économique		Plan écologique	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Non	23	28,00	19	23,20	13	15,90
Oui	59	72,00	63	76,80	69	84,10
Total	82	100,00	82	100,00	82	100,00

La plupart d'enquêtés savent également que la protection du littoral du lac est bénéfique pour tout le monde que ce soit sur plan sanitaire (72.0%), économique (76.8%) que écologique (84.1%).

Tableau 12. Menace des écosystèmes du lac par les lotissements de la rive

Menace	Effectif	%
Non	12	14,6
Oui	70	85,4
Total	82	100,0

Les enquêtés affirment en outre (85.4%) que les écosystèmes du lac peuvent être menacés par les lotissements sur la rive.

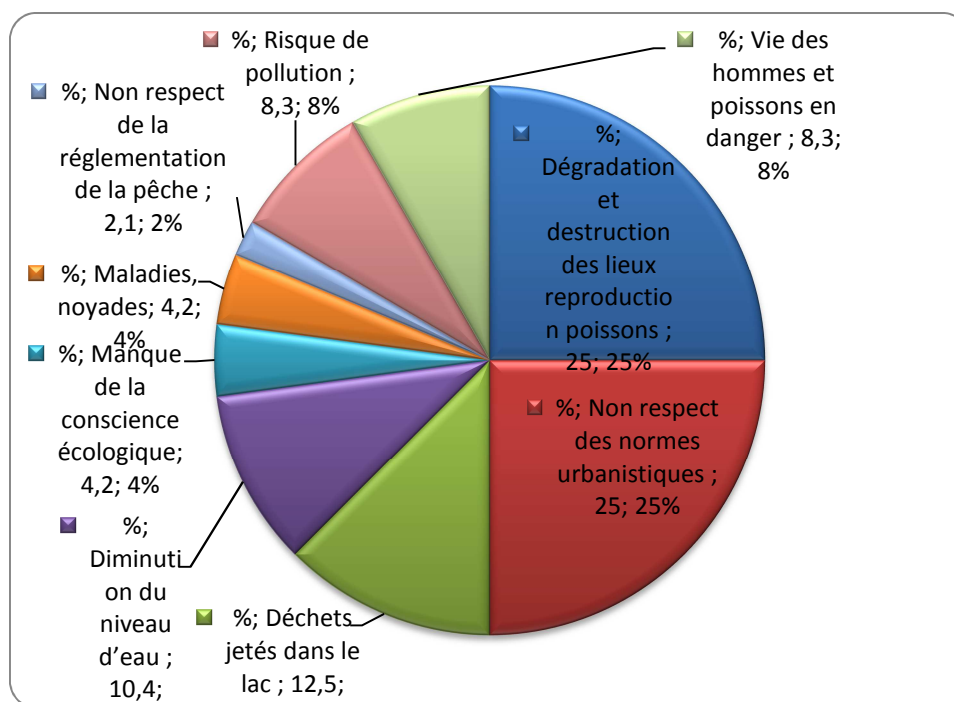


Fig.12. Raisons et conséquences liées aux menaces des écosystèmes du lac Kivu

Pour les enquêtés, les raisons et conséquences liées à ces menaces peuvent être du genre dégradation et destruction des lieux de reproduction des poissons (25.0%), le non-respect des normes urbanistiques (25.0%), le fait de jeter les déchets dans le lac (12.5%), la diminution du niveau d'eau du lac (10.4%), la pollution et la mise en danger de la vie des hommes et des poissons (8.3%), le manque de conscience, les noyades et les maladies (4.2%) ainsi que le non-respect de la réglementation de la pêche sur le lac (2.1%)

Tableau 12. Personne/service ayant la compétence de lotir au bord du lac

	Bourgmestre		Chef de quartier		Titres fonciers		Mairie		Gouverneur	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Non	73	89,00	82	100,00	39	47,60	79	96,30	51	62,20
Oui	9	11,00	0	0,00	43	52,40	3	3,70	31	37,80
Total	82	100,00	82	100,00	82	100,00	82	100,00	82	100,00

Sur le plan légal, 52.4% des enquêtés estiment que seuls les services de cadastre sont habilités à lotir au bord du lac, 37.8% estiment que cela est dans les compétences du gouverneur de province, 11.0% dans les compétences des bourgmestres et 3.7% dans les compétences de la mairie de la ville. Par ailleurs, tous affirment que les chefs de quartier n'ont pas cette compétence.

