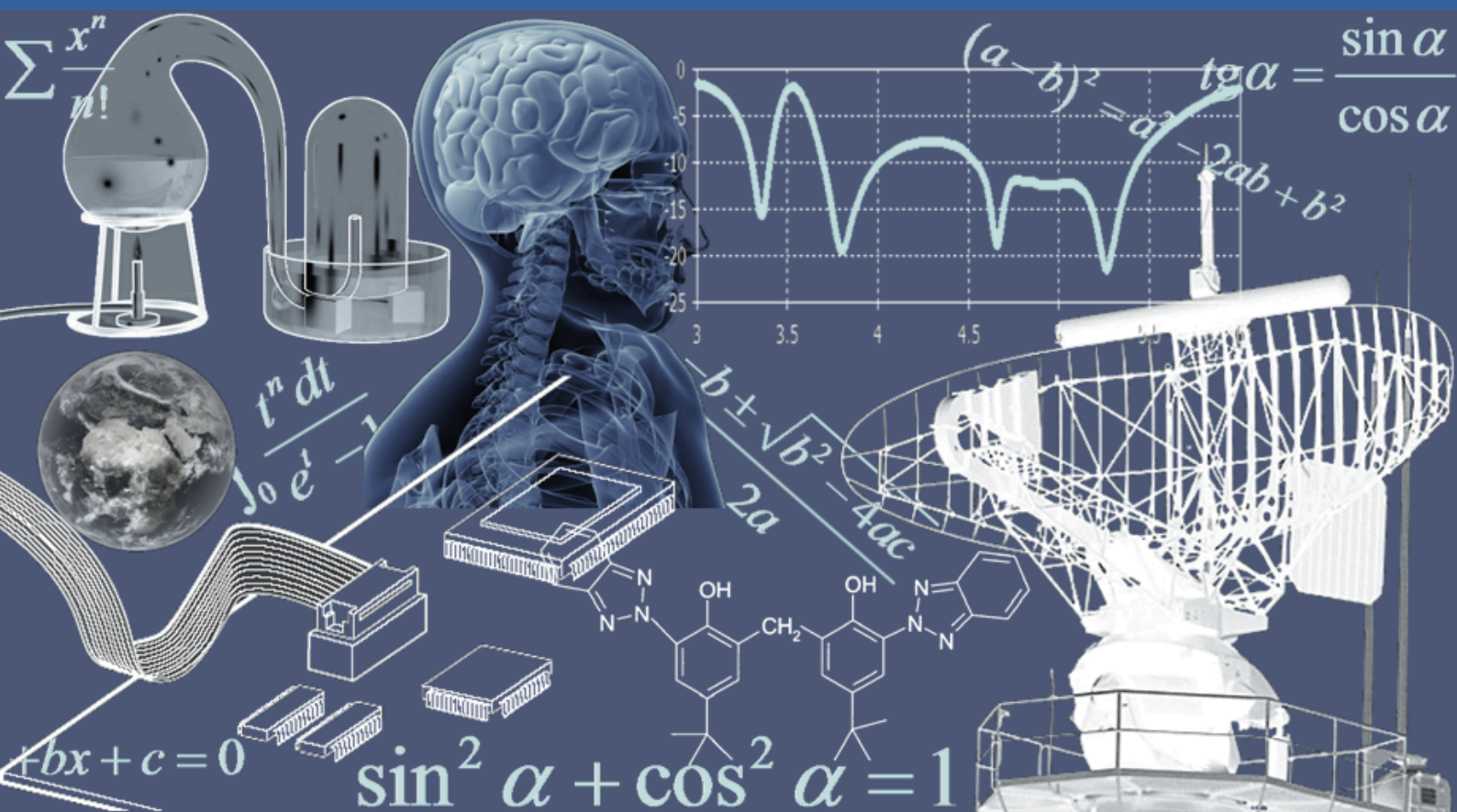


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 35 N. 1 December 2021



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

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

Table of Contents

Origine des courants induits dans les bobinages des composants planaires <i>Awat Abderahim, O. B. Arafat, O. N. Adam, S. Capraro, P. David, and J. J. Rousseau</i>	1-11
Evaluation du profil lipidique au cours de l'hypothyroïdie: Expérience du laboratoire de biochimie, CHU Ibn Rochd de Casablanca, Maroc <i>Hsai Fatima Ezzahra, Morjan Asmaa, El Faiz Rachid, Mahir Loubna, and Kamal Nabiha</i>	12-17
Les déterminants de l'acceptabilité et du scepticisme du personnel du District Sanitaire de Sangalkam sur la vaccination anticovid-19 (Sénégal) <i>Bocar Baila Diédhiou, Mbayang Ndiaye, El Hadji Makhtar Ba, Mohamed Diabaté, Marc Anibo Manga, and Jean Augustin Diégane Tine</i>	18-25
Enjeux de pouvoir local et d'intérêt divergent dans l'offre de service public décentralisé au Bénin: Cas des activités d'alphabétisation dans la commune d'Athiémé <i>Gbaguidi Arnauld Gabriel</i>	26-35
Étude et réalisation d'un suiveur solaire à l'aide de la carte Arduino pour une installation solaire photovoltaïque <i>Hamza Abarchi Halarou, Sani Dan Nomao Harouna, Harouna Souley Ousmane, Daouda Abdourahimoun, and Idrissa Mossi Mactar</i>	36-41
Persistance d'insalubrité à Lubumbashi: Enjeux et défis communicationnels <i>Daniel Nsimba Bwanga</i>	42-49
Coordination des acteurs et innovation: Quel modèle d'intégration territoriale de la RBA au Maroc ? <i>Hala Idrassen, Said Boujrouf, Nada Baki, and Salma El Ghiouan</i>	50-62
Evaluation des pertes post-récolte du mil et du sorgho dans les communes de Ziniaré et de Komki-Ipala (Burkina Faso) <i>Siéhou François Kambou, Zakaria Ilboudo, Dieudonné Ouedraogo, and Antoine Sanon</i>	63-71
Caractérisation des exploitations maraîchères d'hivernage dans les communes d'Imanan et de Tagazar au Niger <i>Idrissa Guisso Maïga Djibril and Soumana Boubacar</i>	72-82
Etude et conception d'une éplucheuse de manioc <i>Vodounnou Edmond Claude, Semassou Guy Clarence, Ahouansou H. Roger, Fachola Hermann, and Guidi Tognon Clautide</i>	83-97
Exposure of agricultural products to metallic trace elements in the limestone mining area of Scan Mine in the Canton of Tokpli (Togo): Case of grains of zea mays (corn), leaves and stems of corchorus olitorius (Ademe) and tubers of manihot esculenta (Cassava) <i>Méwinesso Tchanadema, Tomkouani Kodom, Massabalo Ayah, Phintè Nambo, Limam Mactar Bawa, and Djaneye-Boundjou Ghandi</i>	98-109
Etude comparative de la composition biochimique et des propriétés nutritives des farines artisanales et industrielles utilisées dans les préparations pour nourrissons (PPN) commercialisées à Abidjan <i>Yao Kouadio, Dan Chépo Ghislaine, Nanga Yessé Zinzendorf, Komade Thierry, Loukou Yao Guillaume, and Kouame Lucien Patrice</i>	110-118
Impact de l'apprentissage mixte utilisant Google Classroom sur la formation initiale des futurs enseignants du secondaire <i>Youssef Nafidi, Hanane Afkar, Abdelghaffar EL-AMMARI, and Bouchta El-Batri</i>	119-128
Contribution à l'amélioration du rendement du cotonnier (<i>Gossypium hirsutum</i>) à Banikoara (Nord Bénin) dans un contexte de variabilité/changement pluviométrique <i>Ahamide Bernard, K. M. Tode, V. J. F. Ballo, and G. M. Kawoun Alagbe</i>	129-139
Diagnostic study of the conservation of yam tubers varieties in four communes of the Abidjan district (Côte d'Ivoire) <i>Camara Brahim, Ganemtare Souleymane, Traore Ibrahim, Kamara Adjata, and Daouda KONE</i>	140-152
Étude comparative sur la qualité de l'eau produite aux usines de la REGIDESO du centre de Kolwezi à celle distribuée aux abonnés: Cas du quartier Mununka dans la commune de Manika, Ville de Kolwezi, RD Congo <i>Patrick MBWEB KATSHIL, Nissi Nansong Yav, and Jean Luc Kashala</i>	153-164
Informatisation du service de la police de circulation routière dans la ville de Kolwezi: Concepts et enjeux <i>Elam Kyungu Lukomba, Grâce Mwanga Kapend, Bertin Umba Nkulu, Trésor Chansa Kasongo, and Jean-Pierre Mutomb Kapend</i>	165-174

Spatial structure and interactions inter-and intragrowth stages of <i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C. C. Berg (Iroko) in the semi-deciduous forest, north-east of Democratic Republic of Congo	175-183
<i><u>N'tambwe Nghonda Dieu-donné, Langunu Serge, Kilela Mwanasomwe Jacques, Tshibungu Nkulu Alain, Sumbu Tshimanga Billy, Mashagiro Grace Queen, Kalunga Kasongo Aline, Katusi Lomalisa Roger, and Nshimba Seya Wa Malale Hippolyte</u></i>	
Trois types de cycles eustatiques du shelf margin system tract du camp JVL dans le Sous-Groupe Schisto-Calcaire (Province du Kongo Central, R.D. Congo)	184-194
<i><u>C. M. E. Cibambula, M. J. A. Makutu, and L. O. Tuema</u></i>	
Etude paléoenvironnementale des roches carbonatées de la région Lufu-Toto située dans le degré carré de Ngungu (Province du Kongo Central, R.D. Congo)	195-204
<i><u>L. O. Tuema, C. L. Mukeba, C. M. E. Cibambula, M. J. A. Makutu, and H. M. Tshombe</u></i>	

Origine des courants induits dans les bobinages des composants planaires

[Origin of induced currents on planar components windings]

Awat Abderahim¹⁻², O. B. Arafat¹⁻³, O. N. Adam¹⁻³, S. Capraro¹, P. David¹, and J. J. Rousseau¹

¹LabHC UMR 5516, CNRS, 42023 Saint-Etienne, Jean Monnet University of Saint-Etienne, Saint-Etienne, France

²Department of Science and Technology, University of N'Djamena, N'Djamena, Chad

³Department of Electrical Engineering, National Institute of Science and Technology of Abeche, Abeche, Chad

Copyright © 2021 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 windings of planar magnetic components such as inductors and transformers are the seat of physical phenomena (skin effects, proximity effects and the magnetic field produced by the component) leading to a non-uniform distribution of current in the conductors and an increase in Joule losses. The objective of this paper is to identify the physical phenomena at the origin of this non-uniformity of the current in the conductors. This work is conducted using a 3D finite element software. It highlights the predominant influence of the Hz component of the magnetic field produced by the component, perpendicular to the plane of the component.

KEYWORDS: Magnetic component, integrated planar devices, non-uniform current density, skin proximity and magnetic effects.

RESUME: Les enroulements des composants planaires magnétiques comme les inductances et les transformateurs sont le siège de phénomènes physiques (effets de peau, de proximité et du champ magnétique produit par le composant) conduisant à une répartition non-uniforme du courant dans les conducteurs et une augmentation des pertes Joule. L'objectif de cet article est d'identifier les phénomènes physiques à l'origine de cette non-uniformité des courants dans les conducteurs. Ce travail est conduit à l'aide d'un logiciel d'éléments finis 3D. Il met en évidence l'influence prépondérante de la composante Hz du champ magnétique produit par le composant, perpendiculaire au plan du composant.

MOTS-CLEFS: Composant magnétique, composants planaires intégrés, densité de courant non-uniforme, effets de peau, proximité et magnétiques.

1 INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années, des efforts importants ont été réalisés pour l'intégration des composants passifs comme les inductances et les transformateurs de très faible puissance pour, par exemple, la réalisation d'alimentations intégrées distribuées [1-2]. L'intégration de ces composants impose très souvent l'utilisation de technologie planaire et en particulier la réalisation des conducteurs et bobinages planaires de faible épaisseur mais de plus grande largeur, la Fig.1 donne quelques exemples de ces composants. Ces bobinages sont le siège de phénomènes électromagnétiques qui se traduisent par une répartition non uniforme des courants dans les conducteurs et par une augmentation significative des pertes.

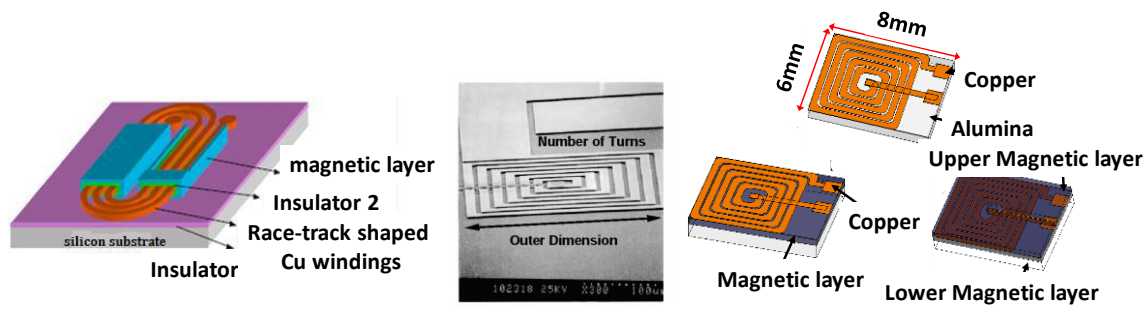


Fig. 1. Exemples de composants planaires intégrés [1], [2], [3]

Au cours de ces dernières décennies, de très nombreux travaux ont été conduits sur les composants bobinés qui s'intéressent en particulier à la modélisation des pertes dans les bobinages [4-11]. En revanche, peu d'études ont été réalisées sur la modélisation des pertes cuivre dans les composants planaires et sur leurs origines [12-14].

L'objectif de cet article est d'analyser et d'identifier ces phénomènes électromagnétiques et de comprendre leurs origines. Ce travail a été conduit à l'aide du logiciel de simulation HFSS utilisant la méthode des éléments finis en 3D. Dans une seconde section, nous rappellerons les différents phénomènes électromagnétiques responsables d'une répartition non-uniforme du courant dans un conducteur. Nous aborderons ainsi les effets de peau, de proximité et les effets dus uniquement au champ magnétique créé par le composant. La troisième section, correspondant aux résultats de simulation, permettra d'identifier la contribution de chacun des effets sur la non-uniformité du courant dans les conducteurs.

2 LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES EN HAUTE FRÉQUENCE

Pour un conducteur parcouru par un courant, le minimum des pertes est obtenu lorsque le courant qui le traverse possède une répartition uniforme sur toute sa section. Cette uniformité se produit si la fréquence du courant est suffisamment basse, conduisant à des courants induits négligeables dans le conducteur. Si en basse fréquence les pertes par effet Joule sont dues à la résistance R_{DC} du bobinage, il n'en est plus le même à des fréquences plus élevées. En haute fréquence, les courants de Foucault qui se développent à l'intérieur des conducteurs conduisent à une augmentation parfois très importante des pertes dans ces conducteurs. Ces courants induits sont dus aux variations rapides des champs magnétiques dans lesquels sont plongés les conducteurs. On distingue généralement trois cas différents bien qu'il s'agisse d'un même phénomène :

- L'effet de peau;
- L'effet de proximité;
- L'effet dû au champ magnétique généré par le composant lui-même.

2.1 EFFET DE PEAU

Lorsqu'un courant alternatif circule dans un conducteur, un champ magnétique est créé autour de ce dernier. En raison de la conductivité finie du métal qui le constitue, une partie du champ magnétique est contenue à l'intérieur du conducteur, créant ainsi des courants de Foucault s'opposant au passage du courant vers le centre du conducteur.

Le courant circule alors préférentiellement vers la périphérie du conducteur, cela signifie que la section utile de celui-ci devient plus petite et que sa résistance augmente, donc des pertes par effet Joule plus importantes. Pour un conducteur cylindrique, la densité du courant décroît exponentiellement en s'éloignant de la surface du conducteur. Cette propriété permet de définir une grandeur caractéristique appelée "épaisseur de peau". Une loi de variation en $\sqrt{f}$: $R = R_{DC} (1 - \alpha \sqrt{f})$ est classiquement utilisée pour modéliser ces effets.

2.2 EFFET DE PROXIMITÉ

Cet effet très proche de l'effet de peau résulte de l'interaction entre plusieurs conducteurs voisins parcourus chacun par un courant. Lorsqu'un conducteur est parcouru par un courant alternatif, il génère un champ magnétique variable. Les variations du champ magnétique se traduisent à travers la surface du conducteur voisin par un flux variable qui engendre une f.é.m. induite. Il circule alors dans le conducteur voisin des courants de même fréquence engendrant des pertes par effet Joule.

2.3 EFFET DÛ AU CHAMP MAGNÉTIQUE H DE LA BOBINE

Cet effet est spécifique aux composants planaires comme celui de la Fig. 2 qui correspond à une inductance planaire intégrée.

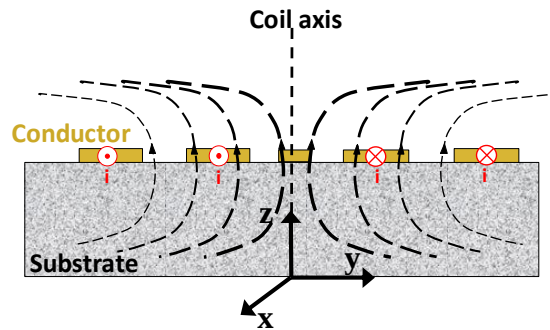


Fig. 2. Composant planaire

Ces composants possèdent classiquement des conducteurs dont la section est rectangulaire avec une faible épaisseur et une largeur relativement grande. Les variations de la composante H_z du champ magnétique induisent dans chaque conducteur des courants de Foucault d'autant plus importants que la fréquence est élevée comme illustré Fig. 3.

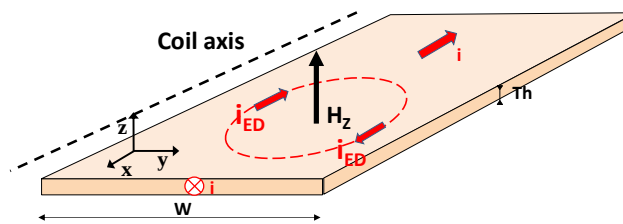


Fig. 3. Courant induit dans un conducteur planaire

Suivant le signe de H_z , les courants induits i_{ED} se retranchent ou s'additionnent avec le courant principal i . Sur l'exemple de la Fig.3, dans la partie intérieure des spires, les courants de Foucault s'additionnent avec le courant principal, tandis qu'il se retranchent dans la partie extérieure. On observe alors une forte non uniformité de la répartition du courant dans les conducteurs. La figure 4 illustre la répartition non uniforme du courant.

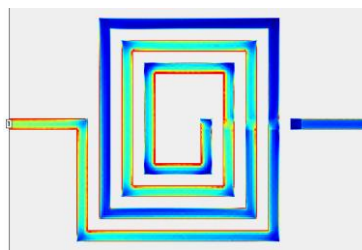


Fig. 4. La distribution du courant dans la spirale de base de l'inductance [15]

2.4 LES COMPOSANTS ÉTUDIÉS

La figure ci-après illustre le design des inductances étudiées. Il s'agit d'une spirale de 5 tours en cuivre sur un substrat alumine (Al_2O_3). La connexion entre le plot central et le plot extérieur est réalisée soit par bonding soit par air-bridge. Les principales dimensions sont précisées dans le tableau ci-dessous.

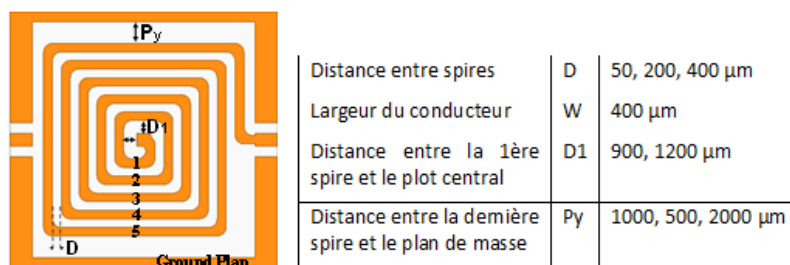


Fig. 5. Inductance étudiée et ses principales dimensions

D : distance entre spires; D_1 : distance entre la première spire et le plot central; P_y : distance entre la dernière spire et le plan de masse.

A titre d'exemple, nous donnons un exemple de la répartition des courants dans ce composant obtenue par simulation.

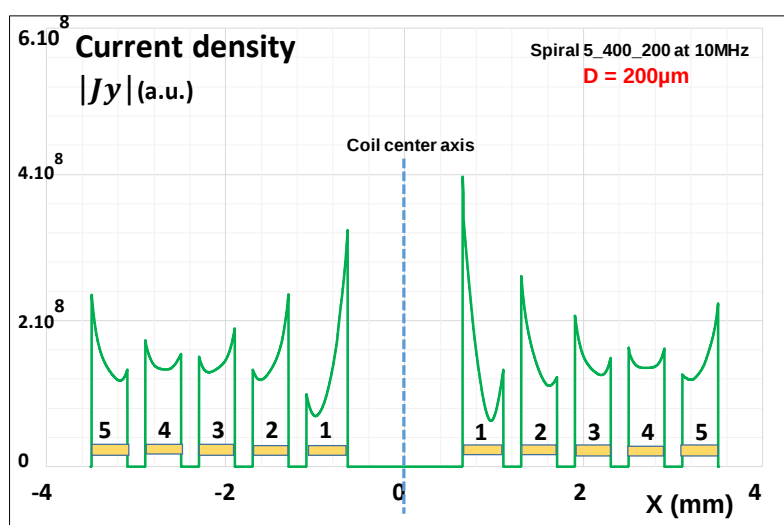


Fig. 6. Densité de courant dans les conducteurs d'une spirale planaire

On peut observer une très forte non-uniformité du courant dans les conducteurs qui se traduira par des pertes qui seront d'autant plus importantes que la non-uniformité sera grande. Quels sont les phénomènes physiques à l'origine de ces non-uniformités ? Pourquoi certains conducteurs sont peu affectés par cette non-uniformité ? Pourquoi la densité de courant est fortement augmentée sur la face intérieure du conducteur mais également parfois sur la face extérieure ? Quelle est l'influence des paramètres géométriques de la spirale ? Quels sont les effets prépondérants qui occasionnent cette non-uniformité ?

Nous répondrons, à travers les études menées décrites dans les paragraphes suivants, à ces questions.

3 MÉTHODES ET RÉSULTATS

Pour conduire ce travail nous avons utilisé un logiciel de simulation 3D (HFSS) qui permet de déterminer la densité de courant en tous points du conducteur.

Pour chaque simulation, nous avons, tout d'abord vérifié qu'aux fréquences d'étude les phénomènes de propagation sont inexistantes, ainsi le courant est identique dans chaque conducteur compte-tenu des fréquences maximales de l'étude (de 2 à 50MHz) et des dimensions millimétriques des composants.

Nous nous sommes ensuite intéressés au courant circulant dans l'axe du conducteur, les courants induits dans les deux autres axes étant faibles ou complètement négligeables comme l'illustre la Fig. 7.

Enfin nous avons fait varier la fréquence du signal ainsi que les dimensions géométriques du composant afin d'identifier les phénomènes physiques responsable de la non-uniformité du courant dans les conducteurs.

3.1 RÉPARTITION DES COURANTS SUIVANT LES 3 AXES

La figure Fig.7 donne l'évolution des densités de courant suivant les 3 axes x, y et z.

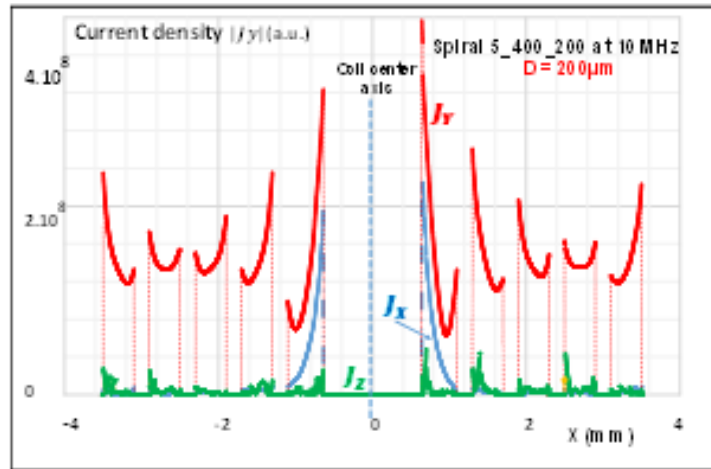


Fig. 7. Modules de J_{vol} suivant les axes X, Y et Z

Nous remarquons que les modules de J_x et J_z sont très faibles devant le module de J_y qui est orienté dans la même direction que le courant. Pour cela, nous considérerons seulement le module de J_y pour nos travaux.

3.2 INFLUENCE DE LA FRÉQUENCE

La Fig. 8 met clairement en évidence l'influence de la fréquence sur la répartition non-uniforme du courant. A 2 MHz (Fig 8.a), le courant se répartit presque uniformément sauf dans la spire centrale. Pour une fréquence plus élevée ($F=5$ MHz), une seule spire conserve une répartition uniforme du courant, la spire n°4.

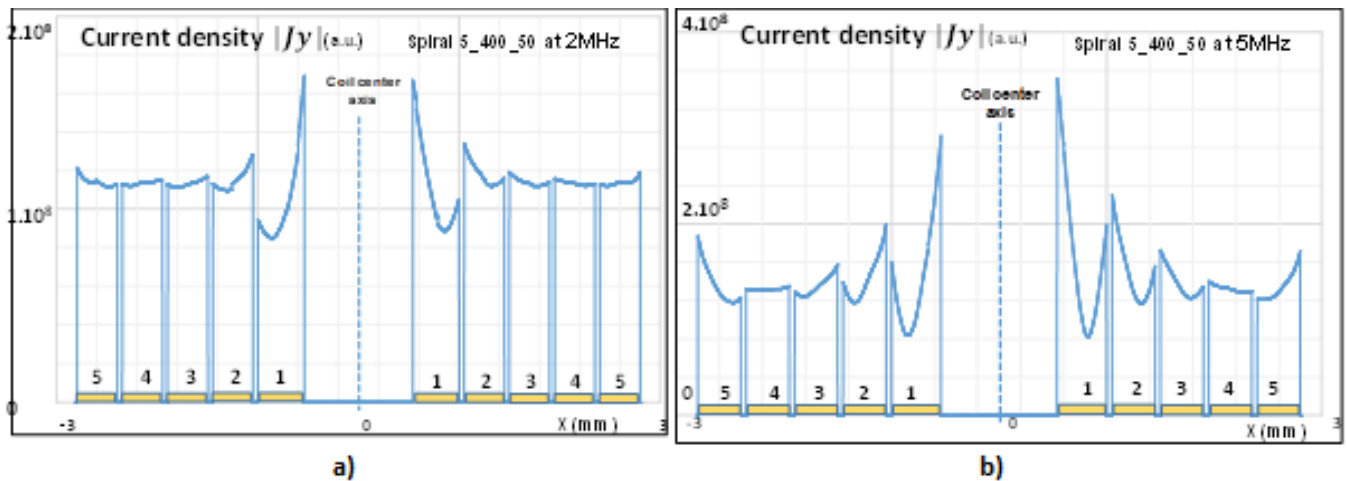


Fig. 8. Distribution du module de la densité du courant de la spirale 5_400_50 à 2 et 5 MHz

Nous étudions dans les paragraphes suivants l'influence des chacun des 3 effets.

3.3 EFFET DE PEAU

L'effet de peau ne peut pas expliquer la non-uniformité des courants pour les deux raisons suivantes:

- Les conducteurs des composants étudiés ont tous les mêmes dimensions (5 μm d'épaisseur et 400 μm de largeur). Si l'effet de peau en était la cause, la répartition des courants dans chaque conducteur devrait être similaire, or ce n'est pas le cas.
- La profondeur de peau est de 29,5 μm à 5 mhz ($\delta_{(\mu\text{m})} = 66/\sqrt{f_{(\text{MHz})}}$) or l'épaisseur des conducteurs est seulement de 5 μm , nous pouvons conclure que l'effet de peau n'est pas à l'origine de cette dissymétrie.

3.4 EFFETS DE PROXIMITÉ

Les effets de proximité sont provoqués entre conducteurs voisins parcourus par un courant dont les variations induisent des courants dans les conducteurs placés à proximité. Ces effets augmentent lorsqu'on rapproche les conducteurs et ils diminuent quand on les éloigne. Pour nos structures, trois paramètres géométriques peuvent modifier l'amplitude de ces effets à savoir:

- La distance entre spires (D);
- La distance entre le plot central et la première spire (D₁);
- La distance entre la dernière spire et le plan de masse (Py).

Pour vérifier cela, nous avons en premier lieu fait varier la distance entre spires (D) de 50, 200 et 400 μm . Nous avons obtenu les résultats des figures 9 a, b et c (la densité du courant dans le plot central n'est pas représentée).

Nous observons sur les figures précédentes que la non-uniformité reste présente même si celle-ci s'atténue avec l'augmentation de la distance entre spires. Cette diminution peut être due à la diminution de la composante Hz du champ magnétique créée par la spirale planaire.

Nous avons ensuite fait varier la distance entre le plot central et la première spire (D₁) de 900 à 1200 μm . Le résultat pour l'inductance 5_400_400 est donné par Fig. 10.