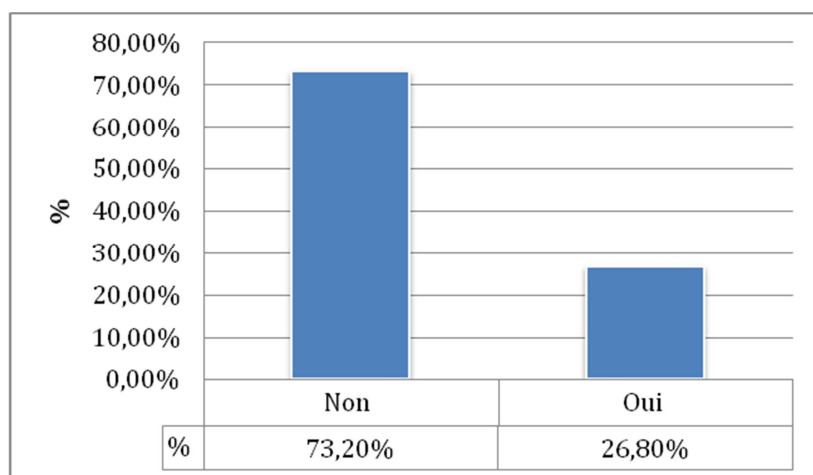


Fig.13. Avis des enquêtés sur un éventuel octroi par l'Etat Congolais d'une autre parcelle ailleurs.

La plupart d'enquêtés (73.2%) ne sont pas prêts à recevoir de l'Etat Congolais une autre parcelle ailleurs dans le but de protéger et aménager le littoral du lac (figure ci-dessus). Ils suggèrent par ailleurs à l'Etat Congolais de prendre ses responsabilités et faire respecter les 10m de rive (30.6%), d'interdire ou de limiter les nouveaux lotissements et constructions (17.1%), d'amanger les poubelles publiques (14.6%) et de faire des contrôles réguliers des constructions au bord du lac (13.4%)

Par contre, un nombre réduit d'enquêtés proposent également que l'Etat lui-même aménage la rive du lac, qu'il construise lui-même pour la population et leur donne des conseils, qu'il arrête et interdise aux pêcheurs l'utilisation du petit filet, qu'il détruise les maisons, qu'il interdise de jeter les déchets dans le lac et spécialement la Pharmakina, qu'il veuille au respect des normes et qu'il poursuive en justice les personnes qui ne respectent pas les normes comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 13. Suggestions des enquêtés à l'Etat Congolais pour la protection des écosystèmes du lac Kivu

Suggestions	Effectif	%
Actions à long terme		
Les poursuivre en justice	1	1,2
Détruire les maisons	1	1,2
Construire pour la population	5	6,1
Actions à moyen terme		
Aménager les rives du lac	3	3,7
Prendre ses responsabilités et faire respecter les 10m de rive	25	30,5
Respect des normes et mettre en place une politique	2	2,4
Actions à court terme		
Aménager les poubelles publiques	12	14,6
Donner des conseils aux gens	1	1,2
Contrôle réguliers des constructions	11	13,4
Arrêter et interdire aux pêcheurs d'utiliser petit filet	5	6,1
Interdire ces genres de constructions/lotissement ou les limiter	14	17,1
interdire de jeter la terre aux abords	2	2,4
Total	82	100,0

A court termes, les enquêtés proposent l'interdiction des constructions/lotissements au bord du lac (17.1%), le contrôle régulier des constructions (13.4%) et l'aménagement des poubelles publiques (14.6%)

A moyen termes, ces derniers demandent à l'Etat Congolais de prendre ses responsabilités et faire respecter les 10m de rive (30.5%)

A long termes, ils proposent que l'Etat puisse construire pour la population (6.1%)

Tout compte fait, les stratégies pour rendre le lotissement des rives du lac Kivu moins problématique sont l'instauration d'une gestion participative qui fasse appel à des actions à court, moyen et long termes, à des acteurs intervenant dans différents domaines et dans toutes les dimensions de la vie humaine et qui tiennent compte des réalités locales et juridiques (adaptation de la loi au contexte du pays). Ces différentes actions spécifiques ont été déterminées par les enquêtes suivant aussi leur priorité qui se rallie aux actions à mener selon les termes.

Le fait de procéder au contrôle de validité des tous les certificats et titres émis sur les concessions accordées permet d'annuler ceux qui sont illégaux, et ensuite d'imposer aux détenteurs légitimes les normes urbanistiques à respecter dans le cas spécifique de la construction sur le littoral lacustre. Ces actions sont à mener à long terme vu les moyens et les sensibilisations que cela demande.

On observe en Afrique et en RD/Congo en particulier, l'étatisation des sols (loi BAKAJIKA, loi foncière). L'Etat est le maître du domaine national ou terres domaniales. Le régime de la domaniale aurait pu constituer en Afrique un excellent instrument une bonne protection de l'environnement. En effet, l'étatisation aurait pu permettre une politique plus rationnelle d'aménagement du territoire et donc de la gestion environnementales. L'Etat étant un propriétaire absent et négligent, peu préoccupé par le sort du patrimoine dont il a la charge.