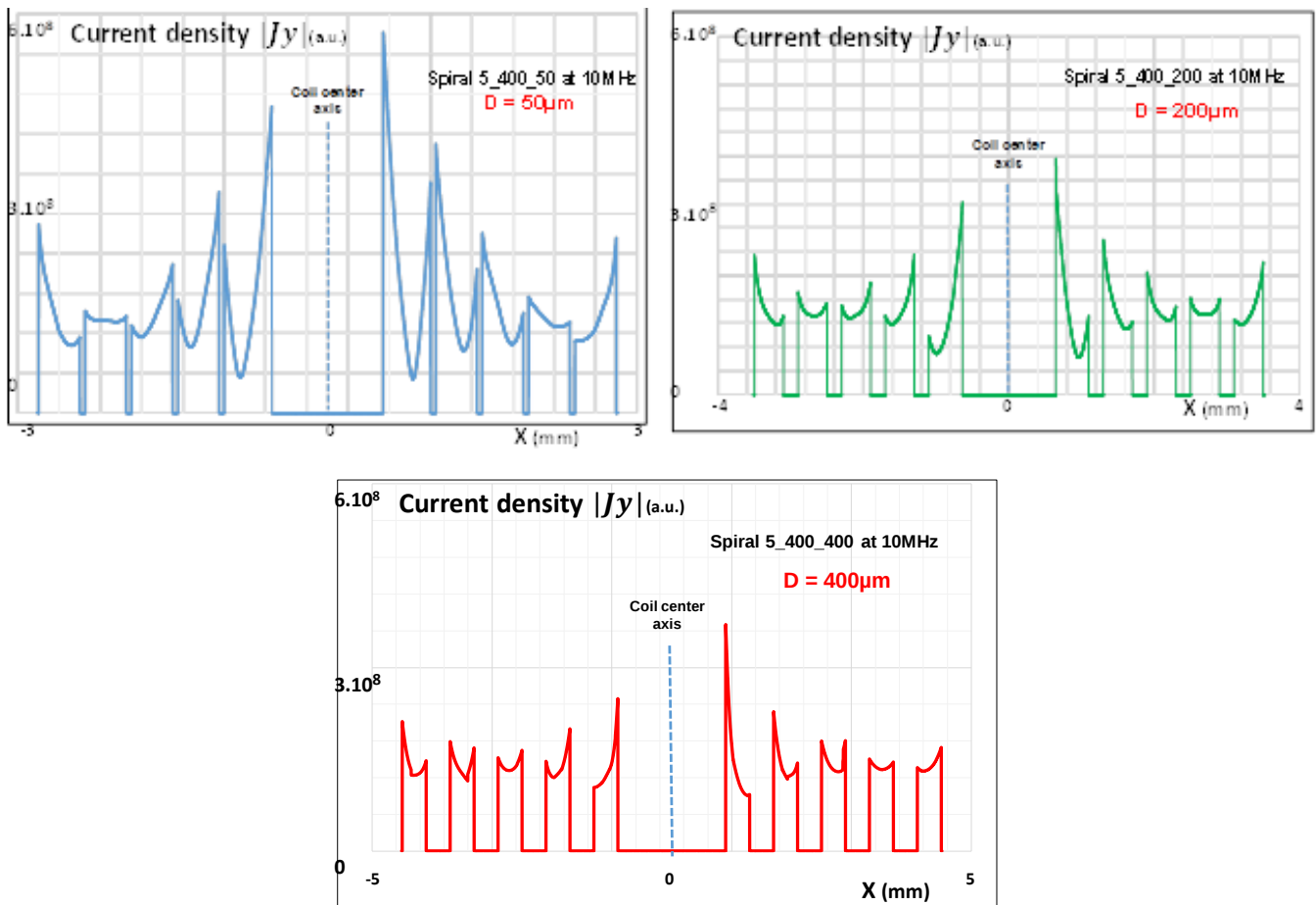


Fig. 9. Module de J_y de des inductances sans le plot central à 10 MHz: a) 5_400_50; b) 5_400_200 c) 5_400_400

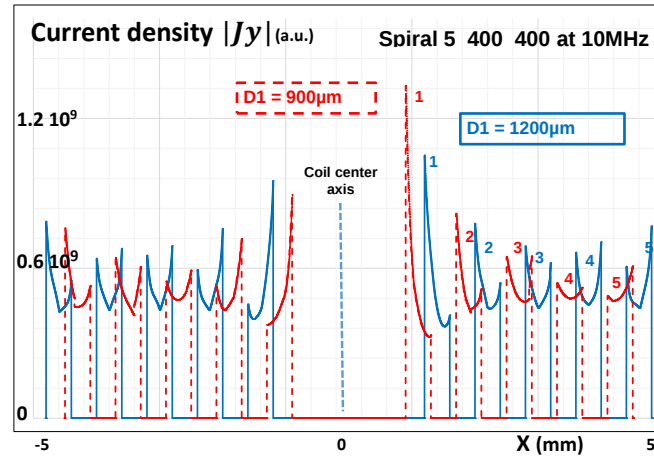


Fig. 10. Comparaison Module de J_y de l'inductance 5_400_400: distance entre la première spire et le plot central 900 et 1200 μm à 10 MHz

Cette figure montre aussi que la non-uniformité existe toujours même si elle est un peu atténuée lorsque la distance entre la première spire et le plot central est plus importante.

Enfin, nous avons fait varier la distance entre le plan de masse et la dernière spire (Py) de 500, 1000 et 2000 μm que nous présentons sur les Fig. 11 a et b.

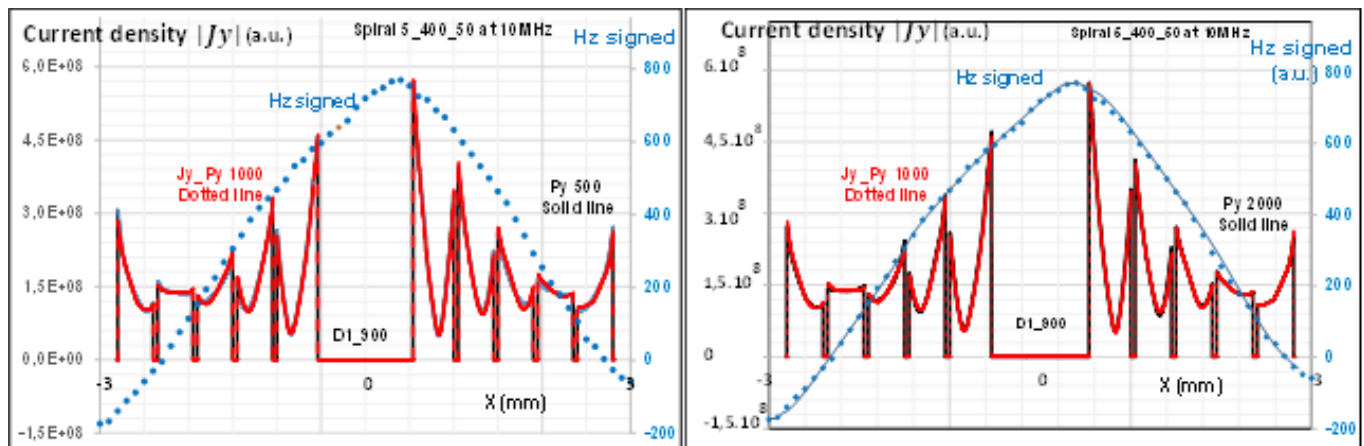


Fig. 11. a, b: Module de J_y et champ signé Hz des inductances avec différentes distances entre spires et distances entre la dernière spire et la masse variables

Les figures 11 a, b et c ne montrent aucun changement sur la non-uniformité des densités de courant dans la dernière spire lorsqu'on varie la distance entre elle et le plan de masse.

CONCLUSION:

Les variations de la distance entre spires, de la distance entre le plot central et la première spire et de la distance entre le plan de masse et la dernière spire n'apportent aucun changement significatif sur cette dissymétrie qui existe toujours. Ce qui nous permet de conclure que les effets de proximité ne sont pas à l'origine de de cette dissymétrie.

3.5 EFFET DU CHAMP MAGNÉTIQUE

Les Fig. 12 a et b illustrent la répartition du champ magnétique créé par la bobine planaire. On peut observer, sur la Fig. 12 a, une très forte amplitude du champ magnétique au centre de la spirale, avec une composante Hz suivant l'axe z très importante. L'amplitude du champ magnétique décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre de la spirale. Les lignes

de champ, dirigées suivant l'axe z au centre de la spirale changent progressivement de direction, pour se refermer dans le substrat (Fig. 12 b). La composante H_z diminue puis change de signe.

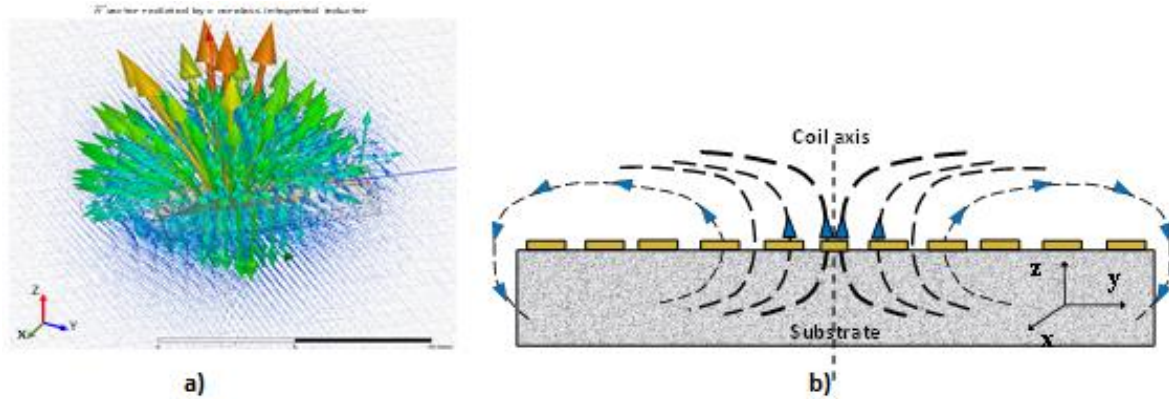


Fig. 12. Champ magnétique créé par la spirale

La Fig. 13 donne l'évolution du champ H_z normalisé suivant l'axe z des spirales pour des distances entre spires de 50, 200 et 400 μm . On peut observer que le champ magnétique H_z normalisé (c'est-à-dire H_z/I) est très élevé au centre des bobinages et diminue lorsqu'on s'éloigne du centre. Plus la distance entre les spires est importante, plus l'amplitude maximale de H_z diminue.

EXPLICATION DE LA NON-UNIFORMITÉ ET DE LA DYSMÉTRIE DE LA DENSITÉ DE COURANT DANS LES CONDUCTEURS

La Fig 14 illustre les orientations des différentes grandeurs: le courant i circule suivant l'axe y, correspondant à l'axe du conducteur, la composante H_z du champ magnétique étant perpendiculaire au plan du conducteur. Le courant total i_t est la somme de deux courants, le courant principal i auquel s'ajoute les courants induits dans le conducteur i_{EC} .

$$i_t = i \pm i_{EC} \quad (1)$$

Le courant principal correspond au courant qui circulerait dans le conducteur en l'absence des courants de Foucault.

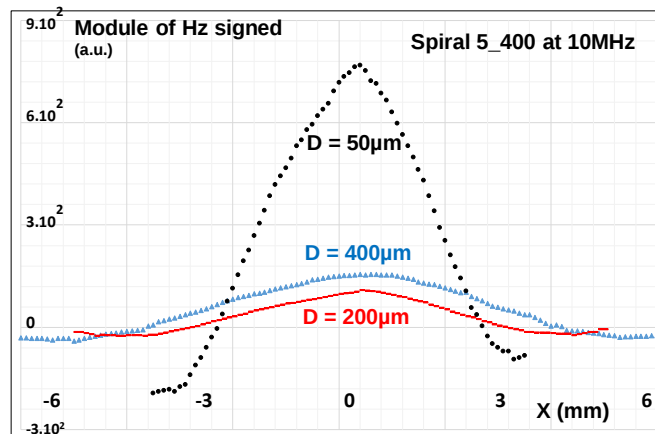


Fig. 13. Module du champ HZ normalisé des spirales 5_400_50, 5_400_200 et 5_400_400 à 10MHz

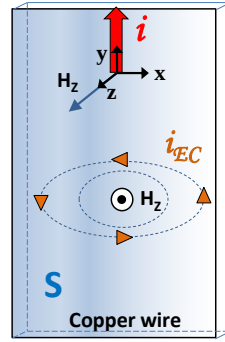


Fig. 14. Courants induits dans le conducteur planaire

A travers une surface S du conducteur planaire on peut définir un flux φ dont les variations entraînent des f.é.m. et des courants induits dans le plan du conducteur. En se plaçant en régime sinus, cas des simulations conduites avec le logiciel HFSS, on obtient les expressions (2) – (8). L'excitation magnétique suivant l'axe z est proportionnelle au courant. On considère dans un premier temps cette composante H_Z uniforme sur la surface S du conducteur.

$$H_Z(t) = k \cdot i(t) = k \cdot I_M \cdot \sin \omega t \quad (2)$$

$$H_Z(t) = H_{ZM} \cdot \sin \omega t \quad (3)$$

Le flux à travers une surface S a pour expression:

$$\varphi = \mu_0 \cdot S \cdot H_{ZM} \cdot \sin \omega t \quad (4)$$

D'où l'expression des fem et des courants de Foucault induits dans le conducteur:

$$e(t) = \frac{d\varphi}{dt} = \mu_0 \cdot S \cdot \omega \cdot H_{ZM} \cos \omega t \quad (5)$$

$$i_{ED} = e/r = \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) / r \quad (6)$$

$$i_{EC} = \mu_0 \cdot S \cdot \frac{H_M}{r} \cdot \omega \cdot \cos \omega t = I_{EC} \cdot \cos \omega t \quad (7)$$

On observe un déphasage de $\pi/2$ entre le courant i et le courant induit i_{EC} , le courant réel i_t étant la somme algébrique des deux:

$$i_t = i \pm i_{EC} = I_M \cdot \sin \omega t \pm I_{EC} \cdot \cos \omega t \quad (8)$$

La somme de ces deux composantes a pour expression:

$$i_t = I_{tM} \cdot \sin(\omega t + \theta) \text{ avec } I_{tM} = \sqrt{I_M^2 + I_{EC}^2} \text{ et } \tan \theta = \pm \frac{I_{EC}}{I_M} \quad (9)$$

La Fig.15 montre l'évolution du courant total i_t et de sa phase θ en fonction du rapport I_{EC}/I_M

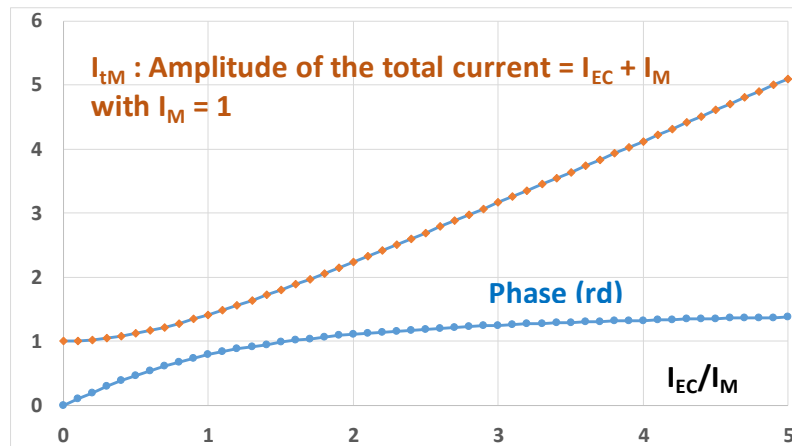


Fig. 15. Amplitude et phase du courant total en fonction du rapport Courant de Foucault/courant principal

Pour de faibles courants de Foucault $I_{EC} < 0,5I_M$, l'amplitude du courant total n'est pas vraiment affectée, en revanche la phase est un peu modifiée. Pour des courants induits importants, l'amplitude du courant total est fortement modifiée et la phase tend vers $\pi/2$. On peut également remarquer que l'amplitude du courant total ne dépend pas du sens de circulation des courants induits. L'amplitude du courant total est donnée par la formule (9) et dépendra essentiellement des courants de Foucault dont l'expression est donnée par (7). L'amplitude des courants de Foucault et du courant total dépendra donc du champ H et de la fréquence. En revanche, la phase dépendra du sens de circulation des courants de Foucault $\tan\theta$ (9).

La Fig.16 montre la répartition des densités de courant dans les cinq spires du composant étudié ainsi que la phase des courants et l'amplitude de la composante H_z . On peut observer que la densité du courant est particulièrement non uniforme dans le conducteur 1, la composante H_z étant la plus élevée. La densité de courant est plus forte aux endroits où H_z est la plus élevée; c'est-à-dire sur la face interne du composant la plus proche du centre de la spirale. Sur le côté opposé, la densité de courant est légèrement plus faible due à une valeur moins élevée de H_z . La phase du courant total est positive sur la face interne et négative sur la face externe, les courants de Foucault circulant dans le sens du courant principal ou en sens inverse suivant le côté considéré.

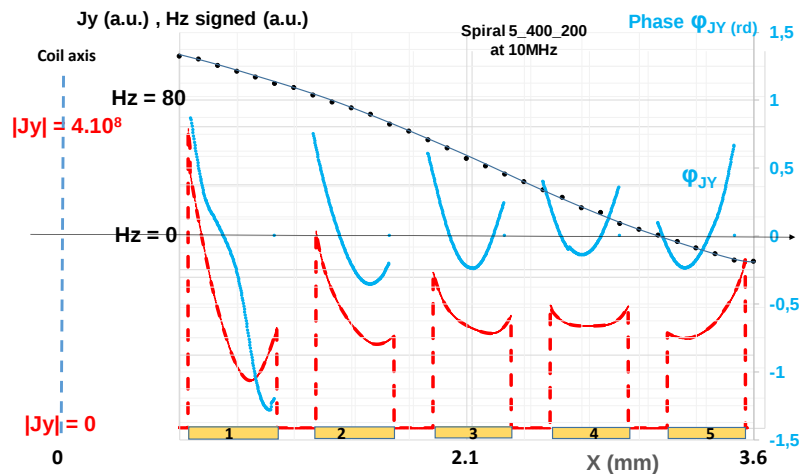


Fig. 16. Déphasages des courants dans les spires

Il en est de même pour les spires 2 et 3 qui présentent cependant une non uniformité plus faible puisque l'amplitude du champ H_z a diminué. La densité de courant est presque uniforme dans la spire 4 car l'amplitude du champ H_z tend vers de très faibles valeurs. Concernant la dernière spire, on peut observer que la densité de courant est plus élevée sur la face extérieure que sur la face intérieure contrairement aux spires 1, 2, 3 et 4. Ce changement n'est pas dû au changement de signe de la composante mais à l'évolution de son amplitude. En effet sur la face intérieure, le champ H_z est voisin de 0 alors qu'il est plus fort sur la face extérieure.

4 CONCLUSION

Les conducteurs des composants planaires sont le siège des courants de Foucault importants. Pour des conducteurs de faible épaisseur et de grande largeur, on observe une non-uniformité importante de la densité de courant dans les conducteurs. Ces courants de Foucault et la non-uniformité sont essentiellement dus à la composante Hz du champ magnétique produit par la spirale.

REFERENCES

- [1] Ningning Wang, Terence O'Donnell, Saibal Roy, Paul McCloskey, Cian O'Mathuna, "Micro-inductors integrated on silicon for power supply on chip", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 316 (2007) e233- e237.
- [2] C. Patrick Yue. "On-Chip Spiral Inductors for Silicon-Based Radio-Frequency Integrated Circuits". Doctoral dissertation Center for Integrated Systems Stanford University, CA.
- [3] Boukhari Mahamat, D.A. Oumar, S. Malloum, D. Pietroy, S. Capraro, J. P. Chatelon, J. J. Rousseau. IEEE "Magnetic field radiated by integrated inductors and magnetic shielding" International Conference on Industrial Technology (ICIT) 20-22 Feb. 2018. DOI: 10.1109/ICIT.2018.8352271.
- [4] S. Prabhakaran, T. O'Donnell, C. R. Sullivan, M. Brunet, S. Roy, C. O'Mathuna, "Microfabricated coupled inductors for integrated power converters", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 290-291 (2005), pp 1343-1346.
- [5] Kin Keung Lee, Carl Bryant, Markus Törmänen, Henrik Sjöland "A 65-nm CMOS Ultra-Low-Power LC Quadrature VCO", EPE Conference Trondheim 16-17 Nov. 2009 DOI: 10.1109/NORCHP.2009.5397805.
- [6] P.L. Dowell « Effects of eddy currents in transformer windings » *Proceedings of the IEE*, vol 113, Volume 113, Issue 8, August 1966, p. 1387 – 1394.
- [7] Xi Nan and Charles R. Sullivan "An Improved Calculation of Proximity Effect Loss in High-Frequency Windings of Round Conductors" IEEE 34th Annual Conference on Power Electronics Specialist, 2003. PESC '03. DOI: 10.1109/PESC.2003.1218168.
- [8] J. A. Ferreira, "Improved analytical modeling of conductive losses in magnetic components", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 9, no.-1, pp. 127-131, Jan. 1994. DOI: 10.1109/63.285503.
- [9] Frédéric Robert, Member, IEEE, Pierre Mathys, Member, IEEE, and Jean-Pierre Schauwers "A Closed-Form Formula for 2-D Ohmic Losses Calculation in SMPS Transformer Foils" *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, VOL. 16, NO. 3, MAY 2001 DOI: 10.1109/63.923777.
- [10] R.P. Wojda M.K. Kazimierczuk "Winding resistance of litz-wire and multi-strand inductors" Department of Electrical Engineering, Wright State University, 3640 Colonel Glenn. *IET Power Electron.*, 2012. DOI: 10.1049/iet-pel.2010.0359.
- [11] Andreas Roßkopf, Eberhard Bar, and Christopher Joffe. Influence of Inner Skin and Proximity Effects on Conduction in Litz Wires *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, VOL. 29, NO. 10, OCTOBER 2014. DOI: 10.1109/TPEL.2013.2293847.
- [12] William B. Kuhn, Senior Member, IEEE, and Nouredin M. Ibrahim, Senior Member "Analysis of Current Crowding Effects in Multiturn Spiral Inductors", *IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES*, VOL. 49, NO. 1, JANUARY 2001.
- [13] A. Abderahim, A.T. Mahamat, J.P. Chatelon, D. Pietroy, S. Capraro and J.J. Rousseau. "Approach of copper losses determination in planar windings". *Electronics Letters* (Volume: 52, Issue: 12, 6 9 2016) Page (s): 1050 – 1052 June 2016. DOI: 10.1049/el.2016.0919.
- [14] Ji Chen and Juin J. Liou "On-Chip Spiral Inductors for RF Applications: An Overview" *JOURNAL OF SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY AND SCIENCE*, VOL.4, NO.3, SEPTEMBER, 2004.
- [15] James C. Rautio, "Free EM Simulator Analyzes Spiral Inductor on Silicon", *Microwaves & RF Magazine*, Sept. 1999, pp. 165-172.

Evaluation du profil lipidique au cours de l'hypothyroïdie: Expérience du laboratoire de biochimie, CHU Ibn Rochd de Casablanca, Maroc

[Evaluation of the lipid profile in hypothyroidism: Experience of the biochemistry laboratory, CHU Ibn Rochd of Casablanca, Morocco]

Hsai Fatima Ezzahra¹, Morjan Asmaa^{1,2}, El Faiz Rachid¹, Mahir Loubna¹, and Kamal Nabih^{1,2}

¹Laboratoire de biochimie, CHU Ibn Rochd, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Hassan II, Casablanca, Morocco

²Laboratoire d'Immunologie Clinique et d'Immuno-Allergie (LICIA), Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Hassan II, Casablanca, Morocco

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Background:* Hypothyroidism is among the most common endocrine disease; it is often associated with dyslipidemia which increases cardiovascular risk. This study was conducted to study the prevalence and profile of dyslipidemia during primary hypothyroidism and justify screening for dyslipidemia during hypothyroidism.

Methods: Retrospective study, in the biochemistry department CHU Ibn Rochd of Casablanca from 2019 to March 2020 involving all patients who received a lipid assessment and a TSH (Thyroid Stimulating Hormone) assay in the biochemistry laboratory. TSH was estimated by an immunoenzymatic method: chemiluminescence. The LDL-assayed (Low Density Lipoprotein), HDL (High Density Lipoprotein), TG (Triglycerides), CT (Total Cholesterol) parameters were estimated by an enzymatic colorimetric method, the LDL-calculated was calculated by the Friedwald formula.

Results: These were 1046 patients: 66.73% Women, 33.23% Men (sex ratio M / F = 0.49). The mean age was 41.66 years $\pm$ 13.86. The mean TSH value was 23.09 mIU / L. Dyslipidemia was noted in 91.78% of cases. The prevalences of, hypoHDLemia, hypercholesterolemia, hypertriglyceridemia, hyperLDLemia, were respectively: 82.12%; 32.5%; 23.32%; 10.8%. The correlation between TSH and LDL was negative ($P > 0.05$) while it was positive with TG ($P > 0.05$), HDL ($P < 0.05$) and CT ($P > 0.05$).

Conclusion: Hypothyroid patients show a significant increase in serum lipids. This atherogenic lipid profile should be systematically sought when monitoring patients with hypothyroidism to prevent cardiovascular complications.

KEYWORDS: Hypothyroidism, Lipid profile, Dyslipidemia, Prevalence, Cholesterol.

RESUME: *Introduction:* L'hypothyroïdie est parmi les pathologies endocrines les plus fréquentes, elle est associée souvent à une dyslipidémie augmentant ainsi le risque cardiovasculaire. Cette étude a été menée pour étudier la prévalence et le profil de la dyslipidémie au cours de l'hypothyroïdie primaire, justifier le dépistage des dyslipidémies au cours de l'hypothyroïdie.

Matériel Et Méthodes: Étude rétrospective, menée dans le service de biochimie CHU Ibn Rochd de Casablanca du janvier 2019 à mars 2020 intéressant tous les patients ayant bénéficié d'un bilan lipidique et d'un dosage de TSH (Thyroid Stimulating Hormone) au sein du laboratoire de biochimie. La TSH a été dosé par une méthode immunoenzymatique: la chimiluminescence. Les paramètres LDL-dosé (Low density lipoprotein), HDL (high density lipoprotein), TG (Triglycérides), CT (Cholestérol Total) ont été dosés par méthode enzymatique colorimétrique, le LDL-calculé a été calculé par la formule de Friedwald.

Résultats: Il s'agissait de 1046 patients: 66,73% Femmes, 33,23% Hommes (sex-ratio H/F=0,49). L'âge moyen était 41,66 ans $\pm$ 13,86. La valeur moyenne de TSH était à 23,09 mUI/L. Une dyslipidémie était notée dans 91,78% des cas.

Les prévalences de, l'hypoHDLémie, l'hypercholestérolémie, l'hypertriglycéridémie, l'hyperLDLémie, étaient respectivement: 82.12%; 32,5%; 23.32%; 10.8%. La corrélation entre TSH et le LDL était négative ($P > 0.05$) alors qu'elle était positive avec les TG ($P > 0.05$), HDL ($P < 0.05$) et CT ($P > 0.05$).

Conclusion: Les patients hypothyroïdiens présentent une augmentation significative des lipides sériques. Ce profil lipidique athérogène doit être recherché systématiquement lors du suivi des patients en hypothyroïdie pour prévenir les complications cardiovasculaires.

MOTS-CLEFS: Hypothyroïdie, Bilan Lipidique, Dyslipidémie, Prévalence, Cholestérol.

1 INTRODUCTION

L'hypothyroïdie figure parmi les endocrinopathies les plus fréquentes au Maroc. Elle est définie par une déficience de l'activité de la glande thyroïde entraînant une sécrétion réduite de la thyroxine (T4) et la triiodothyronine (T3), elle est diagnostiquée par l'élévation sérique de la TSH. C'est une découverte clé du laboratoire (1).

Toute diminution de la concentration de T4 et T3 exerce un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus et l'hypophyse, aboutissant à l'augmentation de la sécrétion de TSH (2) (3).

Elle résulte le plus fréquemment d'une insuffisance de la glande thyroïde: hypothyroïdie primaire (dont souvent l'étiologie est auto-immune) (2) (4).

L'hypothyroïdie englobe les différentes situations allant de l'hypothyroïdie légère dite subclinique (élévation modérée de la TSH avec T4 normale), à l'hypothyroïdie franche (élévation franche de la TSH avec abaissement de la T4) pour aboutir, à l'extrémité du spectre, au coma myxoédémateux (5,6).

Les hormones thyroïdiennes (HT) régulent toutes les principales voies du métabolisme de base. Elles jouent un rôle important dans la synthèse, le métabolisme et le transport des lipides. L'hypothyroïdie est une cause fréquente de dyslipidémie secondaire amplifiant ainsi le risque cardio-vasculaire et la morbi mortalité (7) (8) (9) (1) (10).

Au cours de l'hypothyroïdie la dyslipidémie se manifeste généralement par des niveaux élevés de cholestérol total, triglycérides, lipoprotéine de basse densité (LDL) et réduction des niveaux de lipoprotéine de haute densité (HDL) (6).

La reconnaissance et la prise en charge précoces de la dyslipidémie chez Les patients atteints d'hypothyroïdie atténueront le risque cardiovasculaire et améliorent le bien-être général (6).

L'objectif de cette étude est de rechercher les troubles du bilan lipidique au cours de l'hypothyroïdie, en comparant les résultats entre les deux sexes, et de rechercher la corrélation entre l'hypothyroïdie et la dyslipidémie, afin de justifier la recherche systématique de la dyslipidémie chez les patients présentant une hypothyroïdie et par conséquent, diminuer le risque cardiovasculaire chez eux.

2 MATERIELS ET METHODES

Il s'agit d'une étude rétrospective, menée dans le service de biochimie CHU Ibn Rochd de Casablanca, étalée sur une période de 15 mois allant du janvier 2019 au mars 2020, durant cette étude 1046 patients ont été inclus ayant bénéficié d'un bilan lipidique (cholestérol total, triglycérides, HDL-CL et LDL-CL) et d'un dosage de la TSH. Nous avons inclus comme cas d'hypothyroïdie primaire les patients présentant un taux sérique de TSH supérieur à 4.94UI/L. Nous avons exclu les patients ne présentant pas un bilan lipidique complet et les patients doubles. Les données biologiques ont été exportés à partir du système informatique du laboratoire (SIL).

Prélèvement et analyse des échantillons: nom et sexe des sujets ont été notés et environ 5 ml de sang veineux a été recueilli le matin après 12 heures de jeun sur des tubes secs. Les échantillons ont été centrifugés à 2000 tr / min pendant 15 minutes.

Méthodes de dosage:

Le dosage de tous les paramètres a été effectué à l'aide d'un automate « ARCHITECT Ci 8200 ».

Le dosage TSH est un dosage immunologique par chimiluminescence (CMIA) en deux étapes.

Le dosage de LDL-D (LDL-dosé), HDL, TG et CT a été fait par méthode enzymatique colorimétrique. Le LDL-C (LDL-calculé), a été calculé selon la formule de friedwald: $LDL = \text{cholestérol total} - (\text{HDL cholestérol} + \text{Triglycéride}) / 5$.

Analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide d'IBM SPSS Version-20.

3 RESULTAT:

Il s'agissait de 1046 patients: 698 étaient des femmes (66,73%) et 348 étaient des hommes (33,23%), le sex-ratio H/F = 0,49. L'âge moyen était de 41,66 ans $\pm$ 13,86 ans. Le taux moyen de TSH était à 23,09 mUI/L. Une dyslipidémie (quel que soit son type) était notée dans (91,78 %). Elle était plus fréquente chez le sexe masculin: 94,12 vs 90,4 % chez le sexe féminin.

L'hypo HDL-émie était la principale anomalie lipidique retrouvée dans 82,12% des cas (extrêmes: 0.13–1.66 g/L) avec une fréquence plus élevée chez les hommes 91.09% que chez les femmes 79.22%.

Un taux de HDL inférieur à 0.4 g/l qui constitue un facteur de risque majeur pour une maladie cardiovasculaire était retrouvé dans 28,96 % des cas, avec une fréquence plus élevée chez l'homme (38,5%) que chez la femme (24,21%).

L'hypercholestérolémie (32,5 %) (extrêmes: 0.59–7.05 g/L) était significativement plus fréquente chez le sexe féminin: 36,24 vs 25% chez le sexe masculin.

L'hypertriglycéridémie (23,32 %) (extrêmes: 0.28–6.17 g/L) touchant plus les hommes 24.71% que les femmes 22,63 %.

L'hyper LDL-émie était la moins fréquente (extrêmes: 0.17–5.64 g/L), notée dans 10.8 % des cas avec une fréquence plus élevée chez le sexe féminin (12,17%) que le sexe masculin (8,33%). Le tableau 1 montre les valeurs du profil lipidiques chez la population étudiée exprimé en moyenne (+/- écart-type).

La corrélation entre la valeur sérique du TSH et les différents paramètres lipidiques est représentée dans le tableau 2.

Tableau 1. La valeur moyenne de la TSH et les paramètres lipidiques chez les patients atteints d'hypothyroïdie primaire

Paramètres	La valeur moyenne chez la femme	La valeur moyenne chez l'homme	Limites normales
TSH sérique (UI /l)	25.2282	18.8245	0.35 - 4.94
Cholestérol total sérique (g/l)	1.88918	1.79466	1.5 - 2.00
Triglycérides sérique (g/l)	1.1742	1.2554	< 1.5
LDL Cholestérol sérique (g/l)	1.1622	1.1115	< 1.6
HDL cholestérol sérique (g/l)	0.4949	0.4328	> 0.6

TSH, thyroid stimulating hormone; LDL, low density lipoprotein; HDL, high density lipoprotein.

Tableau 2. Corrélation entre TSH sérique et les différents paramètres lipidiques

Les paramètres (g/l)	Coefficient de Pearson de corrélation	P-value
Cholestérol total sérique	0.028	0.373
Triglycérides sérique	0.016	0.615
LDL Cholestérol sérique	-0.013	0.669
HDL cholestérol sérique	0.068	0.028

Tableau 3. Fréquence de la dyslipidémie en fonction du sexe

			Dyslipidémie		Total
			NON	OUI	
Sexe	F	Effectif	67	631	698
		% compris dans Sexe	9,6%	90,4%	100,0%
		% du total	6,4%	60,3%	66,7%
	M	Effectif	19	329	348
		% compris dans Sexe	5,5%	94,5%	100,0%
		% du total	1,8%	31,5%	33,3%
Total		Effectif	86	960	1046
		% compris dans Sexe	8,2%	91,8%	100,0%
		% du total	8,2%	91,8%	100,0%

4 DISCUSSION

Physiologie et physiopathologie

Les hormones thyroïdiennes influencent tous les aspects du métabolisme des lipides, y compris la synthèse, la mobilisation et la dégradation, ce qui accélère le processus athéromateux et augmente le risque cardiovasculaire (11) (12) (13) (14).

Les récepteurs thyroïdiens semblent médier les effets des hormones thyroïdiennes sur le métabolisme lipidique, et plus spécifiquement les récepteurs alpha 1 contrôlant ainsi la lipogenèse dans le tissu adipeux blanc et les récepteurs β régulant l'activité des enzymes lipogéniques et lipolytiques dans le foie (15) (14) (16). Des changements qualitatifs de divers composants lipidiques ont également été rapportés comme l'augmentation de l'oxydation des LDL, reflétée par l'augmentation des niveaux de marqueurs de la peroxydation lipidique, tels que le malondialdéhyde (MDA) (17).

Cholestérol: Les effets des hormones thyroïdiennes sur le métabolisme lipidique sont complexes avec une augmentation de la synthèse de cholestérol mais également de sa dégradation hépatique et une augmentation de la lipogenèse et de l'oxydation des acides gras libres. (18) Dans l'hypothyroïdie manifeste, le nombre de récepteurs LDL dans le foie diminue et il y a une augmentation des taux de cholestérol général, de cholestérol LDL dans le sang (16) devant toute hypercholestérolémie, il convient de rechercher des signes d'hypothyroïdie.

Le catabolisme du cholestérol dans la bile est médié par l'enzyme cholestérol 7 α -hydroxylase. Cette enzyme spécifique du foie est régulée par les hormones thyroïdiennes (T4 et T3) Par conséquent, en cas d'hypothyroïdie il y aura diminution de l'activité du cholestérol 7 α -hydroxylase, cela conduit à la diminution du catabolisme du cholestérol dans la bile et donc augmentation des taux de cholestérol sérique (18).

L'hypothyroïdie augmente l'oxydation du cholestérol plasmatique principalement en raison de l'augmentation des niveaux du cholestérol, qui présente un substrat du stress oxydatif (6).

TG: Les hormones thyroïdiennes stimulent également la lipoprotéine lipase (LPL). Cette enzyme est responsable de la dégradation des TG en lipoprotéines de très basse densité (VLDL) et des chylomicrons en acides gras et glycérol, donc la diminution des hormones thyroïdiennes conduit à la diminution de l'activité de la lipoprotéine lipase et augmentation des triglycérides (18). L'hypertriglycéridémie est également due au fait qu'il y a une mauvaise clairance des triglycérides exogènes et endogènes de la circulation dans l'hypothyroïdie (16).

LDL: Les hormones thyroïdiennes, en particulier la triiodothyronine (T3), induisent l'expression et contrôlent l'activation du gène du récepteur des lipoprotéines de basse densité (LDL) dans le foie, augmentant la clairance des LDL et expliquant l'augmentation des taux de LDL observés au cours de l'hypothyroïdie (16), (18), (19), (20).

HDL: Les hormones thyroïdiennes affectent la protéine de transfert des esters de cholestérol et l'activité de la lipase hépatique, qui sont diminuées dans l'hypothyroïdie, avec des changements conséquents non seulement dans les lipoprotéines totales de haute densité (HDL) mais également dans les niveaux de sous-fractions de HDL (16), (21).

La dyslipidémie est également due aux anomalies métaboliques coexistantes dans les maladies thyroïdiennes, notamment le stress oxydatif et la résistance à l'insuline, qui induisent davantage ou aggravent la dyslipidémie due à l'hypothyroïdie, via un cercle vicieux (16), (17), (22), (23).

L'hypothyroïdie est un trouble métabolique fréquent dans la population générale. Il dépend de l'âge et du sexe. Elle est fortement associée à une altération du métabolisme des lipides. Des niveaux abaissés d'hormones thyroïdiennes affectent la synthèse, la mobilisation et la dégradation des lipides, avec des taux de triglycérides élevés, du cholestérol total et des lipoprotéines de basse densité (LDL-c) élevés, et une diminution des HDL-c (24). Cela explique le haut risque d'athérosclérose et de cardiopathie ischémique chez les patients atteints d'hypothyroïdie (24), (25), (26), (27).

La majorité des cas étaient des femmes (66.73% de notre population étaient des femmes, 33.23% des hommes, sex ratio H/F: 0.49) avec une moyenne d'âge à 41.66 ans (écart type: 11.54). C'est conforme à d'autres études montrant une prévalence élevée de l'hypothyroïdie chez les femmes par rapport aux hommes (6), (28).

En accord avec la littérature (6,29), les troubles lipidiques sont très fréquents dans l'hypothyroïdie (91,78% de nos patients présentent une dyslipidémie). Par contre dans notre étude elle était plus fréquente chez les hommes que les femmes (94,12 chez le sexe masculin vs 90,4 % chez le sexe féminin).

L'hypothyroïdie entraîne une augmentation de tous les paramètres lipidiques avec une corrélation positive avec la TSH sérique dans certaines études. (30) (23) dans la nôtre, on a trouvé une corrélation négative non significative entre TSH et la dyslipidémie en général (coff de corrélation = - 0,042; p = 0,171).

Alors que dans une étude en inde, seul le taux sérique élevés de cholestérol LDL n'avait aucune corrélation avec TSH (31). D'autres auteurs ont trouvé une corrélation négative entre la TSH sérique et le HDL (32), alors qu'elle était corrélée avec d'autres paramètres lipidiques (TG et LDL) (33) De même, la TSH sérique avait une corrélation négative ($r = -0,39$) avec le HDL dans une étude en inde ($P > 0,05$) (23).

Dans notre étude on a trouvé une corrélation négative entre TSH et le LDL ($P > 0.05$) alors qu'elle était positive avec les TG (coff de corr=0.016; $P > 0.05$), HDL (coff de corr=0.068; $P < 0.05$) et Cholestérol total (coff de corr=0.028; $P > 0.05$).

Les effets de l'hypothyroïdie sur HDL-C ont été variables à travers les études, Le taux de cholestérol HDL a été réduit dans certaines (7) (8) ce qui concorde avec les résultats de notre étude où on a trouvé un taux de HDL réduit chez 82.12% de notre population avec une fréquence plus élevée chez les hommes que les femmes, et 28.96% avaient un taux de HDL inférieur à 0.4 g/l, qui constitue un facteur de risque majeur cardio vasculaire.

Dans les études, il y a souvent une augmentation de la concentration sérique de cholestérol totale chez les patients hypothyroïdiens principalement en raison de taux élevés de cholestérol LDL sérique. De plus la diminution de l'activité des récepteurs LDL entraînant la diminution de son catabolisme, est la principale cause d'hypercholestérolémie observée au cours de l'hypothyroïdie (6), dans notre étude l'hypercholestérolémie a été notée dans 32,5 % des cas (Extrêmes: 0.59–7.05 g/L) et elle était significativement plus fréquente chez le sexe féminin: 36,24% vs 25% chez le sexe masculin. Ainsi, les faibles concentrations de T3 et T4, retrouvées dans l'hypothyroïdie favorise une réduction du catabolisme des lipoprotéines entraînant une hypercholestérolémie (34) (17).

L'hyper LDL-émie était la moins fréquente (extrêmes: 0.17–5.64 g/L). Elle était notée dans 10.8 % des cas avec une fréquence plus élevée chez le sexe féminin (12,17%) que le sexe masculin (8,33%). L'augmentation du LDL-c et diminution du HDL cholestérol augmente le rapport LDL/HDL qui caractérise le risque athérogène.

L'hypertriglycéridémie (23,32 %) (extrêmes: 0.28–6.17 g/L) touchant plus les hommes 24.71% que les femmes 22,63 %. La diminution de l'activité de la lipoprotéine lipase (LPL), qui entraîne une diminution de la clairance des triglycérides est à cause de L'hypertriglycéridémie (6), (24).

Ces conclusions concordent avec les résultats d'autres enquêtes récentes qui ont montré une hyperlipidémie chez les patients atteints d'hypothyroïdie (6), (24), (17), (35), (36), (37), (38). Ce profil augmente le risque de développement d'athérosclérose et de maladie coronarienne (6), (7). Les niveaux de cholestérol total et LDL ont tendance à augmenter à mesure que la fonction de la thyroïde décline. Par conséquent, l'hypothyroïdie constitue une cause importante de dyslipidémie secondaire (24).

Les anomalies observées du cholestérol total et LDL sont associées aux modifications des taux d'hormones thyroïdiennes dans l'hypothyroïdie, car elles sont significativement améliorées après un traitement de substitution thyroxine (39) Cependant, les triglycérides, et les anomalies qualitatives pourraient être normalisés ou restés inchangés après le traitement, suggérant une cause plus complexe de dyslipidémie dans l'hypothyroïdie (16), (39).

D'après cette étude, il est évident que l'hypothyroïdie est associée à des troubles lipidiques caractérisés par des taux de cholestérol élevés, augmentation du cholestérol LDL et baisse du cholestérol HDL, augmentant ainsi le risque de développer une maladie cardiovasculaire. La détection précoce et traitement de la dyslipidémie chez les patients hypothyroïdiens atténuerait le risque cardiovasculaire et améliorerait le pronostic vital. Il est essentiel qu'un traitement médicamenteux ainsi que des modifications alimentaires doivent être inclus dans la gestion de l'hypothyroïdie primaire (6), (40).

5 CONCLUSION

Des études épidémiologiques avec de grands échantillons et comparaison entre patients avec euthyroïdie et hypothyroïdie, sont nécessaires pour mieux estimer la prévalence et l'incidence de la dyslipidémie au cours des hypothyroïdies en comparaison avec la population normale, ainsi qu'une comparaison avant et après le traitement hormonal substitutif.

Les troubles lipidiques sont assez fréquents dans l'hypothyroïdie primaire. Ils doivent être recherchés car son association à une athérosclérose est plus sévère qu'au cours de l'euthyroïdie. À l'inverse, il importe chez les sujets hypothyroïdiens de dépister les complications athéromateuses.

Les anomalies lipidiques doivent être dépistées systématiquement lors du diagnostic de cette pathologie et réévaluées après le traitement.

REFERENCES

- [1] Dv KV, Kundoor N, Bashetti S, Rayaprolu P. ALTERED LIPID PROFILE IN HYPOTHYROIDISM: A BIOCHEMICAL VIEWPOINT. Asian J Pharm Clin Res. 7 juill 2018; 11 (7): 64.
- [2] Sunanda V, Sangeeta S. Study of lipid profile in hypothyroidism.: 4.
- [3] Shaikh BA, Soomro A, Pirzadeh Z, Solangi GA, Shah AH, Shaikh M. LIPID PROFILE IN PRIMARY HYPOTHYROIDISM, AT CHANDKA MEDICAL COLLEGE, LARKANA [Internet]. undefined. 2009 [cité 9 févr 2021]. Disponible sur: /paper/LIPID-PROFILE-IN-PRIMARY-HYPOTHYROIDISM%2C-AT-CHANDKA-Shaikh-Soomro/e4f7964b3c834e7cd9a0afba9c7b6337dfc23ca8.
- [4] Găleşanu C, Lisnic N, Teslaru R, Apostu L, Zbranca E. [Lipids profile in a group of hypothyroid patients vs. treated hypothyroid patients]. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi. sept 2004; 108 (3): 554-60.
- [5] Netgen. Prise en charge de l'hypothyroïdie [Internet]. Revue Médicale Suisse. [cité 17 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/RMS/2004/RMS-2480/23785>.
- [6] Sushma M, Ramalingam K, Naidu J, Lakshmi T. Lipid profile alterations and fasting blood glucose levels in primary hypothyroidism. Int J Res Med Sci. 2014; 2 (4): 1694.
- [7] Patel DM, Pujara DN. cholesterol, hypothyroidism, lipid profile, thyroid. 2015; 2.

- [8] Marwaha RK, Tandon N, Garg MK, Kanwar R, Sastry A, Narang A, et al. Dyslipidemia in subclinical hypothyroidism in an Indian population. *Clin Biochem.* oct 2011; 44 (14-15): 1214-7.
- [9] Neves C, Alves M, Medina JL, Delgado JL. Thyroid diseases, dyslipidemia and cardiovascular pathology. *Rev Port Cardiol Orgao Of Soc Port Cardiol Port J Cardiol Off J Port Soc Cardiol.* oct 2008; 27 (10): 1211-36.
- [10] Dixit AK, Dey R, Aela S, Mitra A, Upadhyay SN, Hazra J. Lipid Profile of Patients with Thyroid Dysfunction in Ayurveda Hospital. *Int J Biomed Res.* 30 avr 2014; 5 (4): 241.
- [11] Pearce EN. Hypothyroidism and dyslipidemia: Modern concepts and approaches. *Curr Cardiol Rep.* nov 2004; 6 (6): 451-6.
- [12] the state of serum lipids profiles in sub clinical hypothyroidism a review of the literature 2010 pakistan.pdf.
- [13] Gabriela Brenta DYSLIPEDEMIA AND HYPOTHYROIDISM endocrinology argentina 2015.pdf.
- [14] Zhu X, Cheng S. New insights into regulation of lipid metabolism by thyroid hormone. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* oct 2010; 17 (5): 408-13.
- [15] Liu Y-Y, Brent GA. Thyroid hormone crosstalk with nuclear receptor signaling in metabolic regulation. *Trends Endocrinol Metab TEM.* mars 2010; 21 (3): 166-73.
- [16] Peppia M, Betsi G, Dimitriadis G. Lipid Abnormalities and Cardiometabolic Risk in Patients with Overt and Subclinical Thyroid Disease. *J Lipids.* 2011; 2011: 1-9.
- [17] Santi A, Duarte MMMF, Moresco RN, Menezes C, Bagatini MD, Schetinger MRC, et al. Association between thyroid hormones, lipids and oxidative stress biomarkers in overt hypothyroidism. *Clin Chem Lab Med [Internet].* 1 janv 2010 [cité 19 janv 2021]; 48 (11). Disponible sur: <https://www.degruyter.com/doi/10.1515/CCLM.2010.309>.
- [18] Hamza DH. Study of Lipids Profile Levels in Patients with Hypothyroidism in Al-Muthanna Province. 11 (05): 6.
- [19] Qasim B, Arif S, Muhammed A, Abduljabbar R. Dyslipidemia in Subclinical Hypothyroidism: A Case-Control Study. *J Endocrinol Diabetes.* 12 janv 2018; 5 (1): 1-6.
- [20] Axelband F, Dias J, Ferrão FM, Einicker-Lamas M. Nongenomic signaling pathways triggered by thyroid hormones and their metabolite 3-iodothyronamine on the cardiovascular system. *J Cell Physiol.* janv 2011; 226 (1): 21-8.
- [21] Sigal GA, Tavoni TM, Silva BMO, Khalil-Filho R, Brandão LG, Baracat EC, et al. Subclinical Hyperthyroidism: Status of the Cholesterol Transfers to HDL and Other Parameters Related to Lipoprotein Metabolism in Patients Submitted to Thyroidectomy for Thyroid Cancer. *Front Endocrinol.* 2020; 11: 176.
- [22] Singh BM, Goswami B, Mallika V. Association between insulin resistance and hypothyroidism in females attending a tertiary care hospital. *Indian J Clin Biochem IJCB.* avr 2010; 25 (2): 141-5.
- [23] Hariharan S, Padhi S, Sahoo J, Sarangi R. Dyslipidemia in hypothyroid subjects with Hashimoto's thyroiditis. *Int J Med Sci Public Health.* 1 janv 2015; 4.
- [24] Mariela JC, Yamila VC, Liliana** BO, Maria SG. Hypothyroidism on Lipid Metabolism. *Hypothyroidism - Influent Treat [Internet].* 8 févr 2012 [cité 25 févr 2021]; Disponible sur: <https://www.intechopen.com/books/hypothyroidism-influences-and-treatments/hypothyroidism-on-lipid-metabolism>.
- [25] Al-khodair SA, Damiaty SA, Zamzami MA, Khoja SM. Association of Dyslipidemia with Hypothyroidism: Comparative Study. 2017; 5 (1): 10.
- [26] Rizos CV, Elisaf MS, Liberopoulos EN. Effects of Thyroid Dysfunction on Lipid Profile. *Open Cardiovasc Med J.* 24 févr 2011; 5: 76-84.
- [27] Liberopoulos E, Elisaf M. Dyslipidemia in patients with thyroid disorders. *HORMONES.* 15 oct 2002; 1 (4): 218-23.
- [28] Duntas LH, Brenta G. The Effect of Thyroid Disorders on Lipid Levels and Metabolism. *Med Clin North Am.* mars 2012; 96 (2): 269-81.
- [29] Thiombiano LP, Mbaye A, Sarr SA, Ngaide AA, Kane Ab, Diao M, et al. Prévalence de la dyslipidémie dans la population rurale de Guéoul (Sénégal). *Ann Cardiol Angéiologie.* avr 2016; 65 (2): 77-80.
- [30] Tagami T, Tamanaha T, Shimazu S, Honda K, Nanba K, Nomura H, et al. Lipid profiles in the untreated patients with Hashimoto thyroiditis and the effects of thyroxine treatment on subclinical hypothyroidism with Hashimoto thyroiditis. *Endocr J.* 2010; 57 (3): 253-8.
- [31] Sridevi A, Vivekanand B, Giridhar G, Mythili A, Subrahmanyam K a. V. Insulin resistance and lipid alterations in subclinical hypothyroidism. *Indian J Endocrinol Metab.* déc 2012; 16 (Suppl 2): S345.
- [32] Rondeau G, Rutamucero N, Messier V, Burlacu L, Prud'homme D, Mircescu H, et al. Reference range thyroid-stimulating hormone is associated with physical activity energy expenditure in overweight and obese postmenopausal women: a Montreal-Ottawa New Emerging Team Study. *Metabolism.* nov 2010; 59 (11): 1597-602.
- [33] Kota SK, Meher LK, Krishna SVS, Modi KD. Hypothyroidism in metabolic syndrome. *Indian J Endocrinol Metab.* 12 janv 2012; 16 (8): 332.
- [34] Mayer O, Šimon J, Filipovský J, Plášková M, Píknér R. Hypothyroidism in coronary heart disease and its relation to selected risk factors. *Vasc Health Risk Manag.* déc 2006; 2 (4): 499-506.
- [35] Morris MS, Bostom AG, Jacques PF, Selhub J, Rosenberg IH. Hyperhomocysteinemia and hypercholesterolemia associated with hypothyroidism in the third US National Health and Nutrition Examination Survey. *Atherosclerosis.* mars 2001; 155 (1): 195-200.
- [36] Lee W-Y, Suh J-Y, Rhee E-J, Park J-S, Sung K-C, Kim S-W. Plasma CRP, apolipoprotein A-1, apolipoprotein B and Lp (a) levels according to thyroid function status. *Arch Med Res.* nov 2004; 35 (6): 540-5.
- [37] Wang C. The Relationship between Type 2 Diabetes Mellitus and Related Thyroid Diseases. *J Diabetes Res.* 2013; 2013: 1-9.
- [38] Sathish R, Mohan V. DIABETES AND THYROID DISEASES - A REVIEW. 2003; 23: 4.
- [39] Tzotzas T, Krassas GE, Konstantinidis T, Bougoulia M. Changes in lipoprotein (a) levels in overt and subclinical hypothyroidism before and during treatment. *Thyroid Off J Am Thyroid Assoc.* sept 2000; 10 (9): 803-8.
- [40] Ladenson PW, Singer PA, Ain KB, Bagchi N, Bigos ST, Levy EG, et al. American Thyroid Association Guidelines for Detection of Thyroid Dysfunction. *Arch Intern Med.* 12 juin 2000; 160 (11): 1573.

Les déterminants de l'acceptabilité et du scepticisme du personnel du District Sanitaire de Sangalkam sur la vaccination anticovid-19 (Sénégal)

[Determinants of the acceptability and skepticism of Sangalkam Health District Staff on the anticovid-19 vaccination (Senegal)]

Bocar Baïla Diédhiou¹, Mbayang Ndiaye², El Hadji Makhtar Ba³, Mohamed Diabaté⁴, Marc Anibo Manga⁵, and Jean Augustin Diégane Tine⁶

¹Médecin du travail, District Sanitaire de Sangalkam, MSAS, Dakar, Senegal

²Psychiatre, épidémiologiste, ISED, FMPO, UCAD, Dakar, Senegal

³Professeur assimilé, psychiatre, FMPO, UCAD, Senegal

⁴Médecin du travail-Santé publique, Univ. Lyon, Claude Bernard Lyon 1, France

⁵Médecin du travail, Centre Hospitalier Régional de Ziguinchor, Senegal

⁶Maître de conférences titulaire en Santé Publique, FMPO, UCAD, Dakar, Senegal

Copyright © 2021 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: *Objective:* To identify the determinants of the acceptability and skepticism of health workers about the anticovid-19 vaccination during the covid-19 pandemic in Senegal. *Material and methods:* This was a cross-sectional, descriptive study carried out among health personnel in the Sangalkam Health District from May 1 to May 15, 2021. A questionnaire was sent to the various health professional categories in the district. Anonymity and confidentiality were guaranteed. The data collected was entered and processed with Excel version 2013 software. *Results:* The participation rate was 82.5% (n = 140). Women represented 83.6% (n = 117). The average age of the respondents was 36.8 years. The average number of years of experience was 9.8 years. Nursing aides were more represented (23.6%). The vaccine rate was 87.1% (n = 122). The inactivated BIBP vaccine (Sinopharm) was the most administered (93.4%). The side effects were minor or even moderate and affected 30.3% of the vaccinees. On the other hand, 12.9% (n = 18) of the respondents were not vaccinated. The main determinants of vaccine acceptance were concern for protection (68%) and compliance with instructions from the hierarchy (29.5%). Mistrust of the information received (61.1%), fear of rumors (57.2%) and side effects (28.6%) were the main reasons for vaccine refusal. *Conclusion:* Awareness and communication are essential to remove barriers to anticovid-19 vaccination and increase acceptability.

KEYWORDS: Health personnel, vaccination, sars-cov-2, perception, psychosocial acceptability, Senegal.

RESUME: *Objectif:* Identifier les déterminants de l'acceptabilité et du scepticisme du personnel de santé sur la vaccination anticovid-19 durant la pandémie de la covid-19 au Sénégal. *Matériel et Méthodes:* Il s'agissait d'une étude transversale, descriptive, menée chez le personnel de santé du District Sanitaire de Sangalkam du 1^{er} Mai au 15 Mai 2021. Un questionnaire était adressé aux différentes catégories professionnelles de santé du district. L'anonymat et la confidentialité étaient garantis. Les données recueillies étaient saisies et traitées avec le logiciel Excel version 2013. *Résultats:* Le taux de participation était de 82,5% (n=140). Les femmes représentaient 83,6% (n=117). La moyenne d'âge des enquêtés était de 36,8 ans. Le nombre moyen

d'année d'expérience était de 9,8 ans. Les aides infirmiers étaient plus représentés (23,6%). Le taux de vaccinés était de 87,1% (n=122). Le vaccin inactivé BIBP (Sinopharm) était le plus administré (93,4%). Les effets secondaires étaient mineurs voire modérés et affectaient 30,3% des vaccinés. Par contre, 12,9% (n=18) des enquêtés n'étaient pas vaccinés. Les principaux déterminants de l'acceptation vaccinale étaient le souci de protection (68%) et le respect des instructions venant de la hiérarchie (29,5%). Par contre, la méfiance sur les informations reçues (61,1%), la peur des rumeurs (57,2%) et des effets secondaires (28,6%) étaient les raisons principales du refus vaccinal. *Conclusion:* La sensibilisation et la communication sont essentielles pour lever les obstacles entravant la vaccination anticovid-19 et accroître l'acceptabilité.

MOTS-CLEFS: Personnel santé, vaccination, sars-cov-2, acceptabilité psychosociale, perception, Sénégal.

1 INTRODUCTION

La montée fulgurante et exponentielle de la covid-19 dans le monde, a suscité une course effrénée des firmes pharmaceutiques vers le développement de vaccins anticovid-19. Cela avait conduit à un développement historiquement rapide de ces derniers. Cette situation inédite avait réveillé et entretenu un sentiment collectif de méfiance à l'égard de cette vaccination; lequel sentiment était par ailleurs alimenté par les fausses nouvelles, vulgarisées à travers les réseaux sociaux. La vaccination restait tout de même une des stratégies les plus prometteuses pour réduire la dissémination du virus et sauver des vies [1]. Elle devait également permettre de réduire les mesures de restriction physique et sociale. Cependant, le scepticisme sur l'efficacité et la sûreté de ces vaccins avait gagné du terrain dans le monde, en général et au Sénégal en particulier. Ce sentiment était même présent chez les professionnels de santé. Deux éléments expliquaient cela. Il s'agissait d'une part, de l'usage de procédés techniques innovants et d'autre part, de la rapidité de leurs développements. Plusieurs candidats vaccins étaient développés à travers le monde mais deux étaient disponibles dans le paysage sénégalais. Il s'agissait du vaccin inactivé BIBP contre la Covid-19 et le vaccin AZD1222 développés respectivement par Sinopharm/China National et Astrazeneca. Malgré la présence de ces vaccins, la progression de la couverture vaccinale restait lente de manière générale et particulièrement chez les personnels de santé. Cela posait avec acuité la problématique de l'acceptabilité psychosociale de cette vaccination. Toutefois, aucune étude locale, à notre connaissance, ne s'était intéressée aux déterminants de ce problème. Ainsi, les auteurs s'étaient fixés comme objectif principal d'identifier les déterminants de l'acceptabilité et du scepticisme du personnel de santé sur la vaccination anticovid-19 durant la pandémie de la covid-19 au Sénégal en secteur publique.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Au Sénégal, le district sanitaire constitue la base de la pyramide sanitaire et représente une entité géographique, opérationnelle et administrative qui offre des services et des soins de santé aux populations. C'est le niveau le plus décentralisé ou périphérique du système de santé. La pyramide sanitaire locale se fondait ainsi sur ces districts, d'un nombre total de 79 sur l'ensemble du territoire national.

Nous avons procédé à un choix raisonné, non probabiliste du District sanitaire de Sangalkam. Ce choix était motivé par notre présence dans cette circonscription médicale. Cette dernière est créée par l'arrêté ministériel N°031575/MSAS/SG/BL du 31/12/2019. Sa superficie était de 195 Km² soit le tiers de la région de Dakar, la capitale administrative du Sénégal. Sa population était estimée à 175 000 habitants en 2021. Il polarise quatre communes: Sangalkam, Bambilor, Jaaxay et Tivaoune Peul.

Il s'agissait d'une étude transversale, descriptive menée dans le District Sanitaire de Sangalkam durant la période du 1^{er} au 15 mai 2021. Nous avons utilisé un questionnaire anonyme adressé aux différents agents de santé du district. Cet outil renseignait sur les caractéristiques socioprofessionnelles du personnel (sexe, âge, situation matrimoniale, profession, nombre d'années d'exercice), la vaccination (statut vaccinal, type de vaccin reçu, nombre de doses reçues, existence ou non d'effets secondaires, préférence vaccinale), les déterminants du choix vaccinal du personnel. Les données recueillies étaient saisies et traitées avec le logiciel Excel version 2013.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Cent quarante questionnaires étaient renseignés soit un de taux de réponse de 82,5%. Les femmes représentaient 83,6% (n=117) et les hommes 16,4% (n=23) soit, un sex-ratio de 0,2. Les mariés étaient plus nombreux soit 70,7% (n=99). Les célibataires, veuves et divorcées représentaient respectivement 26,4% (n=37), 2,1% (n=3) et 0,7% (n=1). La moyenne d'âge des agents était de 36,8 ans (± 11). Le nombre moyen d'années d'exercice professionnel était de 9,8 ans ($\pm 6,9$). Les aides infirmiers étaient les plus représentés (cf tableau I).

Tableau 1. Répartition du personnel selon la profession

Professions	Effectifs (n)	Proportions (%)
Aides infirmiers	37	26,4
Assistants infirmiers	20	14,3
Assistants sociaux	4	2,9
Sages-femmes	19	13,6
Infirmiers	18	12,9
Vendeurs de médicaments	9	6,4
Matrones	12	8,6
Agents administratifs	2	1,4
Laborantin	1	0,7
Techniciennes supérieures	2	1,4
Médecins	3	2,1
Techniciennes surface	5	3,6
Vigile	1	0,7
Maintenancier	1	0,7
Chirurgienne dentiste	1	0,7
Chauffeur	1	0,7
Vendeur de tickets	4	2,9
Total	140	100

3.2 VACCINATION

Quatre-vingt-sept virgule 1 pour cent (n=122) des agents de santé étaient vaccinés. Par contre, 12,9% (n=18) n'étaient pas vaccinés.

3.2.1 RAISONS DE L'ACCEPTATION DE LA 1ÈRE DOSE VACCINALE

Soixante-huit pour cent (n=83) des agents vaccinés mettaient en avant le pouvoir protecteur de la vaccination (cf figure 1).

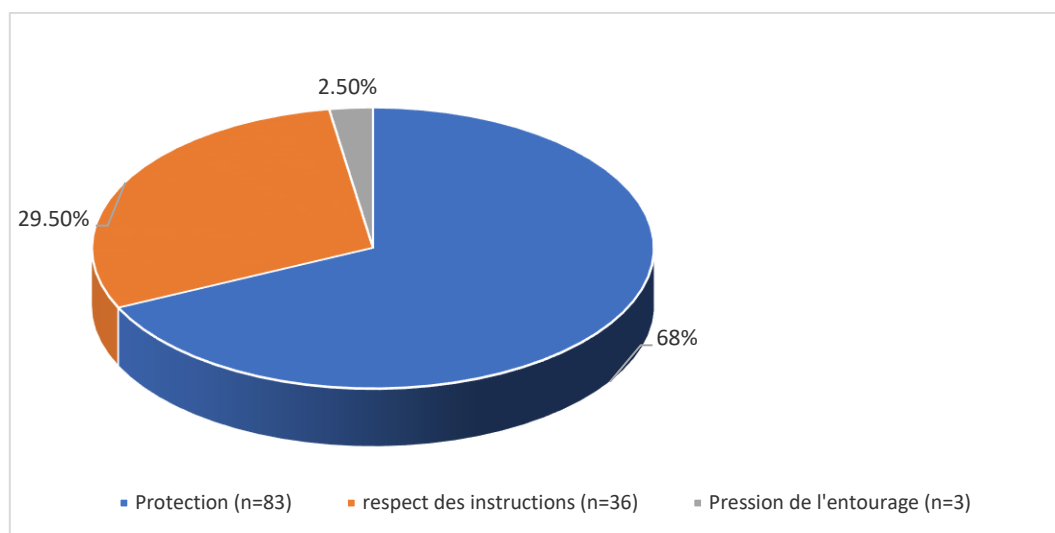


Fig. 1. Répartition du personnel enquêté selon les raisons évoquées pour leur acceptabilité vaccinale

3.2.2 RAISONS ÉVOQUÉES POUR LE REFUS VACCINAL

Soixante-et-un pour cent (n=83) des agents non vaccinés doutaient de l'efficacité et de la sûreté vaccinale (cf figure 2).