La RD/Congo a développé depuis 1975, un cadre Institutionnel de gestion de l'environnement et conservation de la nature. C'est dans le même ordre d'idée qu'elle vient de se doter sur le plan National d'une loi-cadre portant protection de l'environnement et sur le plan sectoriel, le MCNT vient finaliser son programme National. Environnement, forêt, eaux et Biodiversité (DSCRPII, National 2011-2015).

L'un des principaux défis auxquels devra faire la RD/Congo est de renverser à l'horizon 2020 ou 2030 la tendance à la dégradation de l'environnement et à une plus grande émission de carbone en raison des impacts attendus au cours de cette période d'une croissance économique forte et soutenu accompagnée d'une croissance démographique.

Le DSRP Provincial attend contribuer à la gestion et la protection de l'environnement par le renforcement des capacités institutionnelles des services provinciaux de l'environnement, la sensibilisation et l'éducation de la population sur l'environnement en vue de changement de comportement. (DSRP Provincial du Sud-Kivu 2011-2015)

La réalité de la RD/Congo est très différentes des autres pays surtout les pays développés qui mettent au premier plan la protection de l'environnement.

Quelle que soit la panoplie des textes juridiques en matière de protection de l'environnement l'applicabilité de ces derniers posent problèmes sur le terrain.

L'Etat censé protégé l'environnement sur toute l'étendue de la RD/Congo ne cesse de se contredire sur le terrain d'où un fossé entre les textes juridiques, la vie active de la population, le droit de l'Etat et l'aboutissement des tous les OMD d'ici 2015.

Le gouvernement provincial pourra envisager un plan d'aménagement urbain de la province du Sud-Kivu en vue de délocaliser toute la population qui habite sur les sites déclarés impropres à la construction en vue de lutter contre les catastrophes naturelles.

Malgré la destruction des arbres le long des routes par les personnes mal intentionnées, le bouleversement et hormis les plantes éparpillées ça et là dans la ville de Bukavu, il est à noter que Bukavu la verte a perdu sa beauté de l'époque de CONSTERMAS-VILLE. Néanmoins, vers les années 2011 on pouvait encore observer quelques arbres sur les sites suivants :

Tableau n°14. Les sites boisés de la commune d'Ibanda

COMMUNE	SITE	SUPERFICIE/ha
IBANDA	Barrage Ruzizi	1
	Elakat	1.2
	Athénée d'Ibanda	0.7

Déclaration de la division provinciale de l'environnement au Sud-Kivu 2011 (Lukala Malu, cahiers de CERUKI nouvelle série n° 42/2012)

3 CONCLUSION

Le présent article a porté sur l'analyse des facteurs environnementaux du lotissement des rives du lac Kivu et l'implication des autorités administratives dans la protection de l'environnement : cas de la ville de Bukavu.

Nous sommes partie d'un résumé donnant le contenu minimum de notre thématique, vient ensuite l'introduction retraçant le problème scientifique ainsi que les réponses provisoires préconisées, Egalement, nous avons donné les objectifs de notre recherche, avant de dégager l'approche méthodologique. Enfin nous avons fait la présentation et l'analyse des résultats.

En raison des différents problèmes environnementaux causés par la mauvaise occupation et la mauvaise gestion du littoral du lac Kivu, nous avons proposé des mesures à prendre pour restaurer l'écosystème dégradé du lac Kivu et les stratégies concrètes que l'administration devrait envisager dans le cas d'espèce.

Certes, nous avons recueilli aussi les suggestions des occupants du littoral du lac Kivu ; tous confondus : occupants légaux et illégaux. Et pour l'essentiel nous avons retenu, à titre de leurs desiderata et recommandations faites aux autorités compétentes ; l'aménagement des poubelles publiques ; l'aménagement des rives du lac ; la sensibilisation de la population ; la construction pour la population ; le contrôle régulier des constructions ; la destruction de certaines maisons ; le respect de 10 mètres de rive ; le respect des normes en la matière et la mise en place d'une politique appropriée.

REMERCIEMENT

Nous voudrions remercier tous les gens qui ne cessent de contribuer à notre amélioration scientifique.

REFERENCES

- [1] Lukala M.L, Biringanine M.E, Zirumana M.D et Mwini BG : *contribution analyse des risques environnementaux anthropiques dans la ville de Bukavu (cahiers du CERUKI, nouvelle série, pp 111-124)*
- [2] Ministère National du plan : *Document stratégique de croissance et Réduction de la pauvreté* [3] (DSCR II) 2011-2015, Kinshasa 2011
- [4] DSRP Provincial 2011-2015
- [4] Rapport Annuel de la Commune d'Ibanda 2014
- [5] Tsayem Demaze M (2009a) « paradoxes conceptuels du développement durable et nouvelles initiatives de coopération Nord-Sud : le mécanisme pour un développement propre (MDP) » in *Revue Européenne en Géographie*, article 443 <http://www.cybergeo.eu/index22065.html>