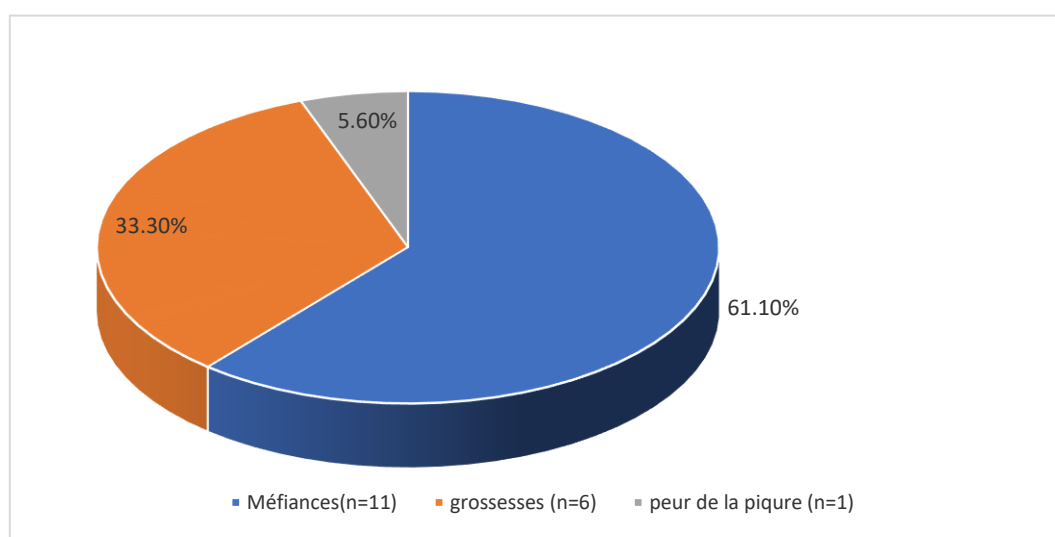


Fig. 2. Répartition des agents non-vaccinés selon les raisons évoquées pour le refus de la vaccination

3.2.3 PRISE DE LA 2^{IÈME} DOSE VACCINALE

La complétude vaccinale était de 73,5% (n=103). Quatorze (11,4%) parmi les bénéficiaires de la 1^{ière} dose n'avaient pas pris leur 2^{ième} dose.

3.2.4 LES RAISONS DU REFUS DE LA 2^{IÈME} DOSE

La peur des effets secondaires (57,2%) était la raison la plus énumérée pour refuser la 2^{ième} dose vaccinale (cf tableau II).

Tableau 2. Répartition selon le motif de la non prise de la 2^{ème} dose

Motifs de la non prise de la 2 ^{ème} dose	Effectifs (n)	Proportions (%)
Peur des effets secondaires liés aux rumeurs	8	57,2
Peurs des effets secondaires	4	28,6
Peur de la pique	1	7,1
Grossesse	1	7,1
Total	14	100

3.2.5 TYPE DE VACCIN PRIS

La plupart du personnel étaient vaccinés avec le vaccin inactivé BIBP développé par Sinopharm/China National (93,4%). Les autres avaient bénéficié du vaccin AZD1222 développé par Astrazeneca (6,6%).

3.2.6 EFFETS SECONDAIRES

Au total, 37 agents avaient notifié des effets secondaires mineurs voire modérés (30,3%) durant la prise de la 1^{ère} dose (cf figure 3). Durant la prise de la 2^{ème} dose vaccinale, 16 agents avaient manifesté des effets secondaires (cf figure 4). Dix agents avaient notifié des effets secondaires à la fois lors de la prise de la 1^{ère} et de la 2^{ème} dose.

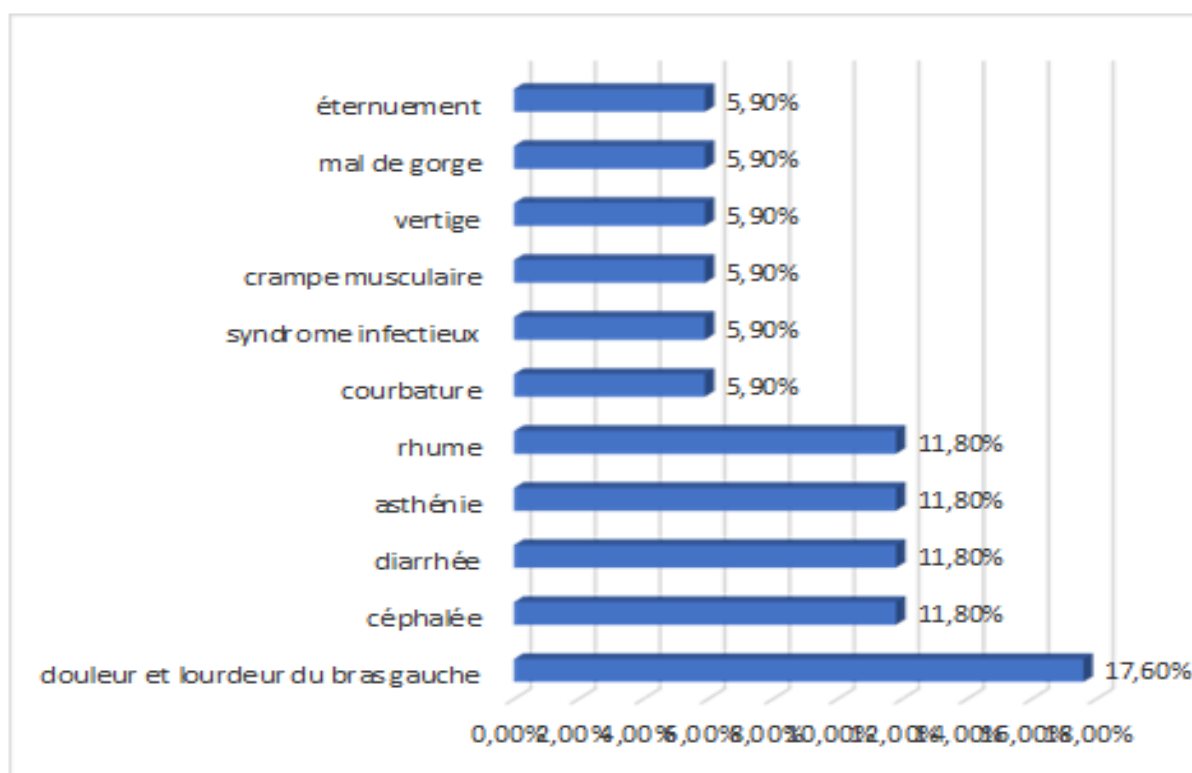


Fig. 3. Effets secondaires évoqués par les agents après leur 1^{ère} dose vaccinale sans préjugé du type vaccinal

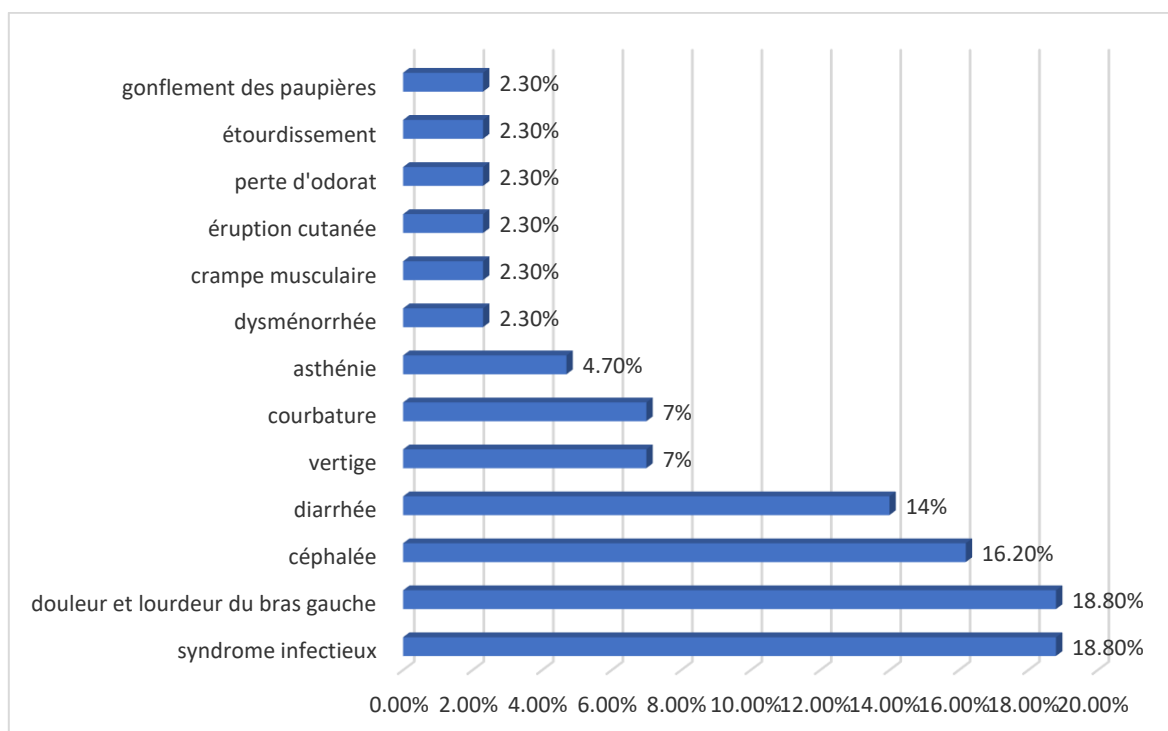


Fig. 4. Effets secondaires évoqués par les agents après leur 2^{ème} dose vaccinale

Par rapport à la préférence vaccinale, 89% des enquêtés préféraient le sinopharm contre 11% pour le vaccin astrazeneca.

4 DISCUSSION

L'intérêt porté par le personnel (82,5% de taux de participation) à cette étude était lié à l'ampleur de la problématique suscitée par la vaccination anticovid-19 au sein de toutes les couches sociales du pays. Cela a généré des positions mitigées chez le personnel de santé et surtout avec l'avènement et les notifications de cas de thromboses liées au AZD1222 développé par astrazeneca dans le monde. Ainsi, les rumeurs et la crainte des effets secondaires ont eu un impact négatif sur la campagne de vaccination.

Dans notre étude, la prédominance féminine était observée. Cela traduit une tendance à la féminisation de la profession médicale et paramédicale [2]. L'âge moyen de 36,8 ans confirme la relative jeunesse du personnel de santé à l'image de la population sénégalaise. La prédominance des aides-soignants était liée à un déficit en ressources humaines qualitativement et quantitativement dans ce nouveau district.

La plupart des agents de santé ont été vaccinés contre la covid-19 (85,6%). Ce taux assez élevé serait corrélable à la peur générée par la contamination massive du personnel de santé dans le district. En effet, les districts sanitaires ont joué un rôle de première ligne dans la lutte contre la covid-19 au Sénégal. Ils ont contribué activement au dépistage des cas suspects, à la prise en charge des cas positifs et au suivi des sujets contacts. Cette place primordiale des districts, a contribué à accroître la contamination du personnel. De surcroît, plusieurs cas de décès liés à la covid-19 ont été enregistrés au sein de la population autochtone. Cette peur a été un canalisateur de la vaccination massive du personnel. Une gravité perçue et une peur de la covid-19 étaient positivement associées à une acceptation plus élevée du vaccin [3]. Nos résultats contrastent avec ceux trouvés en Egypte et au Congo, où de faibles taux d'acceptation ont été retrouvés, respectivement, 21% et 28 % [4], [5]. En Italie, le taux d'acceptation du vaccin anti-covid-19 chez les étudiants était de 86,1% [6]. Dans notre étude, la plupart des agents de santé étaient vaccinés avec le vaccin inactivé BIBP développé par sinopharm (93,4%). Ceci s'explique par le fait que ce vaccin d'origine chinoise était le premier vaccin anticovid-19 obtenu par le Sénégal. Ainsi, il a été attribué sélectivement aux agents de santé et aux personnes vulnérables (personnes âgées de 60 ans, celles présentant des tableaux de comorbidité). Le restant du personnel vacciné avec le vaccin AZD1222 (astrazeneca) (6,6%), faisaient partis pour la plupart, des agents qui étaient réticents lors du démarrage de la vaccination avec le vaccin inactivé BIBP (sinopharm). Entre temps, avec la rupture des doses du vaccin inactivé BIBP (sinopharm) et l'avènement des vaccins AZD1222 (astrazeneca), ils étaient obligés de se vacciner

avec ce vaccin. Il convient aussi de préciser que durant la période d'étude, le vaccin inactivé BIBP (sinopharm) et le vaccin AZD1222 (astrazeneca) étaient les seuls vaccins disponibles. La majorité du personnel était de niveau scolaire et moyen, relativement bas. En effet, ces gens ont souvent tendance à se conformer aux recommandations de la hiérarchie. Cela traduit dans une certaine mesure, un sentiment de manque de liberté.

Au cours de la prise de la première dose vaccinale, 12,9% (n=18) des enquêtés n'étaient pas vaccinés. Les déterminants de l'abstention vaccinale étaient surtout la méfiance (61,1%) relative aux informations reçues. En Egypte, les raisons de l'hésitation vis-à-vis des vaccins anticovid-19 étaient, l'absence d'essais cliniques suffisants (92,4%) et la peur des effets secondaires (91,4%) [4]. Des taux importants de méfiance à l'égard des vaccins anticovid-19 sont rapportés chez le personnel de santé [4], [5]. Les principales sources d'informations du personnel de santé sont, les collègues, les médias sociaux et les articles scientifiques publiés [7]. Dans la littérature, les raisons du refus et de l'hésitation les plus courantes étaient une connaissance insuffisante de l'innocuité des vaccins et l'absence d'essais cliniques suffisants. Ainsi, un niveau élevé de préoccupations relatives à la sécurité des vaccins anticovid-19 a été notifié [8], [9], [10]. En effet, plusieurs doutes subsistaient dans les informations mises à la disposition des professionnels de santé. Le manque d'informations a été évoqué aussi en tant que raison de l'hésitation vaccinale dans certaines études [4]. Dans notre contexte sénégalais, les discours alternatifs avec l'apport des réseaux sociaux au sujet des vaccins (rumeurs, théories du complot, fausses informations) étaient nombreux et controversés. Cela comblait le déficit d'informations et renforçait l'angoisse des agents de santé. Les délais d'essai court et la course effrénée pour la réalisation des vaccins ont suscité plusieurs inquiétudes et réserves. Par ailleurs, des craintes inhérentes à la vaccination forcée et obligatoire circulaient également, contribuant à accroître la peur, la méfiance et les idées conspirationnistes. La grossesse était le 2^{ème} motif de refus vaccinal (33,3%) chez les enquêtés lors de la prise de la première dose. En effet, le défaut d'informations suffisantes et précises déterminait ce choix.

Durant la prise des deuxièmes doses vaccinales, 11,4% (n=14) des bénéficiaires de la première dose avaient préféré s'abstenir. Parmi les raisons, la peur des rumeurs (57,2%) constituait le motif prédominant. En effet, durant cette période, plusieurs inquiétudes ont été soulevées, relatives à la composition des vaccins, aux essais cliniques précipités, à l'usage de nouvelles technologies (vaccins à ARN, vecteurs viraux). Cela a eu même un impact négatif sur le taux de vaccinés au sein de la population autochtone. Ainsi, les agents de santé les plus sceptiques, ont eu les pires résultats en termes de taux de vaccination dans leur zone de responsabilité médicale. Cette période avait coïncidé avec l'explosion des rumeurs au niveau mondial et la notification de cas de thromboses corrélables au vaccin AZD1222 (astrazeneca) en Europe. Certains pays ont dû suspendre provisoirement la vaccination augmentant le doute du personnel de santé. Dans le district, deux cas de thromboses observées chez des personnes vaccinées avec le vaccin AZD1222 (astrazeneca) avaient renforcé la polémique. Cette situation a affecté considérablement le moral du personnel de santé qui devenait de plus en plus indexé, voire stigmatisé. Certains infirmiers étaient psychologiquement affectés et avaient manifesté une crainte quant à la poursuite de la vaccination dans leur zone de responsabilité médicale. Toutefois, aucune relation de causalité n'a pu être prouvée. Des enquêtés avaient notifié avoir été dissuadés par leur entourage pour refuser la 2^{ème} dose de vaccin. Chez d'autres, le refus de la 2^{ème} dose était lié aux effets secondaires observés lors de la première prise (28,6%). Ainsi, la crainte d'une reviviscence de la première expérience mal vécue, justifie leur refus et renforce leur scepticisme. Par ailleurs, la peur des piqûres était aussi évoquée. En effet, les réseaux sociaux avaient joué aussi un rôle primordial dans la dissémination des fausses informations renforçant davantage la peur. Par ailleurs, il convient donc de préciser que l'attitude vaccinale n'est pas seulement influencée par le niveau de connaissances en matière de santé, mais probablement aussi par d'autres facteurs motivationnels et psychologiques, y compris le bon sens quant à la valeur de la vie civique et de la solidarité sociale [11].

5 CONCLUSION

Les professionnels de santé ont un rôle prépondérant dans la communication et la promotion de la vaccination anticovid-19. Il convient de retenir que, la rapidité de la mise sur le marché des vaccins anticovid-19 et l'absence de données fiables sur la durée de protection et les effets sur le long terme des vaccins, sont les déterminants du scepticisme des professionnels de santé. Or, cela peut impacter négativement sur la suite de la vaccination globale de la population. En effet, la réussite de la vaccination au sein de la population passe d'abord par une acceptabilité sans faille des vaccins anticovid-19 auprès du personnel de santé. Pour ce faire, la sensibilisation et la communication sont essentielles pour lever les obstacles.

REFERENCES

- [1] Centers for Disease Control and Prevention. Different COVID-19 Vaccines, 2020. [Online] Available: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/mm7006e3.htm> (8 mai 2021).
- [2] Diédhiou BB, Ba EHM, Coly O, Ba F, Tine JAD, Sankharé B. Impacts psychologique, physiologique, somatique et socioprofessionnel du travail de nuit chez le personnel du centre hospitalier régional de Kolda (Sénégal). *IJIAS*, vol. 26, pp. 582-588, 2019.
- [3] Reiter PL, Pennell ML, Katz ML. Acceptability of a COVID-19 vaccine among adults in the United States: How many people would get vaccinated? *Vaccine*, vol. 38, no. 42, pp. 6500-6507, 2020.
- [4] Fares S, Elmnyer MM, Mohamed SS, Elsayed R. Ccovid-19 Vaccination Perception and Attitude among Healthcare Workers in Egypt. *Journal of Primary Care & Community Health*, vol. 12, pp. 1-9, 2021.
- [5] Kabamba Nzaji M, Kabamba Ngombe L, Ngoie Mwamba G, et al. Acceptability of vaccination against COVID-19 among healthcare workers in the Democratic Republic of the Congo. *Pragmat Obs Res*, vol. 11, pp. 103-109, 2020.
- [6] Barelllo S, Nania T, Dellafiore F, Graffigna G, Caruso R. "Vaccine hesitancy" among university students in Italy during the COVID19 pandemic. *Eur J Epidemiol*, vol. 35, no. 8, pp. 781-783, 2020.
- [7] Shekhar R, Sheikh AB, Upadhyay S, et al. COVID-19 vaccine acceptance among health care workers in the United States. *Vaccines (Basel)*, vol 9, pp. 119, 2021.
- [8] Gadoth A, Halbrook M, Martin-Blais R, Gray A. et al. Cross-sectional assessment of COVID-19 vaccine acceptance among health care workers in Los Angeles. *Ann Intern Med*, vol. 174, no. 6, pp. 882-885, 2021.
- [9] Grech V, Gauci C, Agius S. Withdrawn: vaccine hesitancy among Maltese Healthcare workers toward influenza and novel COVID-19 vaccination. *Early Hum Dev*, vol 1, pp. 105213, 2020.
- [10] Detoc M, Bruel S, Frappe P, Tardy B, Botelho-Nevers E, Gagneux-Brunon A. Intention to participate in a COVID-19 vaccine clinical trial and to get vaccinated against COVID19 in France during the pandemic. *Vaccine*, vol. 38, no. 45, pp. 7002-7006, 2020.
- [11] Harrison EA, Wu JW. Vaccine confidence in the time of COVID19. *Eur J Epidemiol*, vol. 35, no. 4, pp. 325-330, 2013.

Enjeux de pouvoir local et d'intérêt divergent dans l'offre de service public décentralisé au Bénin: Cas des activités d'alphabétisation dans la commune d'Athiémé

[Issues of local power and of divergent interest in the provision of decentralized public service in Benin: The case of literacy activities in the commune of Athiémé]

Gbaguidi Arnould Gabriel

Maitre de conférences des Universités du CAMES, Département des Sciences et Techniques des activités Socio-Educatives, 01 BP 169 INJESPS, UAC Porto-Novo, Benin

Copyright © 2021 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 actions of the State of Benin and the contributions of Technical and Financial Partners (PTF) registered in recent years at the national level to support and accompany Literacy and Adult Education (AEA) have not enough to give new impetus to this sub-sector. This is how the commune of Athiémé still has very little involvement in the sub-sector with the lowest literacy rate (38, 80%) according to INSAE (2013). In this work, we have chosen to analyze how the issues of local power and interest diverge from local authorities in the public service offer in the era of decentralization in Benin through the lack of political will of local elected officials, the influence of political leaders in the provision of public services and the play of plural powers of local elected officials generated by decentralization explain the non-involvement of the municipality of Athiémé in the AEA sub-sector. To better understand our problem, we used the qualitative approach, which made it possible to carry out individual interviews with 91 people spread over all the categories of actors concerned to explain the phenomenon to Athiémé. At the end of this research, the analysis allows us to identify the major causes of Athiémé's non-involvement in the AEA sub-sector which are, among others, the context of the strong politicization of the municipal council through interest. diverge from local political actors, fear of the loss of local power of Athiémé's political actors.

KEYWORDS: literacy, adult education, non-involvement, politicization, governance.

RESUME: Les contributions des différentes catégories d'acteurs au cours de ces dernières années au plan national pour soutenir et accompagner l'Alphabétisation et de l'Education des Adultes (AEA) n'ont pas suffi à donner un nouvel élan à ce sous-secteur. C'est le cas dans la commune d'Athiémé qui connaît encore une très faible implication dans le sous-secteur avec le taux d'alphabétisation le plus faible. Dans ce travail, il a été question d'analyser en quoi les enjeux de pouvoir local et d'intérêt divergent des autorités locales ont un impact sur l'offre de service public à l'ère de la décentralisation au Bénin à travers le manque de volonté politique des élus locaux, l'influence des dirigeants politiques dans l'offre des services public et le jeu de pouvoirs pluriels des élus locaux engendrés par la décentralisation expliquent la non-implication de la commune d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA. Pour mieux appréhender notre problématique, nous avons utilisé l'approche qualitative, ce qui a permis de réaliser des entretiens individuels avec 91 personnes réparties sur l'ensemble des catégories d'acteurs concernés pour expliquer le phénomène à Athiémé. Au terme de cette recherche, l'analyse a permis de décrire les causes majeures de la non-implication d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA qui sont entre autres, le contexte de forte politisation du conseil communal par l'intérêt divergent des acteurs politiques locaux, la peur de la perte du pouvoir local des acteurs politiques d'Athiémé.

MOTS-CLEFS: alphabétisation, éducation des adultes, non-implication, politisation, gouvernance.

1 INTRODUCTION

Le Bénin, à l'instar de plusieurs pays du sud du Sahara a mis un accent particulier sur le développement d'une éducation de base de qualité pour toutes les couches socioprofessionnelles de la population. (Garba, 2016). En effet, s'il n'existe plus dans certains pays développés de problème d'accès à une éducation de qualité, l'Alphabétisation et l'Education des Adultes (AEA) continuent de poser problème dans la plupart des pays en développement. Selon l'UNESCO (2008), les services alternatifs d'éducation, tels que l'éducation non formelle et les programmes d'alphabétisation, fournissent des opportunités d'apprendre aux enfants, aux jeunes et aux adultes qui n'ont pas pu accéder à l'école. Toutefois, le plus souvent, ces services sont considérés à tort comme des systèmes de rattrapage ou de second ordre. Dans la plupart des cas, ceux-ci ne reçoivent pas l'appui suffisant des gouvernements, en termes de volonté politique et de ressources humaines, matérielles et financières.

Au Bénin, afin d'amorcer et développement local et la décentralisation des activités d'AEA, des textes législatifs régissant le sous-secteur ont été pris à différentes périodes de la décennie 1997-2007. Il s'agit de la loi n°97-029 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes du Bénin qui, en son article 99 prescrit aux communes de promouvoir les langues nationales à travers des dispositions suivantes: « *la commune doit veiller à la promotion des langues nationales en vue de leur utilisation sous forme écrite et orale* » (Recueil de loi de décentralisation, 1999). Vu que l'enjeu majeur de cette décentralisation reste avant tout le transfert des compétences statutaires de l'État central vers les collectivités locales, les textes sur la décentralisation confèrent beaucoup de compétences aux collectivités locales: compétences exclusives, compétences partagées et compétences déléguées (Kpatchavi, 2009). Parmi les secteurs et sous-secteurs concernés par ces compétences, on peut citer " l'alphabétisation et l'éducation des adultes ". Ces indices (non indicateurs plutôt) confirment que la responsabilité d'assurer l'AEA aux administrés des collectivités locales relève des compétences et des attributions des communes. Cependant, bien que la gestion des services d'activités du sous-secteur de l'AEA relève des compétences et des attributions des collectivités locales, les résultats atteints dans le sous-secteur diffèrent d'une collectivité à une autre au sein du même pays à cause du fait que le développement d'activités du sous-secteur de l'AEA est souvent classé au second plan, voir oublié dans les Plans de Développement Communaux (PDC) (Gaglozoun et Amouzou, 2013). Avec un taux d'alphabétisation de 38,80% (INSAE, 2013), la commune d'Athiémé fait partie des communes qui n'a pas connu de progrès substantiel dans le sous-secteur. Ce constat qui témoigne des disparités observées ces dernières années en matière d'AEA par les services communaux trouve ses sources dans un ensemble de facteur qui favorise la non-implication de la commune dans la délivrance et la gestion des services du sous-secteur de l'AEA, car souvent considérés comme non prioritaire par le conseil communal. On peut constater que la situation de l'offre des services du sous-secteur de l'AEA au niveau de la commune d'Athiémé pose problème. C'est pour comprendre les déterminants de ce phénomène de la non-implication de la Mairie d'Athiémé dans les activités du sous-secteur de l'AEA que nous avons estimé que les pratiques réelles de gouvernance des acteurs locaux en matière de gestion des activités du sous-secteur de l'AEA méritent d'être examinée sous l'angle des considérations sociopolitiques.

2 MONOGRAPHIE D'ATHIÉMÉ

La commune d'Athiémé est située à environ 8km de la ville de Lokossa (par l'axe Lokossa, Athiémé, Cotonou) et à 104 km de la ville de Cotonou. Elle couvre une superficie de 238 km² soit 14,83 % du département Mono. Elle est limitée au Nord par la commune de Lokossa, au Sud par la commune de Grand-Popo, à l'Est par la commune de Houéyogbé et à l'Ouest par la République Togolaise avec laquelle, elle partage une frontière naturelle qui est le fleuve Mono. D'une population estimée à 56.483 habitants dont 27.562 de sexe masculin (48,80%) et 28.921 de sexe féminin (51,20%), la commune d'Athiémé compte 05 arrondissements (Athiémé-centre, Kpinnou, Atchannou, Dédékpòè et Adohoun) qui sont subdivisés en 47 villages et quartiers de ville.

Le peuplement de la commune d'Athiémé reste dominé par deux groupes ethniques majoritaires: *kotafon* (60 %) et *Aja Talla* (30 %). Ce peuplement s'est fait de façon progressive dans le temps et l'espace à travers des courants migratoires. On y trouve d'autres groupes ethniques minoritaires: les Waci (5 %), les Mina, les Pédah, les Sahouè, les Haoussa et les Yorubas.

Le pouvoir politique moderne a été créé et fonctionne selon les lois républicaines depuis l'avènement de la décentralisation qui en a fixé les modalités d'exercice. Ainsi les Chef de village, Chef d'arrondissement, le Maire et son Conseil sont installés et fonctionnent selon les prérogatives conférées par le décret 029-99 du 15 Janvier 1999.

Dans la commune d'Athiémé la plupart des familles font le mariage coutumier qui reste en vogue dans la localité. On observe depuis un temps l'apparition de plus en plus de mariages religieux catholiques et très peu de mariages civils.

Basée sur un mode de structuration traditionnelle, la femme d'Athiémé est placée dans un rôle de second rang malgré sa grande implication dans la vie économique du ménage et de la cité.

Du point de vue éducatif, les infrastructures éducatives sont réparties par niveau ci-après:

- 38 écoles primaires;
- 8 Collèges d'enseignement général (CEG);
- 4 Cours d'Eveil et de Stimulation de l'Enfant (CESE);
- 1 centre d'alphabétisation;
- La disponibilité de 66 % de salles de classe en matériaux définitifs et en bon état pour les enseignements maternels et primaires et
- La disponibilité dans les écoles communales de 11 logements d'enseignants et de 3 cantines actuelles.

3 MÉTHODES ET MATÉRIELS

La présente étude porte sur les enjeux de pouvoir local et d'intérêt divergent dans l'offre de service public d'alphabétisation dans la commune d'Athiémé à l'ère de la décentralisation. Elle adopte une démarche qualitative dont l'échantillonnage est fait par choix raisonné parce que le choix des interviewés est basé sur notre jugement (Sanséau, 2005) à partir de certaines caractéristiques. Dans cette condition et compte tenu de la nature de la recherche, seul le procédé de saturation a permis de déterminer la taille de l'échantillon qui est de quatre-vingt-onze (91). Deux techniques de collecte des données sont ciblées: l'observation et l'entretien semi-directif. L'observation des comportements sujets et des centres d'alphabétisation a consisté à regarder de près les attitudes des enquêtés et les formes des infrastructures et matériels d'alphabétisation présents dans la commune d'Athiémé. Le dépouillement des données de terrain a été manuel et a consisté à regrouper les données d'enquêtes par catégorie suivant les différentes applications du guide d'entretien et de la grille d'observation. Ce travail a été saisi et traité dans le logiciel « Word ». Le modèle d'analyse des données brutes dans le cadre de cette étude est l'approche stratégique de Crozier et Friedberg (1970) priorisant le système et met l'accent en effet sur l'acteur (individu ou ensemble d'individus) dans son système d'action.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les services dits publics permettent aux personnes « *titulaires* » du statut de citoyen de bénéficier d'un accès à divers produits ou prestations, selon des conditions régies par la puissance publique. À ce titre, ils concourent à l'équilibre économique et à la cohésion sociale et culturelle de la société (Besnier, 2008). Cependant, diverses pratiques ont émergé au cours de ces dernières années en matière de gouvernance des services publics et varient selon qu'on est dans tel ou tel domaine et selon les compétences des collectivités locales. Dans le secteur de l'éducation de façon générale, les indicateurs des pratiques de gouvernance du sous-secteur de l'AEA dans les collectivités locales, explicatifs de la non-implication à la Mairie d'Athiémé sont liés aux enjeux politiques locaux et d'intérêt divergent engendrés par les contextes sociopolitiques.

4.1 CONTEXTES SOCIOPOLITIQUES ET ENJEUX DE POUVOIR ET D'INTÉRÊT DIVERGENT AUTOUR DE L'ALPHABÉTISATION À ATHIÉMÉ

Ce point de la recherche analyse le poids des enjeux de pouvoir des dirigeants dans la programmation des services publics en général et l'AEA en particulier dans le contexte sociopolitique la commune d'Athiémé. Il scrute enfin l'intérêt divergent que chaque service public de base représente pour les acteurs politiques locaux d'Athiémé, cause de la faible appropriation dans le sous-secteur de l'AEA.

4.1.1 ENJEUX DE POUVOIR DES AUTORITÉS POLITIQUES LOCALES D'ATHIÉMÉ AUTOUR DE L'ALPHABÉTISATION

Les dynamiques politiques liées aux enjeux de pouvoir peuvent être mises en exergue avec un certain nombre de déterminant structurels pour expliquer la faible appropriation d'Athiémé en matière d'AEA. Ces facteurs structurels comme le poids démographique des localités, les modes de diffusion des pratiques politiques locales, la localisation géographique sont des éléments que les élus locaux tiennent compte, de façon plus ou moins implicite, dans la définition de leur politique (Haschar-Noé, 2007). En effet, les pratiques de gouvernance des services publics d'AEA qui s'exercent dans les collectivités locales au Bénin en général et en particulier à Athiémé sont ponctuées de multiples enjeux dont celui de pouvoir. En dehors des compétences et responsabilités reconnues par les textes en vigueur aux collectivités locales en matière de promotion des langues nationales par l'AEA, l'enjeu lié au pouvoir politique local constitue de ressource stratégique que les acteurs politiques développent dans l'offre des activités d'AEA à Athiémé. Cet enquêté le démontre en ces termes:

« Je note toujours qu'avec le conseil communal, la planification d'un service public dans le PDC est souvent liée des enjeux politiques, c'est-à-dire au pouvoir. On programme des projets de délivrance de services publics dans le PDC pour des raisons politiques, partisans et corporatistes. Les domaines dans lesquels ils "parlant des responsables politiques" ne voient pas de l'acquis politique sont laissés sur le carreau. Et toujours, c'est l'AEA qui subissent ça ». (Agent d'alphabétisation, Athiémé).

De ces types de discours, on peut comprendre que la délivrance ou l'office des services publics par cette approche d'opération sociale basée sur l'enjeu politique, est perçue sous l'angle de sa récupération idéologique contextualisée par des logiques et des jeux d'intérêts et de pouvoirs locaux pluriels (Yao, 2010). Ainsi, l'implication dans les activités de l'AEA par les autorités politiques locales comme approche de changement social, implique ici l'analyse des relations sociales qui le sous-tendent notamment, la politisation de l'offre de service public, le clientélisme politique. Cette tendance de la gouvernance des services publics sur la base de ces enjeux constitue des obstacles à des secteurs moins porteurs de crédit politique auprès des acteurs comme l'AEA.

Dans cette perspective, l'AEA, sous-secteur que les collectivités locales délaissent dans la planification des projets de développement local dans le PDC, subissent le procès des enjeux de pouvoir, toute chose qui handicape l'implication de la Mairie en vue de la contribution effective du sous-secteur au processus de développement à la base.

Aussi, l'autre déterminant explicatif de l'enjeu de pouvoir en matière d'implication des acteurs politiques d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA est le fait que le sous-secteur est confronté à des problèmes en matière de mise en œuvre des programmes d'AEA à cause des difficultés liées à la mesure de leurs impacts. Pour eux, les difficultés d'appréciation de la performance d'un programme d'AEA revient à apprécier si ses résultats seraient efficaces après la mise en œuvre et efficace dans l'atteinte des objectifs définis. Ils peinent à mesurer la performance d'un programme d'AEA au moyen des indicateurs comme des faits, mesures, quantités, opinions ou perceptions qui aident à mesurer les progrès entre les changements. A Athiémé, les acteurs avancent ces raisons pour justifier la faible appropriation dans le sous-secteur en jouant sur les impacts de l'AEA pour les actions politiques de développement et sur l'incidence sur le quotidien des populations. Ce manque d'intérêt motivé par des enjeux politiques ne sont pas de nature à créer des conditions pour une implication de l'AEA dans les projets de développement de la commune. Ces analyses nous renseignent sur le niveau réel d'implication des collectivités locales dont Athiémé en matières d'AEA.

4.1.2 MANQUE DE VOLONTÉ POLITIQUE DES ÉLUS LOCAUX D'ATHIÉMÉ DANS LE SOUS-SECTEUR DE L'ALPHABÉTISATION ET DE L'ÉDUCATION DES ADULTES

Au nombre des multiples facteurs de la faible appropriation d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA, nous avons constaté que le manque de volonté politique des élus locaux d'Athiémé occupe une place non négligeable. En effet, sur l'ensemble des sites investigués dans la commune d'Athiémé, la plupart des populations analphabètes ont pointé du doigt le manque de volonté politique des membres du conseil communal censés intégrer les projets relatifs au sous-secteur de l'AEA dans les documents de planification, en occurrence le PDC. Pour ces populations, les acteurs politiques d'Athiémé manquent pour la plupart de volonté à allouer des ressources et des financements au sous-acteur de l'AEA. On comprend mieux cette conception à travers les déclarations de cet informateur :

« Le plus grand mal dont souffre le sous-secteur de l'AEA à Athiémé, c'est avant et après tout le manque de volonté politique des dirigeants politiques. Ils (les membres du conseil communal) ne voient aucune importance à accorder des ressources financières à ce sous-secteur. J'assiste aux sections du conseil communal. Je défends le sous-secteur. Ils prévoient de ligne budgétaire à l'AEA, mais dans le PDC, aucune ressource financière n'est dédiée pour un programme d'AEA. Dans les plans de travail annuel, rien n'est réservé pour le volet alphabétisation. Et ceci pendant des années. Dans ce cas, on peut croire que c'est un manque de volonté politique qui en est la cause de cet état de chose qu'on observe à Athiémé ». (Agent d'Alphabétisation, Athiémé).

De ces propos, on peut comprendre qu'Athiémé, lorsqu'un domaine de développement à la malchance de n'être pas important pour les autorités politiques en exercice, il y a plus de risques que ce domaine ne recueille l'assentiment du conseil communal pour être inscrit dans les documents de planification comme projets de développement. De ce point de vue, il se dégage un lien très étroit entre la volonté politiques des élus locaux d'Athiémé et la faible appropriation dans le sous-secteur de l'AEA. Par ailleurs, selon CONFINTEA (2007), comme au Bénin, le financement des activités d'éducation et de formation des adultes relève du rôle régalien de l'Etat qui a toujours alloué des ressources dont l'importance variait en fonction des priorités de développement, la commune d'Athiémé s'inscrit dans cette logique qui consiste à allouer des moyens aux services publics en fonction de leur importance et de leurs priorités pour le développement local. Cette conception qui s'apparente progressivement comme une norme sociopolitique entraîne pour conséquence, le délaissement de certains domaines de

développement au profit d'autres. De ce fait, la volonté politique affichée par les acteurs politiques au début de la mise en œuvre du processus de décentralisation se trouve aujourd'hui confronter à un désengagement sociopolitique des acteurs pour une implication favorable à tous les secteurs de développement dont l'AEA, sous-secteur relevant de leurs domaines de compétences. Pour cet enquête:

« On a tendance à croire que les services publics qui sont du ressort des communes conformément à la loi de décentralisation trouvent leurs raisons d'être en fonction de leur poids politiques pour les politiciens. La politique est entrée dans tout, même planifier un projet au profit des populations fait objet de calcul politique. Dans ce cas, le sous-secteur de l'AEA dont les retombés politiques sont difficiles à mesurer pour les dirigeants politiques du point de vue réalisation politique est délaissé, oublié même ». (Responsable d'ONG intervenant dans le sous-secteur de l'AEA à Athiémé).

Il ressort de ces discours qu'une forme de réticence sur la mesure des résultats politiques de l'AEA s'est emparée des élus locaux, toute chose qui s'explique par le manque de volonté dans le sous-secteur à Athiémé. Plus encore, même les quelques mutations politiques intervenues au sein des différents conseils communaux n'ont pas fait avancer la situation du sous-secteur de l'AEA dans la commune. Cette tendance a fortement limité la capacité des rares structures encore fonctionnelle dans le sous-secteur à répondre de façon adéquate à la demande des besoins en terme d'acquisition de notion en AEA pour quelques associations villageoises encore déterminées à se faire alphabétiser. Toute chose qui fait observer à ce stade que le sous-secteur de l'AEA à Athiémé n'a bénéficié, dans le cadre de la politique communale de développement, de l'appui sectoriel des acteurs politiques à divers niveaux.

De ce point de vue, il ressort que les discours des acteurs ont fait observer jusqu'à une part considérable des acteurs investigués que, la faible appropriation de la commune d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA est dû à un manque de volonté politique de la part des dirigeants politiques locaux. De cette analyse, il est intéressant de retenir ici que le manque de volonté politique des dirigeants politiques d'Athiémé a un lien avec la faible appropriation dans le sous-secteur de l'AEA, chose qui est contraire aux dispositions juridiques relatives aux contributions des structures décentralisées qu'est la commune à la promotion des langues nationales par le sous-secteur de l'AEA.

Par ailleurs, le manque de volonté politique des autorités locales s'est encore manifesté, notamment par le manque d'ambition des élus locaux dans les initiatives favorables à une implication intégrante de la commune d'Athiémé en matière de l'AEA. En effet, les autorités politiques locales manquent de volonté politique pour appuyer par exemple, la création de statut de personnel des métiers d'AEA tant au niveau des cadres que des praticiens de terrain. Aussi, manquent-elles de volonté politique pour accompagner le quelque personnel des métiers d'AEA qui résiste encore à constituer un corps de métier professionnel et à bénéficier de formation adéquate. Ces constats qui, constituant des limites des actions politiques à la base, témoignent que le manque de volonté politique des autorités locales explique l'inaction de la commune d'Athiémé en faveur de l'AEA.

4.1.3 INFLUENCE DES DIRIGEANTS POLITIQUES DANS L'OFFRE DES SERVICES PUBLICS DE L'ALPHABÉTISATION

L'influence politique des autorités locales depuis le choix et l'offre de services publics est un facteur assez important de la faible appropriation de la commune d'Athiémé en matière de l'AEA. Cette pratique explique le retrait de la commune de son rôle de promotion des langues nationales pour de véritables programmes d'AEA au profit de ses populations. Elle trouve ainsi son origine dans les ingérences politiques liées au choix des services publics à offrir aux populations. Du coup, les services publics dont ils ne trouvent pas l'intérêt politique à des fins électoralistes sont souvent délaissés, car classés comme non important. C'est dans cette catégorie que se retrouve le sous-secteur de l'AEA à Athiémé, où depuis l'avènement du processus de décentralisation, la commune d'Athiémé n'a initié depuis, dans le PDC (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération) un projet de financement d'un programme d'AEA au profit des populations. Les discours ci-dessous de cet enquête l'explique plus davantage en ces termes:

« Souvent, les élus sont associés à l'élaboration des documents de développement de la commune. C'est généralement sous la conduite d'un cabinet d'étude, mais à la validation, après présentation du projet de document, c'est là que tout se joue. A ce niveau, ce n'est plus l'utilité d'un service public qui compte, c'est son incidence politique qui intéresse les élus. Ils sont beaucoup plus sensibles à la visibilité du service auprès des populations, donc de leur électorat. Alors, comme les résultats de l'AEA sont difficile à démontrer aux populations par les élus pendant leur réélection, elles (AEA) subissent les prix de cette pratique: l'influence politique ». (Personnel administratif, Mairie Athiémé).

De ces déclarations, il est important de comprendre que l'influence des autorités politiques à un impact défavorable à un domaine de compétence de la collectivité locale dont la mesure où ces résultats paraissent politiquement difficiles à mesurer. De ce point de vue, le sous-secteur de l'AEA, domaine dont les effets sont difficiles à peser dans la balance politique des autorités politiques locales se voient retirer l'approbation pour être admis comme projet dans le PDC de la commune d'Athiémé. Les déclarations de cet interviewé renseignent :

« En principe, le sous-secteur ne devrait pas subir ce classement de défaveur. Mais si nous assistons à tout ça aujourd'hui, c'est à cause des politiques. Ils veulent être présent partout. Ils ont leur nez partout. Ils veulent que tout soit dans leur compte. C'est pour ça qu'ils influencent les propositions des techniciens pour imposer leurs décisions. Dans ce cas, ce sont les services qui les profitent qui sont programmés dans les documents de planification locale. Ceux dont ils ne trouvent pas l'utilité sont classés sans suite comme l'AEA ». (Membre de coopérative et Sage, Athiémé).

De ces propos, on note que l'influence des autorités politiques dans la programmation et la planification de services publics de base est une norme à Athiémé et entraîne des conséquences sur l'organisation et le mode de gestion au sein de la commune. C'est cela qui explique le fait que les différentes contributions financières, qu'elles proviennent de l'Etat ou des autres PTF, sont utilisées dans de diverses rubriques de fonctionnement du sous-secteur (CONFINTEA, 2007). En effet, cette option est faite dans le mode de gestion du sous-secteur dans l'intention de produire des résultats mesurables. C'est ainsi que quelques ressources sont affectées à la production de matériel didactique, à l'acquisition des biens d'équipement et de carburant du matériel roulant de la coordination communale. Par contre, la mise en œuvre d'une véritable politique de promotion des langues nationales par l'AEA au profit des populations pose problème à cause de faible appropriation de la Mairie dont l'influence de ces autorités politiques locales en est le facteur déterminant. Cette pratique, marquée par un contexte politico-administratif local très politisé en l'absence de loi de décentralisation, tente à relever que les influences des autorités politiques sont selon Le Meur (1999), une conception large de la politique comme compétition entre acteurs politiques et groupes sociaux. Elle fait recourir aux concepts empiriquement connexes de fonctionnalisme et de la corruption (Le Meur, 1999) dans la gestion des services publics. Ces concepts, dans leurs manipulations pour justifier la non implication de la commune en matière d'AEA, se pratiquent par des actions de nature à remettre en cause l'ordre sociopolitique en matière de fonctionnement de l'institution locale et de ses structures.

4.1.4 JEU DE POUVOIRS PLURIELS DES ÉLUS LOCAUX ENGENDRÉS PAR LA DÉCENTRALISATION

Une autre raison explicative de la faible appropriation d'Athiémé en matière d'AEA est le jeu de pouvoir pluriel des acteurs politico-administratifs. En effet, conformément à la loi n°97-029 du 15 Janvier 1999 qui reconnaît aux communes la compétence en matière de promotion des langues nationales par l'AEA au profit de leurs populations, les autorités politiques, pour des raisons relationnelles et politiciennes détournent les modes de gestions qu'ils sont censés mettre en œuvre dans leurs populations à la base. A Athiémé, l'offre de services publics est conditionnée par la préférence des acteurs basée sur un système de jeu de pouvoir pluriel. La pénétration de cette innovation sociopolitique communale à Athiémé a permis de comprendre ce phénomène de relations de jeu de pouvoir par le courtage et le clientélisme politique, avec comme effet induit, l'équipement en infrastructures des localités rurales en vue de maintenir l'électorat, comme le précise ces déclarations d'un enquêté :

« Le constat ici est très simple: les autorités politiques choisissent, planifient et offrent le service qui arrange d'abord leurs localités, et ensuite leur intérêt politique. Ils veulent tous être réélu par les populations. Ils veulent tous revenir. Ils veulent être vu comme celui qui a changé le visage des localités. Ils disent en coulisse qu'elles ne pourront pas convaincre leur électorat de les réélire avec à la clé un programme d'alphabétisation en lieu et place d'une maternité construite, de panneaux solaire offert, Pour eux, le sous-secteur de l'AEA ne fait pas le poids politique. C'est pourquoi, elles (autorités politiques) ne l'inscrivent pas souvent dans le PDC ». (Cadre de l'Administration locale, Athiémé).

Par ces discours, on peut comprendre que l'offre de service public est conditionnée par le jeu politique des acteurs basé sur l'enjeu électoral. Par-là, on observe que le service est planifié par son poids politique, par sa capacité à être visible aux yeux des populations. De ce point de vue, le sous-secteur de l'AEA dont les résultats sont difficiles à évaluer selon les acteurs apparaît comme son prioritaire pour les acteurs dans les documents stratégiques de développement local, notamment le PDC.

En effet, il faut noter que les pratiques qui s'exercent à Athiémé en matière d'offre de services publics sont ponctuées par des logiques de priorités politiques, notamment d'enjeu électoral en violation de l'esprit des dispositions réglementaires. Outre les compétences dévolues aux collectivités locales conformément à la loi sur la décentralisation, on observe à Athiémé que la planification des services publics en occurrence les services dont les résultats sont difficiles à mesurer comme l'AEA, constituent

des enjeux stratégique-politiques pour les dirigeants politiques opérant dans la prise de décision en terme de planification, et de gestion. C'est ainsi que par une approche interactionniste, cette opération de développement est perçue sous l'angle de sa récupération idéologique contextualisée par des logiques et des jeux d'intérêts des pouvoirs locaux pluriels (Yao, 2010). De cette analyse, il est clairement établi que le sous-secteur de l'AEA, dans cette logique de développement, manque de perspectives encourageantes pour faire objet d'une véritable implication aux projets de développement à l'échelle de la commune. D'où le phénomène de la faible appropriation de la commune d'Athiémé en matière d'AEA est lié au jeu de pouvoirs pluriels des acteurs politiques locaux.

Aussi, il ressort des données d'entretiens de terrain que, la majorité des enquêtés adhèrent à l'unanimité que le jeu de pouvoir pluriel des autorités politique d'Athiémé est en lien avec la faible appropriation de la commune en matière de l'AEA. De toute analyse faite des données qualitatives recueillies, du terrain, il ressort que les facteurs de la faible appropriation de la commune d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA sont liées à un certain nombre de variables, non pesant, mais qui exercent une influence politique importante en défaveur au sous-secteur, notamment le jeu de pouvoir pluriels des acteurs politiques locaux d'Athiémé.

4.2 CONTEXTE DE FORTE POLITISATION DU CONSEIL COMMUNAL PAR L'INTÉRÊT DIVERGENT DES ACTEURS POLITIQUES LOCAUX D'ATHIÉMÉ

Outre les pratiques et les modes de gouvernance ainsi que les stratégies défavorables à une réelle implication d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA, la question liée aux intérêts divergents des autorités politiques constitue un autre déterminant capital qui explique la faible appropriation de la commune d'Athiémé en AEA.

4.2.1 POLITISATION DU CONSEIL COMMUNAL BASÉE SUR DES LOGIQUES D'INTÉRÊT POLITIQUE ET PARTISAN

Auprès des membres du conseil communal, les questions d'intérêts en terme d'acquis politique sont des discours courant observés. Il y a parmi les acteurs politiques, ceux qui sont favorables à la programmation des projets en fonction des intérêts politiques. Les autorités politiques qui adoptent de tels discours dans les pratiques politiques justifient leur comportement par l'absence de résultats politiques de certain secteur comme l'AEA. Elles estiment en bref, que les conditions minimums pouvant faire du sous-secteur de l'AEA un domaine à fort impact politique ne sont pas souvent réunies pour permettre d'allouer des ressources pour l'opérationnalisation des programmes d'AEA à sur le terrain. Il y a ainsi donc ces discours qui considèrent l'investissement en AEA comme sans intérêt sur lequel l'affectation de ressources est perçue comme inutile. Les collectivités locales dont Athiémé où ces discours sont entretenus, connaissent une situation critique dans le domaine de la promotion des langues nationales, par l'AEA avec une condition de travail déplorable de l'équipe de terrain, comme le déclare cet enquêté :

« Le sous-secteur de l'AEA est le seul domaine dans lequel le conseil communal n'affecte pas de ressource financière. La cause en est que le sous-secteur n'est pas un domaine d'intérêt politique pour les autorités dans leur ensemble. En résumé, c'est la politique qui a tout dominé à Athiémé. Ils préfèrent rénover les écoles, les équiper en mobilier avec les inscriptions à l'effigie de la commune, ou encore, réhabiliter les pistes rurales que d'allouer des ressources pour l'AEA ». (Chef coutumier, Athiémé).

Il en résulte de ces avis, l'ingérence de la politique dans les questions de développement. Il est apparu à travers ces propos que les acteurs politiques, appelés à planifier les projets de développement, dont celui de l'AEA dans les PDC, confondent action de développement local et action politique. On retient que l'action politique a pris le dessus sur l'action de développement, créant alors des espaces de jeu d'intérêt divergent entre acteur politique dans la programmation des actions de développement. Cette tendance qui s'apparente à la politisation à outrance dans les questions de développement trahit l'esprit des textes régissant le fonctionnement des collectivités locales à l'ère de la décentralisation. A Athiémé, la forte implication des dirigeants politiques dans le renouvellement de leur mandat les empêche de s'investir entièrement dans leurs missions communautaires.

Les actions visant à une réelle implication de la commune dans le sous-secteur de l'AEA s'en trouvent ainsi perturbées et complètement bloquées à cause des conflits qui naissent de cette recherche d'intérêt. Ce faisant, les conditions devant créer des cadres budgétaires en lien avec la planification du sous-secteur dans le PDC sont manifestement sous-tendues par des attitudes politiques des dirigeants. En cela, ils trouvent parfois l'incompatibilité du sous-secteur de l'AEA avec les exigences de développement de la commune. D'où l'inexistence d'une planification financière pluriannuelle, permettant de voir se déployer les effets du sous-secteur dans le temps. Tout ceci fait ressortir que les conditions préalables pour une réelle implication de la commune dans le sous-secteur de l'AEA sont souvent liées aux choix des stratégies pour l'obtention des résultats politiques. Il s'agit de comportements politiques qui sont sources de démotivation pour le rare personnel d'AEA qui trouvent qu'ils ont

perdu du temps en s'engageant dans la dynamique de valorisation du sous-secteur, qui à termes, conduit à l'inaction du pouvoir politique local, comme le témoignent ces propos sur la question :

« Pendant l'élaboration du récent PDC, c'est-à-dire 3^{ème} génération, on avait tenu plusieurs réunions à la Mairie avec tous les membres conseil communal. Au cours des séances, chacun des membres défend des projets d'infrastructures pour sa localité: route, école, maternité, électricité, adduction d'eau villageoise, terrain de sport, etc. Ma surprise a été que, aucun n'a fait cas de programme d'AEA pour une association ou une coopérative de sa localité ». (Responsable d'ONG intervenant dans l'Alphabétisation, Athiémé).

De cette déclaration, on dénote clairement que les acteurs politiques locaux d'Athiémé ont une grande préférence des actions intérêt politiques au détriment des actions de développement communautaires.

« Une fois, on nous a annoncé qu'une ligne budgétaire a été dégagée pour le sous-secteur de l'AEA; les autorités même en ont parlées. Mais après, on n'a plus rien compris. Les fonds ont disparu vers d'autres actions dont l'intérêt est certainement plus supérieur pour les autorités ». (Coutumier, Kpinnou).

Un autre enquête de poursuivre:

« Dans certaines circonstances, certains acteurs politiques martèlent l'importance des infrastructures comme le seul gage de développement des localités de la commune. Ils disent qu'ils sont élus pour transformer les villages, les hameaux, pour changer l'aspect des localités par des infrastructures modernes, et non investir dans des projets sans impact concrets sur les localités ». (Maitre alphabétiseur, Adohoun).

Outre l'intérêts divergents et pluriels des dirigeants politiques d'Athiémé dans la planification des actions de développement à la base, les personnes enquêtées indiquent avec insistance l'inaction des autorités politiques dans le domaine de l'alphabétisation. Du coup, elles se disent en phase avec l'esprit du pouvoir central et se considèrent comme des exécutants de sa volonté dans le domaine de l'AEA, justifiant aisément leur inaction en AEA, alors qu'elles devraient se comporter comme des acteurs de développement et participer avec engouement au choix, à la planification et à la programmation des différentes actions dans le PDC.

4.2.2 FORTE POLITISATION AUTOUR DE L'ALPHABÉTISATION VU COMME UNE ABSENCE DE LECTURE ET D'IDENTIFICATION DES ENJEUX DE LA DÉCENTRALISATION

La décentralisation, comme politique publique appelle à des degrés divers, toutes les catégories d'acteurs, y compris des élus locaux. Cela fait observer une absence de lecture et d'identification des enjeux de la décentralisation, surtout au niveau local. Cette absence de lecture des enjeux de la décentralisation a plusieurs conséquences. Chez certains acteurs, cela renforce leur désintérêt, leur indifférence face au « local » qui est perçu comme un espace lointain, peu digne d'intérêt. Chez d'autres, cela entraîne une survalorisation des enjeux négatifs (ce que chacun a à perdre avec cette réforme de l'Etat), par peur du changement et de l'inconnu. Dans tous les cas, cela contribue au blocage du processus à un ralentissement du rythme des réformes. De ce point de vue, la décentralisation disparaît de l'agenda politique réel. Dans la continuité de cette méconnaissance des enjeux de la décentralisation, on constate une grande difficulté des acteurs à se projeter dans un système de gouvernance locale (micro locale, locale) basé sur la négociation, la concertation, la participation entre l'Etat et les acteurs du territoire et non plus sur une logique hiérarchique de commandement et de décision solitaire (Mestre, 2015). Cela justifie non seulement la non-coordination des programmes de développement à la base, mais aussi et surtout, la peur de l'intervention dans le champ de la politique intérieure des localités, étant donné que la décentralisation est un champ éminemment politique, dans le sens où il s'agit de la gestion de la cité mais aussi de la lutte pour la conquête du pouvoir.

4.2.3 PEUR DE LA PERTE DU POUVOIR LOCAL DES ACTEURS POLITIQUES D'ATHIÉMÉ

La peur de la perte du pouvoir local amène les acteurs politiques locaux à s'abstenir et à identifier les réels enjeux de la décentralisation. Pour beaucoup de dirigeants au niveau local, les processus de décentralisation vont dans le sens de permettre à des leaders locaux d'accéder au pouvoir politique et donc d'accéder à une tribune publique leur permettant d'exister sur le plan local et ainsi de se renforcer dans leur rôle d'acteurs publics. C'est ce que cet enquête explique:

« Les acteurs politiques n'aiment pas perdre le pouvoir, quel que soit le niveau de pouvoir. Ils sont prêts à tout pour sauvegarder leur mandat et assurer leur réélection. C'est pourquoi ils tiennent compte peu des ambitions des populations et de leurs aspirations en choisissant des domaines dans lequel ils ont leur intérêt personnel en jeu ». (Membre Association villageoise de développement, Agbobada-Athiémé).

Ceci est d'autant plus fortement ressenti quand, comme dans de nombreuses localités, il est acquis que les associations de pouvoirs locaux risquent d'être présidées par des élus locaux afin d'avoir une main mise sur les populations et contrôler leur décision. Cette peur politique de l'alternance recouvre bien entendu également la peur de la perte des avantages qui vont avec le pouvoir (avantages financiers, impunité, prestige...).

4.2.4 LOGIQUE POLITIQUE QUI NE CHERCHE PAS L'INTÉRÊT GÉNÉRAL

La logique politique qui prévaut chez les acteurs politiques locaux n'est pas de fournir le meilleur service public aux citoyens. Il s'agit de faire le choix des actions à prendre en compte dans le PDC susceptible de satisfaire les ambitions politiques. Les propos de cet informateur témoignent:

« La recherche de l'intérêt personnel est devenue une logique politique locale chez les acteurs politiques de notre commune. Toutes les interventions locales ont d'abord une intention guidée par des intérêts politiques, souvent en faveur des politiciens locaux ». (Elu local, Athiémé).

Ces discours montrent que la recherche de l'intérêt personnel sur la base politique se conçoit comme une logique collective qui s'observe chez les acteurs politiques locaux d'Athiémé. Ceci hypothèque la possibilité de garantir la qualité et l'opportunité de la dépense publique et de contribuer à l'émergence du territoire de la commune en capacité de définir les politiques publiques en fonction des spécificités politiques, humaines, sociales et économiques. A ce titre, promouvoir des politiques de développement conformément aux réformes de la décentralisation qui iraient dans ce sens reste secondaire pour les acteurs politiques locaux qui sont guidés par des intérêts particuliers, familiaux, politiques ou corporatistes. La décentralisation, comme mode de gouvernance plus efficace et efficient que l'Etat centralisé n'est alors pas vue comme une priorité, mais comme un outil de recherche de profit. Il dénote de ceci que les freins à la décentralisation sont donc considérables au niveau local à travers la peur de perte du pouvoir, la méconnaissance des textes, l'absence de conviction de l'intérêt de la politique de la décentralisation. L'intérêt premier de nombreux élus locaux n'est pas de défendre l'intérêt général, mais de garantir autant que faire se peut sa réélection et donc le maintien de ses avantages. Les élus locaux vont alors souvent faire du suivisme par rapport à d'autres acteurs politiques et à son parti ou sa mouvance plutôt que de défendre et de prioriser des réformes qui vont dans le sens de l'intérêt général. Par exemple si l'AEA ne sont pas une priorité politique de décentralisation des autres collectivités, la commune ne s'impliquera alors sur ce chantier qu'à la marge; ce qui freinera les réformes dans de ce sous-secteur et ralentira le processus de décentralisation.

5 CONCLUSION

La Commune d'Athiémé, dans le département du Mono en République du Bénin, connaît un grand retard en terme d'AEA de ses populations en comparaison avec le niveau national. En effet, sur l'ensemble des collectivités locales que compte le Bénin, Athiémé fait partie de celles qui n'ont pas substantiellement connu de progrès sur le plan des indicateurs d'accès, de rétention et de participation des populations au programme d'AEA. Le taux d'alphabétisation est de 38,80% (INSAE, 2013), bien que le taux d'analphabétisme au niveau national chez les adultes est de 59,5% (UNESCO, 2013) classant donc Athiémé au rang non satisfaisant au plan national pour les indicateurs d'AEA. Cette étude qui a pour objectif d'analyser les facteurs sociopolitiques, à travers les enjeux de pouvoir et d'intérêt divergent des autorités politiques explicatifs de la non-implication de la commune d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA, a adopté une approche qualitative dans la collecte des données de terrain et appuyée par des recherches documentaires. Une telle approche nécessite une analyse des données documentaires secondaires pour mieux cibler le problème et permettre de faire une analyse qualitative rigoureuse des données empiriques. L'analyse de la situation de l'inaction de la commune d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA nous a permis de nous rendre compte que le phénomène de non-implication dans le sous-secteur à Athiémé tient à multiples facteurs. Les facteurs liés aux pratiques de gouvernance des services publics à l'échelle communale qui favorisent la non-implication de la commune d'Athiémé dans le sous-secteur de l'AEA observés sont la résultante des modes de gestion des services publics du sous-secteur de l'AEA. Ainsi, la mauvaise gestion de la politique communale d'AEA à la Mairie d'Athiémé, marquée par une absence de mécanisme de coordination du sous-secteur, une insuffisance en capacité des structures institutionnelles de gestion du sous-secteur, une inappropriation des programmes par les acteurs locaux, la dispersion des rares initiatives dans le sous-secteur, l'absence de cohérence et de complémentarité des initiatives à cause des enjeux de pouvoir local et d'intérêt divergent des acteurs politiques locaux, constituent des handicaps à une véritable implication de la commune dans le sous-secteur de l'AEA. En outre, une quasi-absence de mécanisme de suivi-évaluation des rares actions du sous-secteur et un déficit chronique en ressources humaines et en infrastructures d'AEA hérités d'une mauvaise politique de gouvernance du sous-secteur sont considérés comme des facteurs explicatifs de la non-implication d'Athiémé en matière de l'AEA.

REFERENCES

- [1] BERNIER, P. Rapport utile de quelques fondamentaux sur les services publics à l'heure de la remise en cause. Paris: L'Harmattan.
- [2] CONFITEA VI, (2007). Rapport national du Bénin sur les tendances récentes et situations actuelles de l'éducation et de la formation des adultes (Edfoa). Paris: Editions de UNESCO.
- [3] GAGLOZOU, A & AMOUZOU, G. (2013). Formation du capital humain dans les communes de Porto-Novo, de Cotonou et de Sème-Podji: responsabilités et pratiques. Porto-Novo: INJEPS/UAC.
- [4] GARBA, K. (2016). Scolarisation des enfants à l'école primaire en République du Bénin: Les résistances du Département de l'Alibori. Abomey-Calavi: Université d'Abomey-Calavi.
- [5] HASCHAR-NOÉ, N. (2007). L'aménagement des Chemins de randonnée: un instrument d'identification et de gouvernance territoriale. In *Espaces et sociétés*, N° 138. (pp. 115-133). Paris: Presses Sciences Po.
- [6] INSAE, (2013). Synthèse des résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 4).
- [7] KPATCHAVI, A. (2009). Décentralisation et contrôle citoyen de l'action publique au Bénin: leçons et défis pour la promotion de la gouvernance dans les services publics au cours du prochain cinquantenaire. Cotonou: Ablodé.
- [8] LE MEUR, J-Y. (1999). Coping with institutional uncertainty: contested local public space and power in rural Benin. In *Africa spectrum* 34 (2). (pp. 187-211). Hambourg: GIGA Journal Family.
- [9] MESTRE, C. (2015). Atelier thématique: « La panne des processus de décentralisation ». Porto Novo 05 - 13 février 2015.
- [10] SANSEAU, P-Y. (2005). Les récits de vie comme stratégie d'accès au réel en sciences de gestion: pertinence, positionnement et perspectives d'analyse. *Recherches qualitatives*. 25 (2), pp. 33-57. Grenoble: Grenoble Ecole de Management.
- [11] UNESCO, (2008). Recueil de données mondiales sur l'éducation 2005: Statistiques comparées sur l'éducation dans le monde. Institut de statistique de l'UNESCO. Montréal: Edition de l'Institut de Statistique de l'Unesco.
- [12] UNESCO, (2013). Rapport Mondiale sur l'éducation.
DOI: http://www.unesco.org/french/sowc01/pdfs/rapport_mondiale_sur_l'éducation_girl_ed.pdf. (Consulté le 13 mai 2018).
- [13] YAO, L. Y. (2010). Décentralisation et gouvernance locale; analyse socio-anthropologique de la participation communautaire en matière d'hydraulique villageoise en Côte-d'Ivoire, In *Revue africaine d'anthropologie*, Nyansa-Pô, n°10. (pp14-26). Abidjan: EDUCI.

Étude et réalisation d'un suiveur solaire à l'aide de la carte Arduino pour une installation solaire photovoltaïque

[Study and realization of a solar tracker using the Arduino board for a solar photovoltaic installation]

Hamza Abarchi Halarou, Sani Dan Nomao Harouna, Harouna Souley Ousmane, Daouda Abdourahimoun, and Idrissa Mossi Moctar

Département de physique, Laboratoire d'Énergétique d'Electronique d'Electrotechnique d'Automatique et d'Informatique Industrielle,
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Copyright © 2021 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 tackles about design of a device allowing a photovoltaic solar installation to follow the flat movement of sun in order to optimize electrical energy production. This device called solar tracking system is a structure that allows tracking the apparent movement of the sun in real time. To achieve this, we have chosen to use the active or slaved tracker. The improvement of the energy performances by using a double axis solar tracker is also studied. The observation of the power curves according to the influence of the received light intensity shows a maximum of 180W in the form of a plateau between 10: 50 and 14: 00 (for 3 hours) local time for the double axis system while a maximum of 175W is recorded from 12: 50 to 13: 50 (1 hour) for the single axis tracker and a maximum of 170W (for a few minutes) at noon for the fixed system. From the analysis of these results, a significant gain of about 26.20% for the dual axis tracker compared to a fixed installation was obtained.

KEYWORDS: Solar energy, photovoltaic cell, solar radiation, solar tracker, Arduino.

RESUME: Cet article aborde la question de la conception d'un dispositif permettant à un champ photovoltaïque de suivre la position apparente du Soleil afin d'optimiser la production de l'énergie électrique. Ce dispositif appelé système de suivi solaire est une structure qui permet de traquer en temps réel le mouvement apparent du soleil. Pour y arriver nous avons utilisé le suiveur dit actif ou asservi. L'amélioration des performances énergétiques par l'utilisation d'un suiveur solaire double axes y est également étudiée. L'observation des courbes de puissance en fonction de l'influence de l'intensité lumineuse reçue montre un maximum à 180W sous forme de plateau entre 10H50 et 14H (pendant 3 H) heure locale pour le système à double axes tandis qu'on enregistre un maximum à 175 W de 12 H 50 à 13 H 50 (1 heure) pour le suiveur mono axe et un maximum de 170W (pendant quelques minutes) à midi pour le système fixe. De l'analyse de ces résultats il en ressort un gain significatif de l'ordre de 26,20% pour le suiveur double axes par rapport à une installation fixe.

MOTS-CLEFS: L'énergie solaire, cellule photovoltaïque, rayonnement solaire, suiveur solaire, Arduino.

1 INTRODUCTION

Au cours de ces dernières décennies de nombreux débats et conférences sur la transition énergétique ont eu lieu tant dans le monde universitaire qu'au niveau des différentes instances nationales et internationales concernées. L'objectif essentiel est de définir des stratégies et des politiques garantissant une énergie propre de qualité et en quantité suffisante. La pertinence de cet objectif a fait que les scientifiques se sont intéressés aux énergies renouvelables, principalement aux énergies éolienne et photovoltaïque [1].

L'exploitation directe de l'énergie provenant du soleil, au moyen de capteurs, relève de deux technologies bien distinctes: l'une produit des calories, ce sont les capteurs thermiques et l'autre transforme directement une partie du rayonnement solaire en électricité, ce sont les cellules photovoltaïques [2].

Pour cette dernière technologie, l'efficacité énergétique dépend principalement de la technologie liée à la qualité de fabrication de la cellule de conversion PV mais également à d'autres facteurs externes comme le taux de rayonnement, la température, la commande de point de puissance maximale...

Concernant le facteur taux de rayonnement, des études ont prouvé que le rendement optimal s'obtient si les cellules sont placées perpendiculairement par rapport au rayon solaire incident. Plusieurs recherches scientifiques ont donc été menées et les techniques qui en découlent permettent de poursuivre et d'exposer la face active des modules PV perpendiculairement au rayonnement solaire, en employant des systèmes d'orientation mécanique [3], [4], [5], [6], [7]. Ainsi et pour garder cette perpendicularité aussi longtemps que possible, nous avons opté pour un système suiveur solaire double axes.

Dans ce travail, l'objectif visé est de concevoir à moindre coût, un suiveur solaire double axes contrôlés à l'aide d'une carte Arduino suite à la détection du rayonnement direct avec (Notre système est basé sur des capteurs de lumière) des capteurs photorésistances afin d'optimiser la production de l'énergie électrique des systèmes photovoltaïques.

2 EXPERIMENTATION

Le système proposé comprend essentiellement sept (07) éléments (Fig. 1). L'assemblage de ces éléments, passe par l'installation des modules photovoltaïques sur une structure métallique (5), le tout mis en hauteur via un support vertical (7). Afin que le système puisse suivre le mouvement du soleil, il faut fixer deux photorésistances (1) sur des plaques (2) comportant un séparateur. Les informations envoyées par les photorésistances sont traitées par la carte Arduino (3) qui commande aux vérins (6), alimentés par une batterie (4), de positionner les modules perpendiculairement aux rayons solaires.

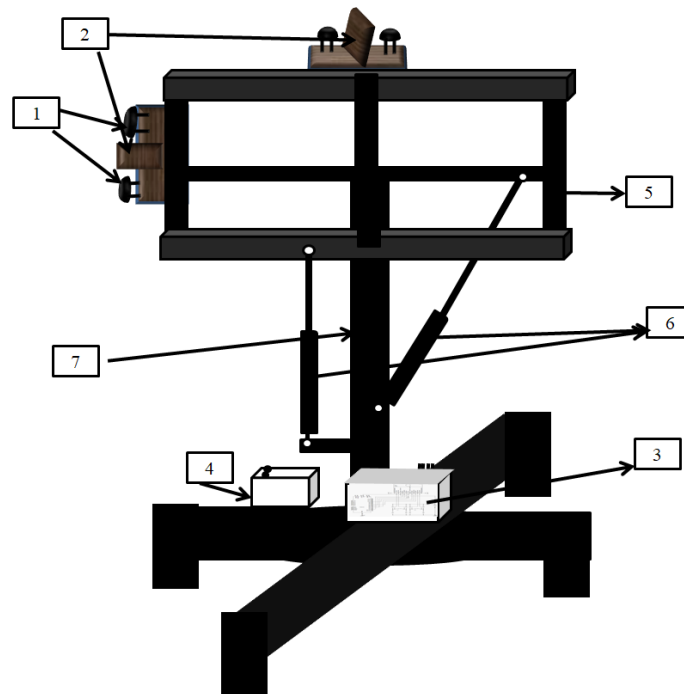


Fig. 1. Description du système photovoltaïque avec suiveur double axes

2.1 RENDEMENT DE CONVERSION D'UN MODULE PHOTOVOLTAÏQUE

Le rendement de conversion est défini comme le rapport entre la puissance maximale produite (P_m) et la puissance du rayonnement solaire qui arrive sur le module photovoltaïque. Si S est la surface de ce module, et E l'éclairement en W/m^2 , le rendement énergétique s'écrit [8]:

$$\eta = \frac{P_m}{E \cdot S} \quad (1)$$

2.2 GAIN EN PUISSANCE

Pour le calcul du gain en puissance moyenne journalière entre deux systèmes différents (S_1 et S_2), il suffit d'utiliser la formule exprimée par l'équation suivante [9]:

$$Gain(\%) = \frac{Puissance1 - Puissance2}{Puissance2} * 100 \quad (2)$$

3 CONCEPTION

La Simulation de la commande du système de suivi solaire a été réalisée dans l'environnement Proteus. La figure 2 donne le schéma d'illustration.

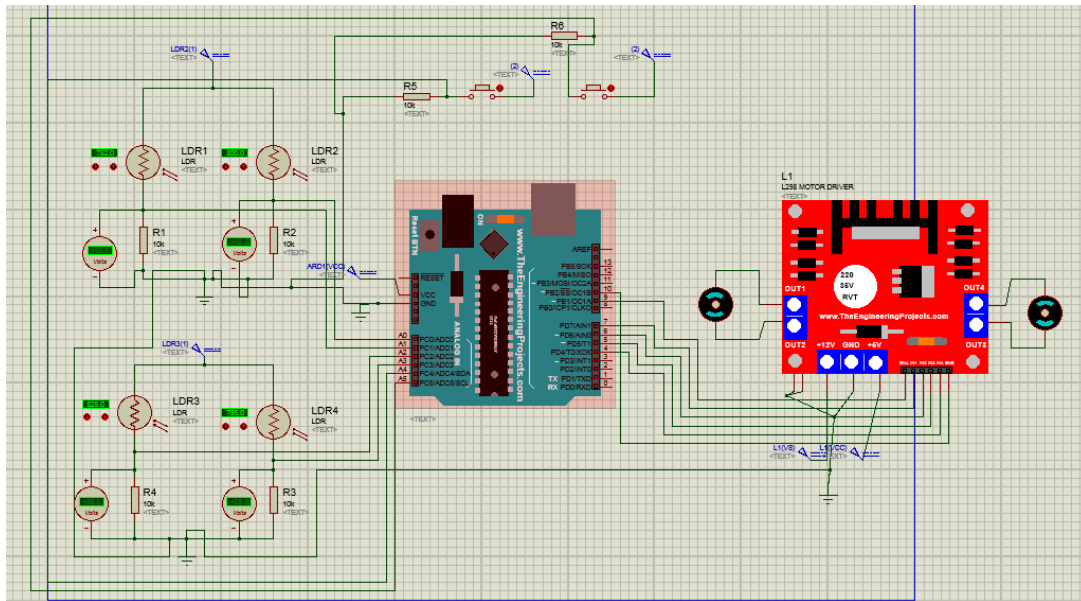


Fig. 2. Schéma de simulation de la commande avec le logiciel Proteus

La figure 3 montre le test expérimental de validation de la simulation de la commande effectuée sur Proteus.

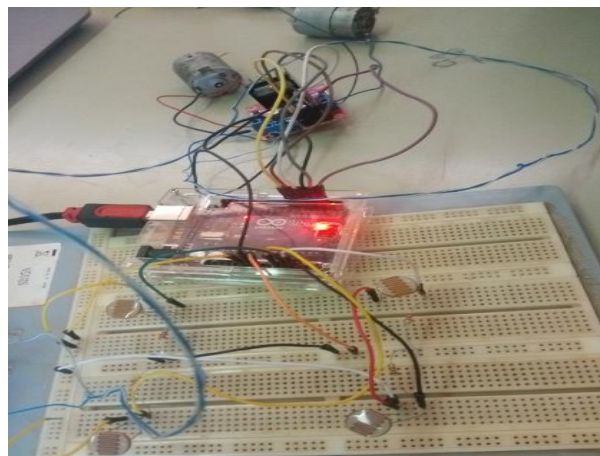


Fig. 3. Test expérimental du circuit de commande

4 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Les figures 4a et 4b présentent respectivement les courbes du courant et de la tension produite par le panneau photovoltaïque avec le système de suiveur double axes. L'observation de ces courbes met en évidence l'influence de la température et de l'éclairement sur les grandeurs électriques des modules photovoltaïques. Concernant l'impact de l'intensité lumineuse, on voit sur la courbe de la figure 4a, une variation plus au moins linéaire entre 8 H et 11 H. Cette variation correspond aux heures matinales (éclaircissements faibles). Tandis qu'en période très chaude de 11 H à 14 H on enregistre l'intensité électrique maximale et vers le coucher du soleil au-delà de 16 H l'intensité du courant décroît pour un rayonnement faible.

La figure 4b donne l'évolution de la tension en fonction de l'intensité lumineuse reçue par le panneau au cours de la journée. On constate que la tension est faible vers 8H, elle croît linéairement vers la valeur maximale à 10h, et décroît de cette heure jusqu'au coucher du soleil vers 18 H.

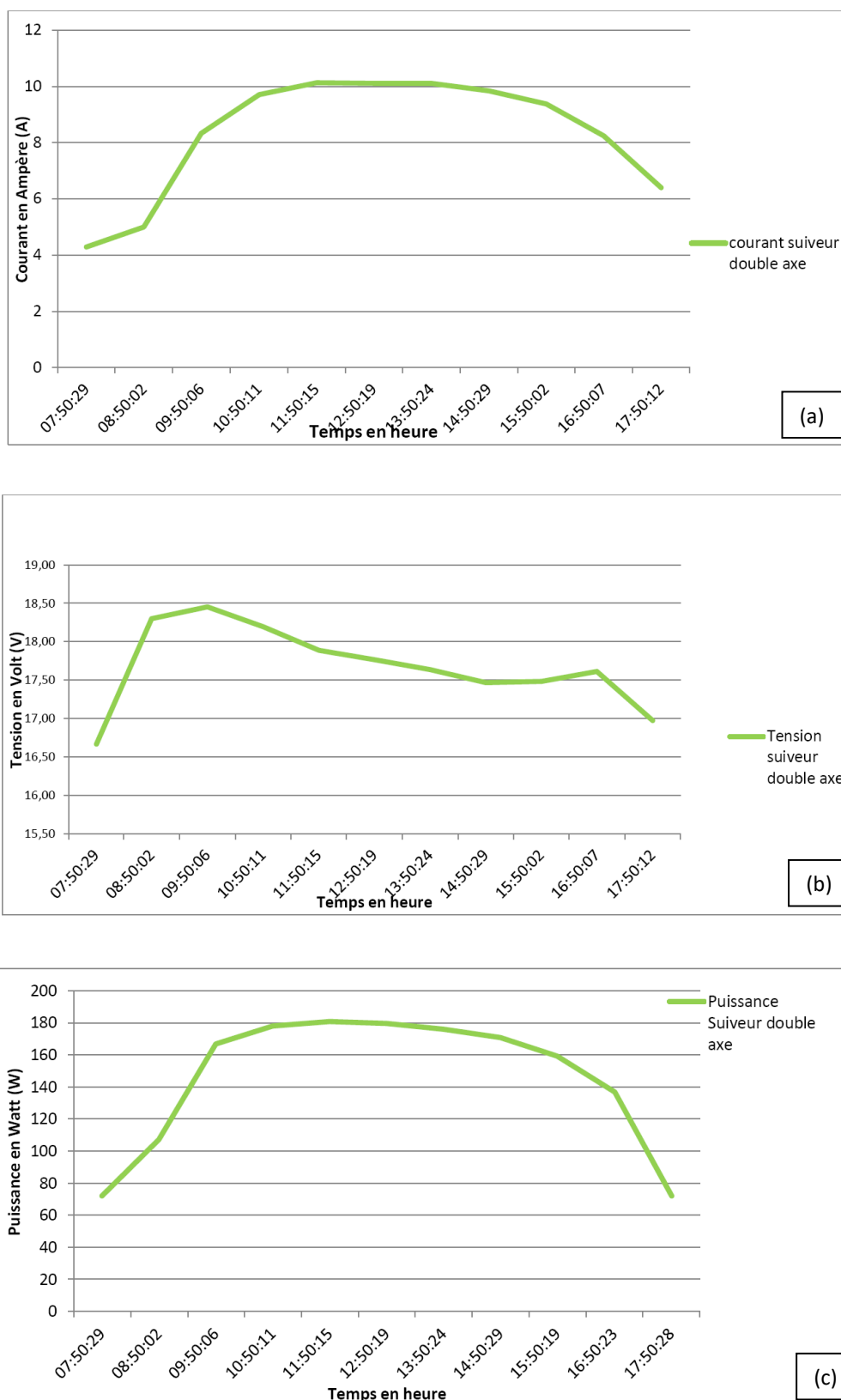


Fig. 4. a) Courbe du courant en fonction de l'intensité lumineuse b) Courbe de tension en fonction de l'intensité lumineuse c) Courbe de puissance moyenne en fonction de l'intensité lumineuse

En général pour évaluer la performance d'un système solaire on prend comme indicateur la puissance produite par le module PV. Sur la figure 4c apparait la courbe de tendance de la puissance moyenne journalière produite par le module photovoltaïque avec le suiveur double axes.

Pour mettre en évidence l'efficacité du suiveur solaire double axes, nous avons comparé les résultats obtenus pour le système double axes aux résultats obtenus dans des conditions identiques d'un côté pour un suiveur mono-axe et de l'autre pour une installation fixe orientée quinze degré Sud. Sur La figure 5 sont représentées simultanément les allures des puissances moyennes journalières produites par les trois systèmes photovoltaïques.

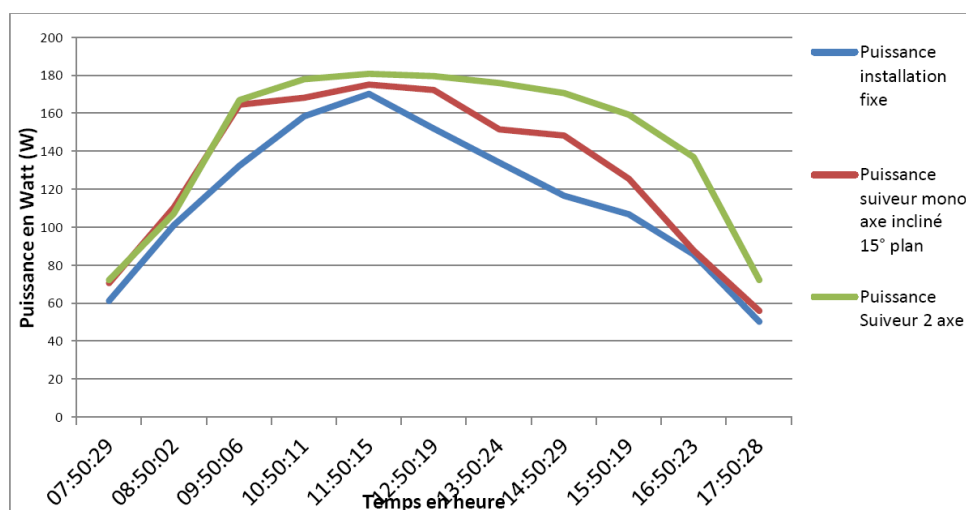


Fig. 5. Courbe de puissances moyennes

Entre 7 H 50 à 9 H 50 la production du suiveur mono axe et celle du suiveur à double axes sont presque identiques. Cela pourrait s'expliquer par le fait que dans cet intervalle de temps le suiveur mono axe et le suiveur double axes sont orientés vers l'Est correspondant au levé du soleil recevant par conséquent les rayons solaires perpendiculairement à leur surface. En outre, la position de la courbe de production de l'installation fixe, tout au long de la journée, par rapport aux deux autres systèmes, montre une production plus faible confirmant ainsi l'efficacité des systèmes PV dotés de suiveurs solaires [10].

Au-delà de 9 H 50, la production électrique du système photovoltaïque à suiveur double axes est nettement supérieure à celle du système mono axe. Cela pourrait s'expliquer par le fait que pour le suiveur double axes son second axe qui est un pivot d'élévation horizontal monté sur la plate-forme d'azimut lui permet de recevoir continuellement les rayons solaires perpendiculairement à sa surface recevant ainsi le maximum de rayonnement solaire contrairement au suiveur mono axe.

Le tableau 1 ci-dessous, récapitule les résultats en puissance moyenne journalière et en gains de puissance.

Tableau 1. les résultats en puissance moyenne journalière et en gains de puissance

Type d'installation	Installation fixe 15 degré	Suiveur mono axe	Suiveur double axes
Puissance moyenne journalière (en W)	115,43	130	145,42
Gain (%)		12,7 par rapport à l'installation fixe	26,20 par rapport à l'installation fixe Et 11,8 par rapport au suiveur mono-axe

5 CONCLUSION

La conception et la réalisation d'un suiveur solaire double axes à l'aide d'un microcontrôleur open source, de quelques capteurs photorésistants, de capteurs de courant et de tension, et deux vérins, a permis d'améliorer le rendement de production électrique des systèmes photovoltaïques.

L'utilisation de ce suiveur sur le système photovoltaïque a permis d'avoir respectivement des gains de 26,20 % et de 11,8 % par rapport à une installation fixe inclinée d'angle optimal de 15 degré plein sud et un système PV muni d'un suiveur mono-axe.

Afin d'augmenter encore plus la productivité des panneaux solaires PV, on peut éventuellement équiper le système PV de miroirs plats réfléchissants sur les côtés des panneaux [10].

REFERENCES

- [1] P. abdeslam D. SAIDI, "Argumentaire d'aide à la formulation d'Objectifs de Développement Durable (ODD) relatifs à la transition énergétique et à l'énergie durables," 2013.
- [2] T. G. A. F. Lasnier, Photovoltaic Engineering Handbook. IOP Publishing Ltd. 1980, 1990.
- [3] H. D. P.Njampou, "Modèle de Gassara dans la poursuite de la production pic d'une plaque solaire par régulation deux degrés de liberté," Rev. des Energies Renouvelables, vol. 16, pp. 749–759, 2013.
- [4] R. R. A.Zaatri, "Optimisation du rendement d'un système photovoltaïque par poursuite du soleil," Rev. des Energies Renouvelables, vol. 12, pp. 299–306, 2009.
- [5] C. Morón, D. Ferrández, P. Saiz, G. Vega, and J. P. Díaz, "New prototype of photovoltaic solar tracker based on arduino," Energies, vol. 10, no. 9, pp. 1–13, 2017, doi: 10.3390/en10091298.
- [6] B. Dipti and C.Y.Patil, "Fuzzy control based solar tracker using Arduino uno," Int. J. Eng. Innov. Technol., vol. 2, no. 12, pp. 179–187, 2013.
- [7] K. Ibtissem, "Etude, Conception et Réalisation d'un Suiveur de Soleil," Tlemcen, 2018.
- [8] A. Labouret and V. Michel, Energie solaire photovoltaïque, Deuxième E. 2005.
- [9] S. M. Moustapha and I. Adamou, "Conception et réalisation d'un suiveur solaire mono axial : Contribution à l'amélioration de l'efficacité des systèmes de conversion photovoltaïque," 2011.
- [10] W. Manosroi, P. Prompattra, and P. Kerngburee, "Amélioration de la performance d'un système photovoltaïque muni d'un suiveur solaire par utilisation de miroirs plats réfléchissants."

Persistence d'insalubrité à Lubumbashi: Enjeux et défis communicationnels

[Persistence of insanitariness in Lubumbashi: Communication issues and challenges]

Daniel Nsimba Bwanga

Département des Sciences de l'Information et de la Communication, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, Haut-Katanga,
RD Congo

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In recent years, the sanitation of the city of Lubumbashi has been a hot topic. Indeed, the city has become more and more unsanitary. There are all kinds of landfills here and there that pollute the city. The presence of waste and garbage in inappropriate places makes the city lose all of its beauty. In a process of sanitation, it is important to question the role that communication plays as an instrument of public policy, it is the object of this reflection. Also, why does the city still remain unsanitary despite all the communications made by the urban authority on the issue? The communication of organizations within a public establishment such as the City of Lubumbashi constitutes an important pillar of public policies. It must allow exchanges as well as the sharing of data and information of public utility in order to maintain a certain link at the level of society. To be effective, it must lead to adherence to the authority's message aimed at cleaning up the environment through sustained and inclusive awareness.

KEYWORDS: sanitation, refuse, awareness, communication, waste.

RESUME: Depuis quelques années, l'assainissement de la ville de Lubumbashi constitue une question d'actualité. En effet, la ville est devenue de plus en plus insalubre. Il s'observe ça et là de dépôts de déchets de tous ordres qui polluent la ville. La présence de déchets et ordures à des endroits non appropriés fait perdre à la ville toute sa beauté. Dans un élan vers la salubrité, il importe qu'on s'interroge sur la part que prend la communication comme instrument de politique publique, tel est le but de cette réflexion. Egalement, pourquoi la ville reste toujours insalubre en dépit de toutes les communications faites par l'autorité urbaine sur la question ? La communication des organisations dans une institution publique comme la Mairie de Lubumbashi constitue un pilier important de la politique publique. Elle doit permettre les échanges ainsi que le partage des données et d'informations d'utilité publique dans le but de maintenir un certain lien au niveau de la société. Pour qu'elle soit efficace, elle devra entraîner l'adhésion au message de l'autorité visant à assainir le milieu dans une sensibilisation soutenue et inclusive.

MOTS-CLEFS: assainissement, Immondices, sensibilisation, communication, déchets.

1 INTRODUCTION

L'insalubrité continue à faire parler d'elle dans les agglomérations de la ville de Lubumbashi. Chaque jour qui passe, la ville n'arrête point de perdre de sa beauté. Le centre – ville est devenu un dépotoir à ciel ouvert à cause de plusieurs facteurs notamment, les commerces illicites qui s'y pratiquent d'une part, de l'incivisme et de la surpopulation d'autre part. L'autorité de la ville a-t-elle démissionnée sur cette question? Nous avons voulu savoir pourquoi il y a toujours persistance de l'insalubrité dans la ville ce, malgré les différentes communications de l'autorité sur la question. Cette réflexion voudrait montrer l'apport

de la communication mais aussi le défi que cet exercice communicationnel soulève, dans un contexte administratif dépouillé du sens de la pérennité, de la continuité de l'Etat.

2 MISE AU POINT SUR L'INSALUBRITÉ DANS LA VILLE

La ville de Lubumbashi a connu un boom minier et économique au cours des dernières décennies. Très vite, la ville a vu se développer de manière exponentielle sa population. L'urbanisation ainsi que la démographie croissante se sont plus ressenties dans la gestion et l'organisation de la ville. A ce jour, la densité de la population est en croissante augmentation. En témoignent les occupations et les lotissements de terres généralement mis en œuvre de manière anarchique. Il se produit tout naturellement une explosion démographique qui, à son tour désarticule le fonctionnement normal des services publics.

Par rapport à l'assainissement de la ville, le constat démontre¹ que la forte densité de la population a comme conséquences l'augmentation et l'accumulation des déchets ménagers et autres. La situation d'insalubrité est aggravée par la précarité de la vie socio-économique des citoyens à travers la ville. De nombreuses suppressions d'emplois consécutives à la pandémie et au flottement de cours mondiaux des minerais amènent les Lushois à vivre de la débrouille. Ainsi, la ville est devenue un immense marché de négoce avec des boutiques implantées sur toutes les avenues et dans tous les quartiers, avec les marchands à la sauvette. C'est un marché incontrôlé, qu'on appelle communément 'marché pirate'.² Dès lors, l'impact sur l'assainissement a été immédiat aurait dû amener tout naturellement les autorités à adapter les moyens d'intervention adaptée à cette nouvelle donne.

Il se constate par ailleurs, l'occupation désordonnée des servitudes de l'Etat par des kiosques, des terrasses, des bars et des marchés des véhicules d'occasion. Le non - respect des prérogatives de l'Etat, l'inculture ainsi que le manque de civisme sur la voie publique par les automobilistes et motocyclistes contribue à l'insalubrité de la ville. Cette situation est source de dégradation de l'environnement et d'insécurité dans la ville. La disparition progressive des arbres d'alignement dans les servitudes au profit des parkings automobiles, des bars et restaurants, « dégrade malheureusement dans l'indifférence des autorités tant urbaines que communales, les conditions de vie des citoyens. »³

3 NOTION D'ASSAINISSEMENT

Avant d'aborder la notion d'assainissement, il convient de ressortir d'abord les causes de l'insalubrité. En effet, à Lubumbashi comme ailleurs à travers le pays, les sources de de l'insalubrité sont nombreuses et variées. C'est notamment, le commerce avec son lots d'emballages et d'inventus périssables ou non, les activités des ménagères où l'on trouve les déchets ménagers, les hôpitaux avec leurs emballages et autres déchets, les bâtiments etc. Et la liste est bien longue. Ces éléments constituent, « une conséquence de notre mode de vie dans un monde développé, ils ne cessent de croître en quantité, en nocivité et en complexité. »⁴

Dans une réflexion sur l'assainissement, Janique rappelle que la dégradation de la ville traduit aussi l'état du lien social. L'auteur, s'appuie sur l'étude faite au Burkina-Faso sur l'assainissement. Selon cette étude, « L'indifférence à la pollution du voisinage par la saleté a pu être interprétée comme un indicateur de l'affaiblissement du lien social, de la solidarité de voisinage et, plus généralement, de la dégradation du rapport entre les hommes et leur cité [...]. La cause de ces dégradations est évidemment le processus de modernisation de la vie urbaine, qui touche inégalement et à des degrés divers les groupes sociaux et qui renvoie les couches économiquement faibles à la périphérie de la modernité. »⁵ Cette différence de niveau va de pair avec la compréhension de la notion même d'assainissement.

¹ S'inspirant du rapport du PNUD sur la population, Cezar Nkuku (V.Y. Mudimbe, 2021) souligne que depuis la guerre de l'Est de la RD Congo, il a été observé une croissance soutenue de la démographie dans la ville de Lubumbashi tandis que plus de la moitié de la population vit avec moins de 1\$ par jour (PNUD, 2008)

² Marché Pirate : Il s'agit des vendeurs à la sauvette qui échappent au fisc que l'on trouve dans chaque avenue de la ville de Lubumbashi et qui constituent une des causes d'insalubrité dans la ville.

³ Rapport de la commission spéciale de l'assemblée provinciale chargée de faire un état des lieux sur les causes de l'insalubrité dans la ville de Lubumbashi. Juin 2021.

⁴ Desachy, Ch., *Les déchets : sensibilisation à une gestion écologique*, Paris, 2è éd. Technique et documentation, 2001, p.2.

⁵ Janique, E., « Eau et assainissement : croyance, mode et modèles », dans *Afrique contemporaine*, Vol.1, n° 205, 2003, pp. 103-117.

L'assainissement est généralement défini comme, « moyens de collecte, de transport et de traitement d'épuration des eaux usées avant leur rejet dans les rivières. »⁶ Si l'assainissement de l'eau est parmi les indicateurs de la situation actuelle de la précarité environnementale dans la ville, il constitue une partie du problème à Lubumbashi. La présente réflexion, se focalise sur l'assainissement des agglomérations de la ville de Lubumbashi qui sont polluées par les déchets solides. Dans cette perspective, il est normal de considérer la pollution produite par l'absence de gestion des déchets de toute sorte ainsi que par les ordures parfois dangereuses à travers la ville. Se prononçant sur la question de pollution et de changement climatique, le Pape François rappelle que, « la terre, notre maison commune, semble se transformer toujours davantage en un immense dépotoir. A plusieurs endroits de la planète, les personnes âgées ont la nostalgie des paysages d'autrefois, qui aujourd'hui se voient inondés d'ordures. »⁷

La question de l'insalubrité est intimement liée non pas à la négligence mais à l'indifférence du citoyen par rapport à la saleté. Au niveau de la mentalité, la culture des ordures, des déchets constituent un sérieux problème de santé publique dans la population Congolaise. Il s'agit là, d'une forme de pollution qui, si elle n'est pas bien gérée, va affecter les citoyens au quotidien, « l'exposition aux polluants atmosphériques produit une large gamme d'effets sur la santé. »⁸

Il nous coûte de reconnaître que militer pour l'assainissement des agglomérations de la ville est une façon saine de se débarrasser des déchets domestiques qui ne sont pas biodégradables, des déchets des différents commerces, des hôpitaux, des bâtiments, que l'on voit à travers la ville. Il est alors important d'examiner les causes éventuelles de cette situation que chacun déplore mais qui continuent de s'amplifier sans solution.

4 LES CAUSES POSSIBLES DE L'INSALUBRITÉ

L'insalubrité qui s'installe à Lubumbashi a plusieurs causes. Selon la littérature académique de la ville évoquée par Nkuku Khonde et alii, il y a lieu de noter, « la vétusté de l'infrastructure qui date de l'époque coloniale (avant 1960), la pauvreté de la population, la mauvaise planification du service d'évacuation des déchets ménagers et immondiçes, le non-respect des normes urbanistiques. »⁹

D'autres causes de l'insalubrité peuvent être également évoquées. C'est entre autres l'absence d'une gestion saine des fonds alloués à l'assainissement de la ville, la conjoncture politique et socioéconomique, le mauvais traitement des agents et autres commis au service de l'assainissement constituent un obstacle à la mise en œuvre de bonnes stratégies de façon à endiguer l'insalubrité. Selon le chercheur Congolais, qui rappelle une enquête faite auprès de la population de la plus ancienne commune de Lubumbashi par Mutwale Ngelwe Marie-Louise (1993), les marchés pirates¹⁰ « étaient l'une des causes de l'insalubrité de cette vieille commune autrefois ville européenne. Les personnes interrogées lors de cette enquête déclaraient avoir conscience de l'effet négatif des marchés pirates sur la salubrité dans ces secteurs. »¹¹ Les éléments d'insalubrité évoqués ci-haut, ne sont pas sans conséquence sur la santé des citoyens. Ils peuvent constituer des causes importantes de maladies et des décès. C'est notamment, la malaria, le choléra et autres maladies dites des mains sales ou des maladies connexes telles que la fièvre typhoïde, l'hépatite A et E, la gale, la diarrhée, le paludisme, etc.

A Lubumbashi, malgré les différentes communications en faveur de la sensibilisation à la salubrité, la ville continue à perdre sa beauté à cause des dépôts sauvages des ordures ménagères et autres déchets non contrôlés. Il est à craindre que la communication de l'autorité ne soit, comme le dit si bien Jean-Marie Charpentier cité par Thierry Libeart, « une communication de simple embellissement. »¹²

⁶ <https://m.actu-environnement.com>.

⁷ Pape François, « Loué sois-tu Seigneur », Lettre encyclique sur la Sauvegarde de la maison commune, dans *Laudato si*, Vol I, n° 2519, 2015, pp. 1-59.

⁸ Pape François, *Op.Cit*, pp.10-59.

⁹ Nkuku Khonde et alii, « De la production du savoir sur l'environnement sanitaire de Lubumbashi en sciences humaines », dans Mudimbe : Appropriation, Transmission, Reconsidération. Paris, Cygne, 2021, pp197-2006.

¹⁰ En jargon de Lubumbashi, le mot « marché pirate », *Op.Cit*, p.2.

¹¹ *Idem*,

¹² Libeart, Th., *Communication environnementale*, Paris, CNRS, 2016, p. 270.

5 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Il importe de rappeler que cette réflexion aborde la question des enjeux et des défis communicationnels dans l'effort vers la salubrité de la ville. L'approche méthodologique voudrait se saisir des actes de communication (actes illocutoires) qui influenceraient le mode de penser des citoyens en faveur d'une prise de conscience. A ce niveau, il est nécessaire de souligner que l'approche communicationnelle est une méthodologie que les Sciences de l'information et de la communication (SIC) s'approprient. Pour l'essentiel, « elle s'intéresse à la façon dont l'homme éprouve, assume, et oriente son existence. Le champ communicationnel est ainsi perçu en substance comme un univers d'échanges quotidiens, au cours desquels les individus donnent sens à la réalité qu'ils partagent. C'est en ce sens que l'approche communicationnelle peut s'appliquer à la lecture de différents types de problèmes politiques, sociologiques, organisationnels auxquels les hommes sont confrontés »¹³

C'est pourquoi, les SIC se démarquent des autres sciences tout en développant l'usage des concepts spécifiques, « Les différentes formes interactionnistes, les yeux, les enjeux explicites et cachés des systèmes de communication, les projets des acteurs, l'émergence des significations, la création des normes relationnelles, la structuration de des positions, l'expression des entités... »¹⁴ Il est important à ce niveau de montrer la pertinence de l'analyse qualitative qui est une démarche de recherche de sens. Ainsi, « Le sens n'est pas *donné*, il est *caché*: il s'agit d'une herméneutique. Le moment essentiel de l'analyse est celui de l'inférence de concepts et de modèles conceptuels relatifs aux phénomènes humains observés »¹⁵ Tout naturellement, Il y a des éléments qui concourent à l'analyse de la pragmatique de communication. C'est notamment les énoncés, la signification et le contexte. Cette méthode est définie par Dardier comme, « l'usage du langage dans les contextes sociaux et constitue une approche sociale et culturelle du langage et de la communication. »¹⁶

A titre illustratif, nous allons examiner quelques dictons ou maximes populaires qui véhiculent les *habitus* des citoyens lushois vis-à-vis de la salubrité et des questions environnementales. Il nous faudra les situer dans un contexte de manière à en dégager le contour sémantique possible. Alors seulement la signification apparaît, et on se rend finalement compte que la préoccupation du citoyen n'est d'abord l'hygiène de son environnement mais bien d'autres choses que cela.

6 MAXIMES, DICTONS ET EXPRESSIONS COURANTES

Les expressions courantes et populaires, que l'on peut qualifier parfois des proverbes, dictons, adages ou maximes, constituent un héritage culturel pétri de sagesse, d'expériences et de morale au niveau local. Elles paraissent comme des expressions langagières qui résument en quelque sorte une certaine mentalité d'insalubrité au quotidien des citoyens ou tout simplement un ras-le-bol par rapport à la gestion politique de l'environnement et à la conduite générale de la chose politique. Le choix de ces expressions est motivé par leur capacité à traduire un certain mode de vie du Congolais en général, et du Congolais moyen en particulier. Ces formules sont porteuses d'une philosophie populaire axée sur la négligence et sur le laisser faire collectif car, c'est finalement l'Etat s'en occupera, conçoivent la majorité des citoyens. On se rend alors compte que la préoccupation de la population est ailleurs, notamment la recherche de quoi vivre et que la question de salubrité est reléguée en l'arrière-plan. Pour en savoir un peu plus, voici quelques expressions populaires.

6.1 DICTON N°1

« Muntu mweushi, ashikufwake na microbe ». Comprendre: « *Le Noir ne meurt pas de microbe* ».

L'examen de la maxime montre que le *Noir* est sujet du verbe *ne meurt pas de microbe*. Cela revient à dire, sur le plan sémantique, les attributs de la mort ne s'appliquent pas à l'homme noir suite à des microbes. La mort n'est pas, pour l'homme noir, subséquente des microbes, d'agents pathogènes tel que les bactéries, les virus, etc. Cette conception entraîne, sur le plan comportemental des attitudes qui relèvent de cette vision du monde. La mort ne relève pas d'agents pathogènes, mais elle est engendrée par d'autres facteurs d'ordre ontologique et mystique. Ce sont d'autres forces, dans la cosmogonie négro-africaine qui sont des générateurs de la mort. Cela entraîne comme inférences possibles que la saleté, le manque d'hygiène qui, en

¹³ Yomboranyama, Anicet., « Un regard anthropologique de la communication à travers la polyandrie en R.D.Congo », dans *Cahiers Congolais de communication*, Vol 10, n°1, 2013, pp.47-60.

¹⁴ Ekambo, J.C., *Paradigme de communication*, IFASIC, édition 2005, p.98.

¹⁵ <https://docplayer.fr/5778275-Introduction-a-la-recherche-qualitative-i-principes.html> , Site visité ce 22/06/2021 sur l'introduction à la recherche qualitative.

¹⁶ Dardier, V., *Pragmatique et pathologies : Comment étudier les troubles de l'usage du langage ?*, Paris, Bréal, p.253.

général, sont porteurs de germes de la mort ailleurs, n'ont pas d'incidences sur l'homme noir. Du coup, du point de vue doxatique, « un discours impersonnel, un *'on-dit'* qui circule sans annoncer d'autre origine que celle de l'évidence même. Cet aspect rend d'autant plus cruciale l'analyse des modalités énonciatives des fragments doxiques»¹⁷, celui-ci est indifférent à l'insalubrité, à laquelle il s'accommode car cette dernière n'est pas dangereuse et ne peut en aucun cas entraîner un décès. Consécutivement à cette perception de la vie, les déchets ne constituent pas un problème comme tel, car ils sont une réalité non essentielle à l'existence de l'homme noir. Ainsi, prendre soin de son environnement, veiller à la salubrité des lieux semblent une réalité qui se situe en dehors des préoccupations primordiales de ce dernier.

6.2 DICTON N° 2

« Microbe iko distraits ». Comprendre: « *Les microbes sommeillent encore / ils sont distraits* ». C'est-à-dire, ils ne peuvent attaquer l'homme dans toutes les circonstances. Cette expression s'emploie quand il s'agit de récupérer un aliment souillé pour le consommer immédiatement après qu'il soit tombé par terre, par exemple.

Le terme *microbes* constitue le sujet du verbe *sommeiller*. Cela revient à attribuer des caractéristiques humaines à un micro-organisme comme si celui-ci pouvait avoir la même conscience que l'homme. Cette attitude qui relève de l'anthropomorphisme est rencontrée très souvent lorsqu'il s'agit des aliments qui sont exposés au sol ou qui sont tombés à même le sol. Le consommateur d'un produit pareil ne prend pas le soin de le nettoyer, car il suppose, comme dans la première maxime, que les effets néfastes des microbes, notamment les bactéries qui peuvent conduire à la mort, n'ont pas d'impact sur lui. Cette conception est très présente dans le chef des jeunes, surtout lorsqu'on se sent vigoureux et hors d'atteinte par des maladies. Cela infère entre autres l'insouciance, l'indifférence et entraîne ainsi un certain comportement d'insouciance vis-à-vis du contexte environnemental dans lequel on évolue.

Par ailleurs, il est logique de considérer que ce comportement social traduit un certain mode de vie des citoyens. 'Les microbes sommeillent', ils ne peuvent pas tuer l'homme noir car celui-ci meurt d'autres choses, notamment de la faim, de la misère, du chômage, de la sorcellerie et de bien d'autres choses encore. Du coup, cette vision du monde convoque l'idée d'une certaine *lassitude*, de *l'exaspération* par rapport à vie. Désabusés par les politiques et des espoirs déçus, le citoyen manifeste un désintéressement à tout, même à la vie. Si le manque de nourriture, de travail, ne tue pas, ce ne sont pas les microbes contenus dans les aliments, même exposés par terre, qui vont tuer. Car, un adage soutient: « Kufa, tuliisha kufa, tuta ongopa kuoza ? »: « *Morts, nous le sommes déjà, ce n'est pas pourrir que l'on va craindre* ». Ceci traduit en quelque sorte une indifférence par rapport à la vie en général. Mourir n'est rien puisque la vie que l'on mène n'est guère différente de la situation des morts. Autant ne rien craindre et profiter de tout ce qui se présente même si c'est de la nourriture souillée par des microbes. Avec, des citoyens qui ont une telle conception de la vie, il importe que la communication comme politique publique gère de la question d'assainissement dans une synergie avec toutes les parties prenantes.

7 DE L'APPROCHE PRAGMATIQUE

Nous partons du présupposé qu'il existe, de toute évidence, une relation entre la démarche qualitative et l'approche pragmatique de communication. Pour la première démarche, il s'agit de comprendre des comportements des habitants de la ville de Lubumbashi, situés dans les trois communes retenues pour cette étude: la commune de Lubumbashi, la commune Annexe et la commune de Kamalondo. La seconde approche consiste en la production de données chiffrées qui peuvent être des écrits voire des paroles, comme c'est le cas dans le présent travail. Selon cette démarche, Gebauer soutient l'idée selon laquelle le langage « est une production sociale et historique qui dépend des apprentissages linguistiques des locuteurs et de la situation de parole structurée dans laquelle, ils sont engagés lorsqu'ils parlent, en visant à produire certains effets »¹⁸. Dans l'une comme dans l'autre démarche, il s'agit essentiellement des énoncés situés dans un contexte de la communication bien défini.

En ce qui nous concerne, il s'agit tout naturellement de l'usage des certains dictons, des énoncés, qui soutiennent des comportements sociaux des Lushois. L'intérêt majeur est de comprendre comment se conjuguent ces paroles avec les praxis quotidiennes de manière à en dégager non seulement du sens, mais aussi et surtout la doxa. Si nous considérons que tout est

¹⁷ Provenzano, Fr., Article en ligne sur la doxatique.

<http://ressources-socius.info/index.php/lexique/21-lexique/57-doxa> (article visité ce 03/06/2021)

¹⁸ Bourdieu, *Dictionnaire International*, Paris, CNRS, 2020, p. 310.

système, il y a lieu de retenir ici que la communication n'évolue que dans un système, entendu comme un lieu de construction des savoirs, de savoir être, d'échanges ainsi que d'influences réciproques entre les éléments constitutifs dudit système. Repris par Dikanga Kazadi, Watzlawick et alii, affirment que le système est « un ensemble récurrent, régulier et repérable de formes d'échanges existant, dans une certaine temporalité... »¹⁹

Ainsi, les dictons et maximes inhérents à la salubrité ou à l'insalubrité sont des témoins d'un fonctionnement d'un système de référence à l'intérieur duquel évoluent les citoyens loushois. Les énoncés et expressions cités ci-haut constituent alors un reflet de l'état d'esprit qui préside aux différents comportements sociaux de certains loushois. Il convient à ce niveau de réflexion que l'autorité repense des stratégies communicationnelles visant à intégrer et à responsabiliser le citoyen dans la gestion de la salubrité de manière active. L'Etat pourrait dans une certaine mesure initier une campagne de prime aux chefs de quartiers qui jouent convenablement leur rôle. Ceci pourrait créer de l'émulation et de motivation auprès de cadres de base.

8 PLACE DE L'ASSAINISSEMENT DANS LA POLITIQUE PUBLIQUE DE COMMUNICATION À LA MAIRIE DE LUBUMBASHI

Sans communication conséquente, l'on ne peut pas s'imaginer une dynamique de changement dans la recherche de la salubrité dans la ville. Ceci implique, un certain nombre de préalables. Il y a des pensées erronées chaque fois dénoncées par Dominique Wolton à savoir, « La communication se réduit à la transmission. »²⁰ La communication veut dire d'abord échange, dialogue, bonne concertation et quelques fois la confrontation. Thierry Libeart ajoute, « C'est pourquoi, dans les projets auxquels donne lieu le modèle du développement durable, elle joue nécessairement un rôle central, parce qu'elle organise la relation avec l'ensemble des parties prenantes. »²¹

La politique publique de communication en faveur de l'assainissement constitue un exercice délicat du fait qu'elle reste exigeante sur le plan de son contenu. Raison pour laquelle, qu'il s'agisse du message ou de l'émetteur, l'action doit convaincre de manière à créer l'adhésion. A la Mairie par exemple, les actions menées dans le cadre de l'assainissement ne sont pas planifiées et par conséquent l'adhésion est difficile à obtenir. Même lorsqu'elles le sont, au moment de leurs exécutions, ces actions ne sont pas entourées de tous les soins communicationnels requis. Malheureusement, ce désordre organisationnel est constaté par la population et l'adhésion devient difficile.

Pour comprendre la place de l'assainissement dans la politique publique de la Mairie et la communication qui l'entoure, nous avons jugé bon de faire la relecture du discours de monsieur le Maire de la ville devant les députés provinciaux sur la question. Voici ce qu'il avait déclaré: « De même que je suis préoccupé par la situation sécuritaire de la ville, je le suis aussi pour l'insalubrité qu'on observe ici et là: les immondices et ordures ménagères, jonchant les rues et avenues, d'autres sont jetées dans les avaloirs. Les recettes de la Mairie provenant de la taxe sur immondices et ordures ménagères et de la taxe spéciale d'assainissement due au déchargement ne peuvent suffire par rapport à l'ampleur des problèmes liés à l'insalubrité et à l'assainissement de la ville. C'est ainsi que la Mairie fait de son mieux avec les moyens de bord... J'ai besoin de l'accompagnement des Honorables députés provinciaux pour sensibiliser la population au respect des normes environnementaux. »²²

9 ENJEUX COMMUNICATIONNELS

Aborder la problématique des enjeux d'une communication dans un processus de développement, revient à se questionner sur le bénéfice que cette communication engendre. Il convient de rappeler que la communication publique est tenue par les acteurs qui sont les organisations qui, elle-même, gérées par les hommes publics. Les enjeux sont multiples et sont essentiellement au service de la communauté. C'est ici le lieu de rappeler la particularité de cette communication qui est celle d'intérêt général. Il faudra également noter l'échange des informations entre les acteurs publics, les citoyens et la société civile dans le but de maintenir le lien social. Pierre Zémor, cité par Dominique Bessièrès soutient que, « la communication publique

¹⁹ Dikanga Kazadi, *La communication politique et le nouvel espace public Congolais*, Paris, L'harmattan, 2013, p.40.

²⁰ Wolton, D., *Il faut sauver la communication*, Paris, Flammarion, 2005, p.66.

²¹ Libeart, Th., *Communication et développement durable : des relations ambiguës*, in *Communication Langages*, n° 150, Décembre 2006, p.127.

²² *Droit de réponse du Maire de la ville à la question orale lui adressée à l'Assemblée Provinciale, Lubumbashi, juin 2020, p. 38.*

est la communication formelle qui tend à l'échange et au partage d'informations d'utilité publique, ainsi qu'au maintien du lien social, dont la responsabilité incombe à des institutions publiques »²³

Il est clair que cette communication a quelque chose qui la distingue des autres communications, c'est notamment: rendre compte d'une part, et favoriser le débat public d'autre part. Cette approche crée un sentiment d'appartenance au niveau de la collectivité voire un sentiment de considération des citoyens comme acteurs. Ainsi, lorsque le citoyen est responsabilisé, il peut accompagner l'élan du changement dans un comportement d'attachement aux valeurs sociales, ce qui améliore les relations entre l'administration et le public.

La Mairie de Lubumbashi a tout intérêt de s'inscrire dans la vision dictée par la notion elle-même: se mettre au service d'intérêt général. Au niveau local, la communication publique comme une composante de la politique publique souffre d'un déficit chronique lié tant à l'outil de travail qui reste inapproprié ou quasi inexistant, des hommes qui ne sont pas à leur place à cause de la sélection non régulière des animateurs que sur la gestion du message lui – même qui manque de professionnalisme.

10 LES DÉFIS D'UNE COMMUNICATION PUBLIQUE.

Il se constate d'une manière générale des faiblesses presque inévitables, au-delà des enjeux et de bénéfices que cette communication pourrait procurer tant à l'administration qu'à la communauté. Nous allons en citer quelques-uns. Ces limites qui constituent un défi sont présentes dans l'administration de la Mairie de Lubumbashi. Elles sont de deux ordres. La première est de l'ordre du personnel. En effet, le personnel qui gère la communication n'est pas formé suffisamment pour faire face aux flux d'information à gérer de manière utile. La deuxième est liée à l'outil de communication qui est obsolète et non adapté. Ces deux éléments à eux seuls, constituent un défi majeur dans un processus communicationnel. Par ailleurs, Il se constate également la difficulté de la distinction entre publique et politique, de la restriction budgétaire qui se caractérise par le manque des moyens de service de communication en détachement à la mairie, par l'absence de compétences dans ces différents services, l'improvisation criante dans différents choix de décisions y compris dans la communication de l'autorité. Telles sont les différentes limites qui caractérisent la communication publique au sein de l'administration de la Mairie.

11 CONCLUSION

Il ressort de cette réflexion un constat selon lequel, la ville de Lubumbashi est de plus en plus insalubre. Cette situation est due à plusieurs facteurs, parmi lesquels on trouve la paupérisation, la démographie galopante, l'absence de planification, la mégestion caractérisée, l'incivisme de la population ainsi que l'indifférence de l'autorité face au phénomène d'insalubrité manifeste. Ces éléments constituent un défi majeur dans un processus de communication publique. Cependant, l'autorité est appelé à veiller à une communication qui prenne en compte les aspects intégratifs: les aspects d'échange avec les citoyens et de rendre compte pour que ceux-ci se sentent concernés par la question. Agir autrement, la question d'insalubrité serait perçue par les citoyens comme un problème essentiellement de l'Etat et non le sien.

²³ Bessières, D., *La définition de la communication publique : des enjeux disciplinaires aux changements des paradigmes organisationnels*, dans communication et organisation, vol.1,n°35, 2009, pp.1-8.

REFERENCES

- [1] Bessières, D., (2009), « La définition de la communication publique: des enjeux disciplinaires aux changements des paradigmes organisationnels », dans communication et organisation, vol.1, n°35.
- [2] Bourdieu, (2020), Dictionnaire International, Paris, CNRS, 2020, p. 310.
- [3] Dardier, V., (2001), Pragmatique et pathologies: Comment étudier les troubles de l'usage du langage ?, Paris, Bréal, p.253.
- [4] Desachy, Ch., (2001) Les déchets: sensibilisation à une gestion écologique, Paris, 2è éd. Technique et documentation.
- [5] Dikanga Kazadi, (2013), La communication politique et le nouvel espace public Congolais, Paris, L'harmattan.
- [6] Ekambo, JC., (2005), Paradigme de communication, IFASIC, édition 2005, p.98.
- [7] <https://docplayer.fr/5778275-Introduction-a-la-recherche-qualitative-i-principes.html>, Site visité ce 22/06/2021 sur l'introduction à la recherche qualitative.
- [8] <https://m.actu-environnement.com>.
- [9] Janique, E., (2005) « Eau et assainissement: croyance, mode et modèles », dans Afrique contemporaine, Vol.1, n° 205.
- [10] Libeart, Th., (2006), Communication et développement durable: des relations ambiguës, in Communication Langages, n° 150, Décembre.
- [11] Libeart, Th., (2016) Communication environnementale, Paris, CNRS.
- [12] Nkuku Khonde et alii, (2021) « De la production du savoir sur l'environnement sanitaire de Lubumbashi en sciences humaines », dans Mudimbe: Appropriation, Transmission, Reconsidération. Paris, Cygne.
- [13] Pape François, (2015) « Loué sois-tu Seigneur », Lettre encyclique sur la Sauvegarde de la maison commune, dans Laudato si, Vol I, n° 2519.
- [14] Provenzano, Fr., Article en ligne sur la doxatologie. <http://ressources-socius.info/index.php/lexique/21-lexique/57-doxa> (article visité ce 03/06/2021).
- [15] Wolton, D., (2005), Il faut sauver la communication, Paris, Flammarion, 2005, p.66.
- [16] Yomboranyama, Anicet., (2013) « Un regard anthropologique de la communication à travers la polyandrie en R.D.Congo », dans Cahiers Congolais de communication, Vol 10, n°1.

Coordination des acteurs et innovation: Quel modèle d'intégration territoriale de la RBA au Maroc ?

[Coordination of actors and innovation: Which model for territorial integration of the Biosphere Reserve of Arganeraie in Morocco ?]

Hala Idrassen¹, Said Boujrouf¹, Nada Baki², and Salma El Ghiouan¹

¹Département de géographie, Université Cadi Ayyad, Faculté des lettres et des sciences humaines, Laboratoire des Etudes sur les Ressources, Mobilité et Attractivité (LERMA), Marrakech, Morocco

²Université Hassan 1^{er}, Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, et Laboratoire des Etudes sur les Ressources, Mobilité et Attractivité (LERMA), Morocco

Copyright © 2021 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: Cet article s'inscrit dans le cadre des recherches académiques relatives au projet Erasmus+ Edu-BioMed: « développement des compétences pour l'éducation et la recherche appliquée dans les réserves de biosphère méditerranéenne de l'UNESCO » et des travaux de terrain réalisés par l'équipe du Laboratoire des Etudes sur les Ressources, Mobilité et Attractivités (LERMA) dans la Réserve de Biosphère d'Arganeraie (RBA). Le label de « Réserves de Biosphère d'Arganeraie » (RBA) est une reconnaissance d'un écosystème reconnu par diversité biogéographique, naturelle et culturelle exceptionnelle. Mais cette Réserve de Biosphère se caractérise par des relations complexes entre ses gestionnaires et sa population locale du fait essentiellement des dynamiques innovatrices actuelles impactant ses territoires. La modernisation se fait dans un environnement de fragilité socio-spatiale et d'appauvrissement dans les indicateurs de la viabilité économique. D'où l'intérêt de prise en considération des différentes échelles de l'intégration territoriale de la RBA et le rôle de l'innovation dans son développement durable. Le but est d'étudier l'intégration territoriale de la RBA par le biais d'analyse du processus des innovations apparues au niveau de la RBA. Le système de la réserve est complexe, puisqu'il regroupe une multitude d'actions et de décisions. La coordination entre les acteurs se heurte au manque d'une vision commune sur le développement durable de cette réserve et même de son intégration à différentes échelles territoriales. Par le biais d'une approche systémique, on a précisé l'orientation de chaque acteur. Une volonté vient apparaître, mais nécessite un travail pour booster le leadership entre eux pour bien coopérer et travailler dans le sens d'une meilleure intégration de la RBA. De ce fait, l'adaptation du modèle GIVE à notre démarche scientifique et à notre contexte d'innovation, vient pour apporter une valeur ajoutée au processus de coordination des acteurs de la RBA.

KEYWORDS: BRA, innovation, emergence, integration, territorial actors, sustainable development.

RESUME: This article is part of the academic research related to the European project called Edu BioMed «Capacity building and applied research in Mediterranean UNESCO's Biosphere Reserves» and the work field conducted by the Laboratory of Studies on Resources, Mobility, Attractiveness (LERMA) team in the Biosphere Reserve of Arganeraie (BRA). The label of BRA is recognized as an exceptional biogeographical, natural and cultural ecosystem. However, this Biosphere Reserve is characterized by a complex relationship between its managers and the local population. This is mainly due to the innovative dynamics that affect its territories. Moreover, modernization takes place in an environment of socio-spatial fragility and impoverishment of indicators of economic viability. It is therefore important to consider the different levels of territorial integration of the BRA and the role of innovation in its sustainable development. The aim is to study the territorial integration of the RBA by analyzing the process of innovations that emerged at the RBA level. The reserve system is complex, it brings together a multitude of actions and decisions. The coordination between actors is hampered by the lack of a shared vision on the sustainable development of this reserve, and even its integration in different territorial level. A systemic approach was used

to clarify the alignment of each actor. A will has just appeared, but some work is needed to strengthen the leadership between them to cooperate and set together towards better integration of the BRA. Adapting the GIVE model to our scientific approach and to our innovation context adds value to the process of coordinating RBA actors.

MOTS-CLEFS: RBA, innovation, émergence, intégration, acteurs territoriaux, développement durable.

1 INTRODUCTION

L'Arganeraie a été déclarée par l'UNESCO en 1998, Réserve de Biosphère vu la singularité et le potentiel spécifique de sa biodiversité. La zone de la RBA s'étend sur trois régions à savoir: Marrakech-Safi, Souss-Massa et Guelmim-Oued Noun au centre ouest du Maroc.

Cette reconnaissance universelle est un atout mais il ne faut jamais oublier le revers de la médaille. Aujourd'hui, l'Arganeraie souffre d'une dégradation continue à cause de la surexploitation de la ressource, le surpâturage, le vol constaté du fruit d'argane et sa spéculation, la diminution continue de la productivité de l'arganier. Ces dynamiques destructrices de la biodiversité interpellent un effort considérable de la part des acteurs. Or, l'arganeraie se caractérise par l'existence d'une multitude d'acteurs dans ce territoire à différentes échelles, dans différents secteurs et territoires.

L'ère de la mondialisation, l'évolution de l'environnement global et les transformations majeures concrétisées par les accords de libre-échange, ont bel et bien accentué la concurrence et fortement menacé la compétitivité des produits locaux. Dans ce sens, le rôle du processus de l'innovation est de contribuer à l'émergence des différentes politiques d'innovation et à la création de solutions adéquates de coordination et de convergence pour arriver à l'intégration territoriale de la RBA.

Ce qui nous amène à poser la problématique suivante: Comment peut-on mener cette coordination et cette convergence entre les acteurs pour arriver à l'intégration territoriale de la RBA dans un contexte connu par des processus d'innovation continus ?

Pour répondre à cette problématique, il est nécessaire de voir le rôle de l'innovation dans le système des acteurs de la RBA. À cet effet, nous établissons, par la suite et à l'aide de la documentation collectée appuyée par la méthode déducto-inductive, un aperçu sur l'ensemble des actions réalisées pour promouvoir l'intégration, la durabilité et le développement du territoire de la RBA. En troisième lieu et à travers une cartographie d'acteurs, nous expliciterons les différentes opinions et représentations des acteurs de la RBA. À l'aide des méthodes qualitatives effectuées, nous esquisserons un modèle de concertation entre les acteurs de la RBA dans le sens d'une convergence pour l'intégration territoriale de la RBA.

2 L'INNOVATION DANS LE SYSTEME D'ACTEURS DANS LA RBA

2.1 INNOVER PAR UN DIALOGUE INHABITUEL ENTRE ACTEURS

« Les pratiques des habitants locaux ne contribuent pas au développement d'arganeraie de manière dense » [1]. L'exploitation traditionnelle de la forêt de l'arganier (le pâturage, agriculture vivrière, production de l'huile d'argan, le bois...) permettaient jusqu'au 20ème siècle, le maintien des conditions de vie de la population rurale [2]. Depuis des siècles, l'arbre de l'arganier connu par ses multiples usages, est considéré comme une ressource identitaire et d'appartenance des habitants locaux de l'arganier. Avec l'adhésion à l'Organisation Mondiale du Commerce et le passage vers le libre-échange, plusieurs réformes ont été adoptées au Maroc. Le mouvement capitaliste s'est caractérisé par l'ouverture à de nouveaux marchés nationaux et internationaux et par l'évolution de la production ainsi que le développement des organisations (de la méthode traditionnelle à la naissance des firmes et des entreprises) [3].

L'accroissement, parfois, excessif des structures de l'économie sociale et solidaire (coopératives, associations, GIE) et les sociétés de production de l'arganier affecte largement le processus de mutation socio-économique et culturelle de la RBA. L'huile d'argan devient, par excellence un produit de terroir très recherché. Cette surchauffe de la demande des produits de l'arganier, interpelle la compétition des acteurs autour de cette ressource territoriale. Cette multitude d'acteurs réclame toutefois d'instaurer un dialogue collaboratif, dont l'écoute, la compréhension et la prise de décision collective passent par le langage [4]; chaque acteur mène un certain nombre d'actions et de décisions généralement individuelles, ce qui fait l'objet de problème de gouvernance. Comment gérer donc ces différences entre les différents acteurs ? Comment connecter l'intérêt individuel de chaque acteur vers le collectif ? Comment « *penser global et agir local* ? » [5]. L'école classique en économie au nom de Mac Gregor, explique à travers sa « théorie Y » de la motivation, que l'homme n'est pas allergique au travail, il peut lui-même chercher de la responsabilité dans ce travail qui peut être une source de satisfaction. Ainsi rapporter au développement territorial son potentiel de créativité à la seule condition qu'il puisse mettre en place des méthodes et un climat propice à la satisfaction de ses besoins propres. En effet, on suppose que les acteurs aligneront leurs contributions et s'autocontrôleront afin de se pencher vers les mêmes objectifs (vision globale) qui s'inclinent au niveau de leurs propres objectifs (vision personnelle). Un bon climat relationnel doit se procurer dans ce processus, ce va et vient entre intérêt personnel et intérêt général, qui est souvent une

condition essentielle pour obtenir une gouvernance équitable (principe d'intégration). Herzberg montre, quant à lui, dans sa *Two factor theory* [6], que l'épanouissement de l'individu est lié à l'élargissement de son travail; les facteurs d'hygiène (de mécontentement: la politique et la hiérarchisation et les facteurs de motivation (les accomplissements, la reconnaissance, la nature et l'intérêt du travail proprement dit, la responsabilité et l'avancement). En résumé, il met en évidence ces deux facteurs qui relèvent de la convergence d'objectifs entre acteurs et entre acteurs dans les différentes échelles territoriales, pour expliquer que l'ignorance des facteurs de motivation aboutit à des échecs.

Les acteurs dans la RBA sont le fruit du « déclin » du système tribal par l'ouverture sur l'extérieur, par la mise en place de nouvelles structures modernes, par l'instauration de nouveaux modes de production...etc. La temporalité courte et l'ouverture accélérée de l'espace de la RBA à ces mutations n'ont pas permis à ces acteurs de promouvoir les actions individuelles plutôt que collectives et collaboratives.

2.2 INNOVER PAR DES SOLUTIONS INTEGRANT LA DURABILITE DE LA RBA ?

Sans oublier les préoccupations environnementales et dans la perspective de transition écologique, l'innovation responsable gagne de jour en jour plus de terrain dans les pays comme dans les espaces surtout à forte dégradation des ressources écosystémiques. L'innovation responsable est « un processus transparent et interactif par lequel les acteurs sociaux, les chercheurs et les innovateurs collaborent pour l'acceptabilité de l'éthique, de la durabilité et de la pertinence sociétale (*societal desirability*) de l'innovation » [7]. Or, l'exploitation démesurée de l'écosystème de l'arganeraie absorbe son capital naturel (le surpâturage, la coupe du bois...). L'écologie est un mouvement dont le but est la sauvegarde et la valorisation du patrimoine naturel et qui souhaite concilier les exigences du développement économique et social avec celles de la qualité de vie. Dans le champ social, le territoire de l'Arganeraie a connu une transition vers l'économie sociale et solidaire avec l'apparition de structures favorisant l'intégration de la femme et le renforcement de leur capacité (ex. projet Renforcement Economique des Femmes de l'Arganier au Maroc (REFAM)), la structuration du secteur de l'arganeraie et l'appui aux projets socio-économiques (accessibilité, lutte contre l'analphabétisme...). Dans le champ environnemental, l'appui aux projet environnementaux (ex. projet de Développement de l'Arganiculture en Environnement Dégradé (DARED), régénération, plantation, Unités de collecte). Ces innovations responsables doivent notamment impliquer l'ensemble des parties prenantes [8]. Dans un contexte franco-britannique, l'*innovation responsable* est différente de *responsible innovation*; le premier concept se focalise davantage sur les relations entre les différentes parties prenantes et les enjeux légaux, alors que le deuxième se limite à l'idée générale de devoir prendre en considération les conséquences de ses actes dans l'innovation. Le fait de responsabiliser les parties prenantes, être en mesure de subir les conséquences de leurs actes qui se reflètent sur le territoire directement ou indirectement, est une faculté humaine face aux technologies qui présentent un risque de se substituer au capital humain [9].

On entame une phase de dégradation de la forêt naturelle de l'arganier, de stress hydrique et de pénurie des ressources naturelles, une menace flagrante causée par les changements climatiques... Une approche dite « frugale » de l'innovation est une action pour diminuer ce constat alarmant dont la performance (Fig.1) est une clé de succès pour mener à bien la gestion commune et encadrée des ressources naturelles. Selon Radjou Navi, le processus de l'innovation frugale est un choix rationnel économique; il faut frugaliser de l'amont à l'aval dans la chaîne de valeur. Selon cette approche, on veille à éliminer les coûts inutiles dans le processus d'innovation [10]. Dans un territoire émergent, les besoins des citoyens se développent et doivent être pris en considération afin de formuler une offre appropriée et adaptable à leurs attentes [11]. Selon Radjou, l'innovation Jugaad est basée sur six principes: transformer les contraintes en opportunités, faire mieux avec moins, penser et agir avec flexibilité, viser la simplicité, impliquer la population marginale et suivre son cœur [12]. C'est un moyen qui permet de créer des solutions durables et un levier utile pour construire une transition vers une économie plus verte. Dans un sens, le *frugalisme* est un premier pas vers la durabilité [13]. En effet, l'innovation frugale est un nouveau paradigme technologique visant à produire des biens moins chers, avec une qualité minimale, en utilisant des intrants locaux bon marché. Parce qu'il économise du matériel et de l'énergie dans la fabrication et l'utilisation de biens à bas prix, il contribue à la gestion équitable des ressources épuisables. De plus, l'innovation frugale présente trois importantes propriétés vertes: capacité de réparation en cas de panne, récupération des composants à la fin de leurs durées de vie, et recyclage probable. Elle s'intègre avec la base d'une économie circulaire (approche systémique du cycle de vie d'un bien / service) [14].

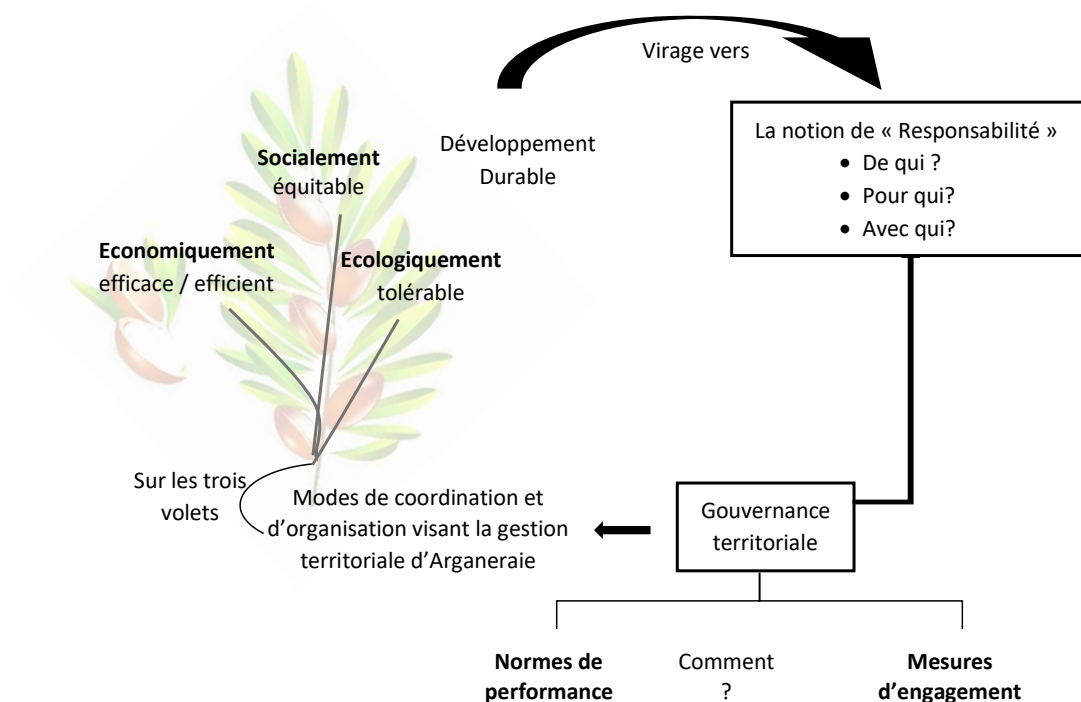


Fig. 1. Cercle vertueux de la performance territoriale

La Réserve de Biosphère d'Arganeraie est un système forgé par ses acteurs, par ses projets, ses spécificités et ses ambitions. L'ère de la mondialisation impose l'innovation en tant qu'une arme de développement; la compétitivité de l'économie marocaine [15] exige des modifications au niveau structurel des modes d'organisation déployés dans la gestion des activités et des échanges. Cela nous amène à s'interroger sur la RBA, les étapes de passage depuis l'aire de l'arganeraie vers un modèle de biodiversité reconnu mondialement.

3 LA RBA: HISTORIQUE D'UN MODELE EMERGENT DE L'AIRE DE L'ARGANERAIE

La reconnaissance universelle du patrimoine de l'arganier et de l'Arganeraie vient renforcer le maintien et la préservation des ressources locales et les valeurs paysagères et culturelles de cet écosystème et sa biodiversité. On va expliciter les stratégies mondiales et voir ainsi les actions les plus importantes réalisées au niveau de la RBA.

3.1 LOCALISATION DE LA RESERVE DE BIOSPHERE D'ARGANERAIE

Notre zone d'étude impérativement concerne la RBA, on a suivi l'itinéraire suivant: Agadir-Tiznit-Sidi Ifni-Tafraoute-Ammelne (Fig.3), dont l'objectif est d'étudier les niveaux d'intégration de la RBA par le biais des différents acteurs territoriaux (ce volet est explicité dans 4). La carte ci-dessous représente les limites de la RBA, mettant en lumière les caractéristiques biogéographiques (Fig.2).

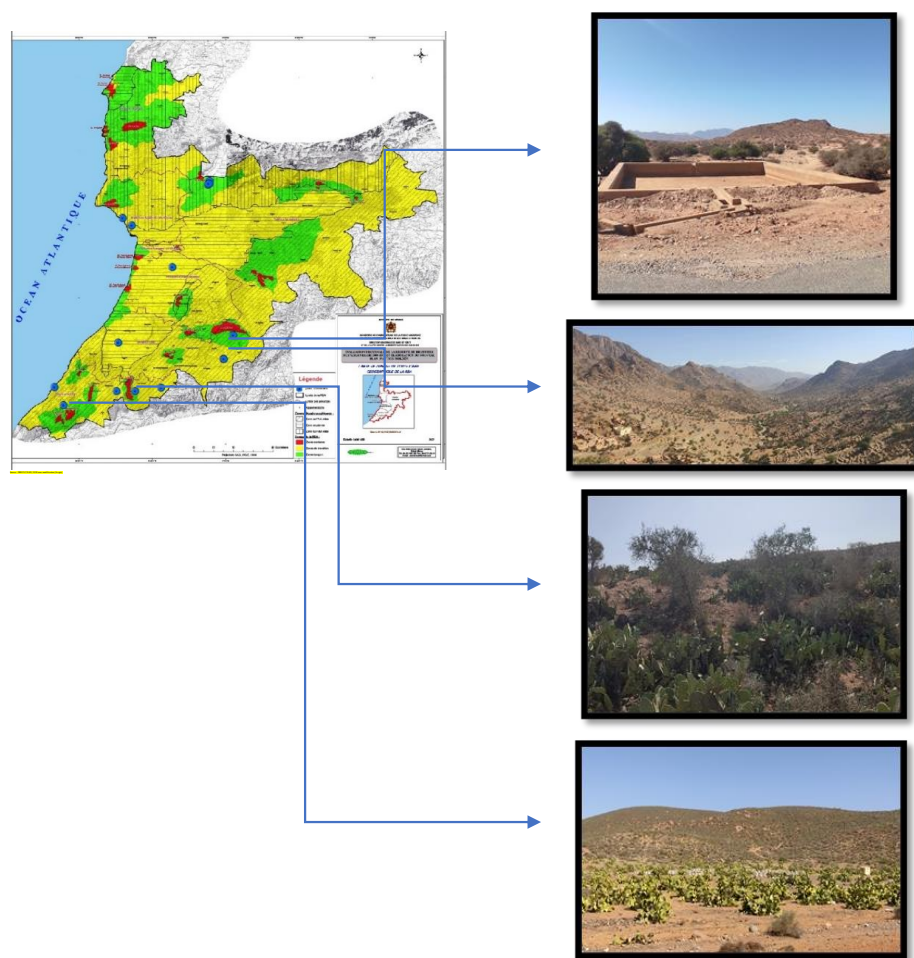


Fig. 2. Localisation des points d'arrêt des enquêtes effectuées dans la RBA (Carte de la RBA, 2018-2027 [16]) [17]

La région de Souss-Massa a une influence de nature touristique de la part de Marrakech. Au niveau de l'Anti-Atlas, on observe une migration ascendante vers l'étranger, mais avec un rattachement identitaire observé par la construction de nouvelles maisons près de la route avec accès facile en parallèle des constructions anciennes en cours de démolition (délaissées). Ces nouvelles constructions, comme indiqué dans les photos ci-dessous, marquent une récupération d'identité territoriale pour le statut social et le caractère solidaire de la population locale en considérant la terre comme leur appropriation contre « MR. l'administration ».



Fig. 3. Nouvelles constructions à proximité de la route (Territoire d'Ammelne) [18]

Suivant les normes prédites par le réseau du MAB, un zonage *individualisé* a été mis en œuvre pour la RBA dans le Plan Cadre élaboré entre 1998 et 2002. Ce zonage est revérifié chaque décennie par l'organe de gestion qui est la DREFLCD-SO. La Fig.2 montre la superficie de chaque zone au niveau de la RBA. L'Arganeraie marquée par une diversité biogéographique, naturelle et culturelle, d'où le choix d'un zonage en grappe, elle comporte 24 zones centrales réparties sur l'Anti-Atlas, la plaine, le Haut-Atlas et le littoral, ainsi que 12 zones

tampons et deux types de zones de transition: l'une constituée par les plaines et les vallées agricoles, l'autre par les formations forestières [19]. Ce zonage varie en dimension et en forme, en fonction des conditions géographiques et des contraintes locales.

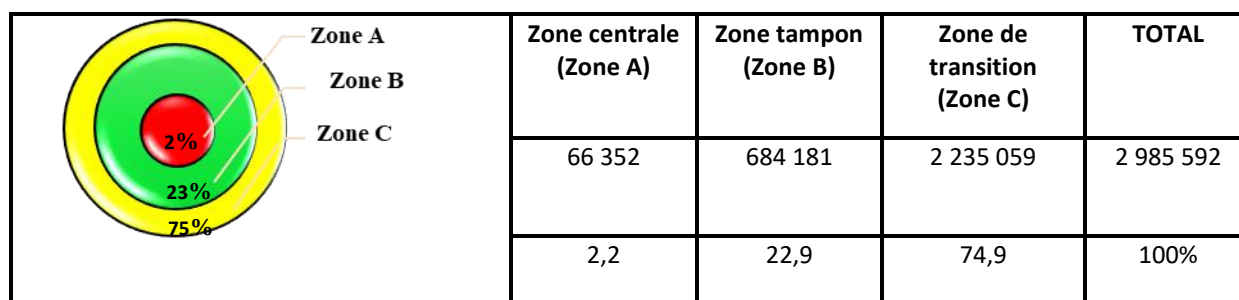


Fig. 4. Les superficies du zonage de la RBA 'in press' [20]

3.2 LES ACTIONS REALISEES PAR LE MONDIAL: DES OPPORTUNITES POUR LA RBA ?

Le tableau ci-dessous présente de manière synthétisée, les processus de réalisation des projets concernant des Réserves de biosphères. Ce mouvement commence par le colloque organisé par l'UNESCO qui a entraîné par la suite le programme MAB. A travers ce programme, plusieurs assemblées se sont réalisées pour maintenir le système écologique et le concilier avec le contexte socio-économique de la population locale de la réserve.

Tableau 1. Les phases marquantes des Réserves de Biosphère [21]

Année	Action réalisée	Résultat
1968	Colloque « Utilisation et conservation de la biosphère », organisé par l'UNESCO à Séville	Création du Programme sur l'homme et la biosphère (MAB): conciliation entre système social et système écologique
1971	Création du Programme Man and Biosphere (MAB) Réserve de biosphère: modèle de réconciliation entre l'usage durable de la ressource et la préservation de la biodiversité	Création d'un Réseau Mondial des Réserves de Biosphère (RMRB). Ce réseau compte 651 réserves de biosphère (2015)
1974	Assemblée du groupe de travail du MAB	L'évolution du Programme MAB et commencement d'une série d'assemblées
1984	1er Congrès International sur les RB à Minsk-Belarus	Plan d'action pour les RB
03-1995	2ème Congrès International sur les RB à Séville-Espagne	Stratégie de Séville et cadre statutaire du RMRB
11-1995	Conférence générale de l'UNESCO	Approbation de la Stratégie de Séville et du cadre statutaire du RMRB
2000	Conférence Séville +5 à Pampelune-Espagne	Reprise des recommandations stratégiques de Séville Série de décisions pour les réserves de biosphère transfrontalières
2008	3ème Congrès Mondial sur les RB à Madrid-Espagne	Plan d'Action de Madrid (PAM) 2008-2013
2013-2014	Evaluation du PAM	Manque de clarté et de logique dans certains éléments, conclusions limitées par le faible taux de participation = existence d'écarts régionaux importants
2016	4ème Congrès Mondial des RB à Lima-Pérou	Elaboration du Plan d'Action de Lima 2016-2025: la continuité de la stratégie de Séville et du cadre statutaire du RMRB

Le programme MAB est considéré comme un moteur d'innovation dans la mesure où il révèle l'importance de la recherche interdisciplinaire dans l'amélioration des aspects écologiques et socio-économiques des réserves de biosphère. Pour faire face aux changements climatiques, ce programme identifie et évalue les effets de ces changements. Ainsi que, dans le contexte des mutations socio-économiques, ce programme étudie les interactions entre les individus et les dynamiques résultantes de ce processus. Il permet

aussi la promotion de connaissances environnementales pour orienter la conscience humaine vers les termes d'écologie, de responsabilité durable des écosystèmes. Le Réseau Mondial des Réserves de Biosphère résultant du programme MAB, vient de consolider le dialogue entre les différentes réserves de biosphère. Ce réseau mondial permet d'explorer des technologies et d'autres approches de développement et d'apprentissage.

La banalisation de l'identité culturelle engendrée par l'économie du marché et la mondialisation, dans ce processus de l'innovation technologique et économique et de rareté de ressources, apparaît une voie de rationalité de l'exploitation des ressources, de bonnes pratiques de préservation... Dans ce sens, la stratégie de Séville a montré son innovation et son succès dans la mise en place des conditions pour le bon fonctionnement des réserves de biosphère, à l'aide d'un enchaînement d'indicateurs de mesure bien précis. Ainsi que l'ensemble des recommandations bien détaillées.

Ces assemblées ont fourni un cadre exceptionnel, elles ont permis l'instauration d'un ensemble d'orientations penchées vers la durabilité dont le rôle des Réserves de Biosphères est non seulement assuré l'équilibre et l'harmonie entre Homme/Nature, mais contribué à la responsabilisation des sociétés du monde. Comment ces grandes lignes ont été décliné, au niveau de la Réserve de Biosphère d'Arganeraie ?

3.3 AUTEUR LES ACTIONS REALISEES À L'ECHELLE NATIONALE AU NIVEAU DE LA RESERVE DE BIOSPHERE D'ARGANERAIE

La RBA a été inscrite en premier dans la liste du MAB de l'UNESCO, parmi les 4 réserves au niveau du Maroc (La Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain (RBOSM) créée en 2000 dans la région d'Errachidia, Ouarzazate et Zagora, La Réserve de Biosphère Intercontinentale de la Méditerranée (RBIM) créée en 2006 et assise sur les territoires des provinces du Nord-Ouest du Maroc et celles de Cadix et Malaga de l'Andalousie (Espagne). La Réserve de Biosphère du Cèdre de l'Atlas (RBCA) créée en 2016 sur une surface d'environ 1.375.000 ha. Ce statut a été accordé par l'UNESCO lors du 4ème congrès mondial des réserves de biosphère, organisé du 14 au 17 mars à Lima (Pérou).

Tableau 2. Les étapes les plus marquantes au niveau de la RBA

Année	Événement phare	Résultat	Objectif
1925	Dahir du 4 mars 1925	• Législation spéciale: droits de jouissance au profit de la population locale de la RBA	Concilier entre Homme et Biosphère
1995-2002	Projet de conservation et développement de l'Arganeraie (PCDA)	• L'élaboration des plans cadres de la RBA dans la phase d'étude de ce projet	– La mise en valeur des ressources naturelles est indispensable pour le développement socio-économique de la région
12-1998	Reconnaissance de l'UNESCO de l'Arganeraie	• Création de la Réserve de Biosphère d'Arganeraie • Application des recommandations de la stratégie de Séville 1995	– Préserver les ressources biologiques des valeurs paysagères et culturelles; – Maintenir l'équilibre et les écosystèmes; – Contribuer au développement local et régional de la zone.
1998-2002	Plan Cadre de la RBA	• Réalisation du zonage de la RBA (Fig.2) selon les normes du Réseau du MAB • Que des recommandations en ce qui concerne les structures de gouvernance (pas de décision)	– Mettre en place des structures de gouvernance de la RBA (leurs attributions, composition et modalités de fonctionnement) – Créer une agence de développement chargée de la gestion de la RBA ou des Groupements d'Intérêt Economique (GIE).
2002	Création d'un Réseau d'Associations de la RBA (RARBA)	• « Développement des structures organisationnelles du RARBA • Renforcement des capacités des membres du réseau • Appui aux ADL et aux CL en partenariat avec d'autres intervenants en vue d'un développement local durable	– Assurer le développement durable de la zone de la RBA – Sensibiliser à la gestion rationnelle des ressources naturelles – Conserver et valoriser le patrimoine culturel

		• Contribution à l'émancipation de la femme et l'implication des jeunes dans le DL... » [22]	
1998-2008	1er rapport d'évaluation décennale	• L'inventaire des différents écosystèmes présents dans la RBA, • Le zonage de la RBA (aires centrales, zones tampons, zones de transition), • Les activités humaines de la RBA, • La recherche scientifique développée et les programmes de sensibilisation. • Le bilan de l'activité institutionnelle et de la gestion de la RBA.	Ce document a constitué un état de référence de la 2ème décennie
18-02-2010	Projet de loi N°06-10	• Création de l'Agence Nationale pour le Développement des Zones Oasiennes et de l'Arganier	– Coordonner et de concerter entre les différents acteurs gouvernementaux, élus et organismes dans la réalisation d'un programme global de développement des zones de son intervention – Assurer l'exécution, le suivi des réalisations et l'évaluation dans la perspective de durabilité.
2008-2017	Plan d'action de la RBA	Plusieurs actions ont été mené au niveau de: • La conservation et le suivi de la biodiversité • La conservation des ressources en eau • La réhabilitation des écosystèmes naturels • Surveillance et lutte contre les catastrophes naturelles • Sécurisation foncière...etc.	– Intensifier la recherche génétique et physiologique sur l'arganier – Renforcer la filière de l'arganier
12-2011	1 ^{er} Congrès International sur l'Arganier (CIA)	– Partager les connaissances scientifiques et techniques entre les chercheurs nationaux et internationaux, les gestionnaires forestiers, les acteurs économiques et les utilisateurs – Contribuer à la consolidation d'un plan d'action visant le développement de la filière de l'arganier sur des bases scientifiques solides [23]	
2017	Création de la Fédération Interprofessionnelle de la Filière de l'Arganier (FIFARGANE)	– Créer un pôle de recherche et développement intégré – Durabilité de la production et la qualité, comme modèle complémentaire pour la préservation de la zone d'arganier – Innover dans le processus de valorisation de l'arganier – Améliorer les conditions vitales du secteur [24]	
2018-2027	Plan d'actions 2018-2027 de la RBA	– Préserver la biodiversité, restaurer et améliorer les biens et les services écosystémiques et promouvoir la gestion durable des ressources naturelles dans le cadre d'un soutien à l'atténuation et à l'adaptation aux changements climatiques. – Contribuer à la mise en place des fondements d'une économie verte et inclusive permettant d'assurer un développement humain et une cohésion sociale propre aux spécificités culturelles. – Faciliter la science de la biodiversité et de la durabilité, promouvoir l'éducation au service du développement durable, renforcer des capacités des acteurs, consolider le système de gouvernance et renforcer le système de suivi et évaluation, et consolider le cadre juridique et institutionnel.	

L'ensemble des innovations réalisées dans le cadre de la RBA se penche sur la recherche génétique et les actions d'ordre environnemental et néglige le volet social et de développement local. Ce *gap* montre la nécessité de valoriser et de médiatiser la richesse intrinsèque de l'Arganeraie. En résumant, les différents interviews avec les acteurs de la RBA, les opinions sont sujet de controverse, ...

Dans la perspective de la responsabilité environnementale et la durabilité de l'écosystème de l'Arganeraie, comment ce modèle émergent de l'aire de l'Arganeraie peut rapprocher l'ensemble des acteurs à agir rationnellement pour arriver à une coordination dans une perspective d'innovation continue ?

4 INTEGRATION TERRITORIALE DE LA RBA: INNOVATION AU SERVICE DE LA CARTOGRAPHIE ET PASSAGE VERS UN ESSAI D'UN MODELE-ACTION

4.1 CARTOGRAPHIE DES ACTEURS DE LA RBA

Les acteurs selon leur niveau hiérarchique prennent des décisions en fonction des objectifs fixés [25]. Supposons que les connaissances et les capacités de ces acteurs sont limitées, la décision en tant qu'un processus qui aboutit à un choix, peut conduire ces « décideurs » à opter pour une stratégie de suiveur (copier les choix des autres). Supposons ainsi que la rationalité de ces « décideurs » est limitée par les motivations, la personnalité et les valeurs *anticonformiste systémique*. Comme a signalé H. Simon [26], les acteurs se permettent de prendre des décisions satisfaisantes et non optimales car l'environnement est instable et en constance évolution. Dans la (Fig.5) nous avons exposé les différents acteurs de la RBA dans les échelles territoriales du communal jusqu'à le national en centralisant la RBA. On a constaté l'apparition de structures transversales (le RARBA 2002, l'ANDZOA 2010 et FIFARGANE 2017). En effet, on se permet de mettre la structure de FIFARGANE au niveau communal car elle se compose des ayants droits et des producteurs et usagers de l'Arganeraie. En ce qui concerne la RARBA, il existe des coordinations pour chaque province. Et enfin, l'ANDZOA au niveau national, car elle coordonne avec l'ensemble des acteurs.

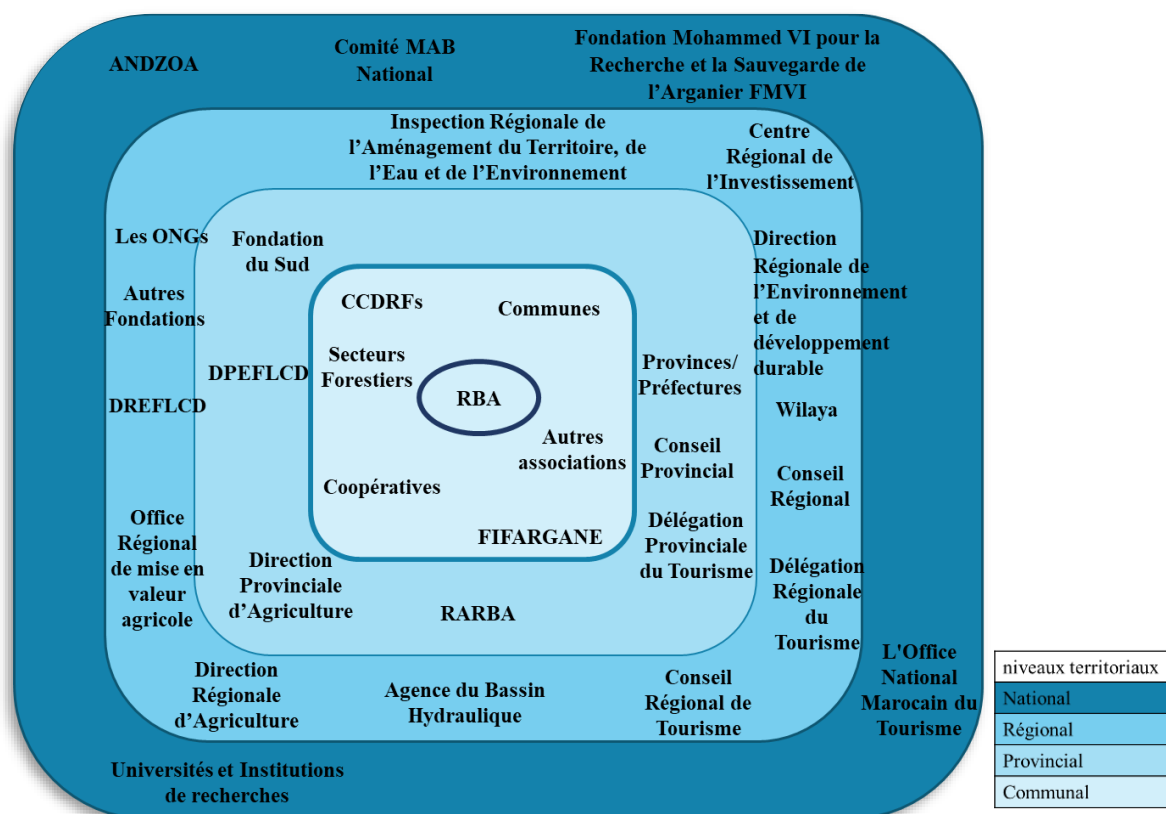


Fig. 5. Hiérarchie territoriale des Acteurs Potentiels clés de la RBA

Chaque acteur, selon son intérêt individuel se permet de prendre des décisions, de réaliser des actions et on se trouve à la fin avec une panoplie de décisions, ainsi qu'avec un ensemble d'actions déployées. Cela nécessite une « certaine cohérence sociale » [27]. Partant de l'approche de Durkheim où les individus « oublient » leurs intérêts propres au profit de l'intérêt collectif; cette approche dite collective s'accapare de cet égoïsme individuel, entraîne au fur et à mesure une convergence interacteur, serait-il possible de mettre en œuvre une telle convergence ?

4.2 REPRESENTATIONS DES DIFFERENTS ACTEURS DE LA RBA

Après la réalisation de la cartographie des acteurs de la RBA, on va procéder, dans cette séquence à l'analyse des représentations et des orientations de certains acteurs de la RBA.

L'ANDZOA Agadir

Le but de la création de cette agence est de mettre en place une synergie entre l'ensemble des acteurs de la RBA. C'est une structure transversale entre tous les intervenants et un outil d'intégration et de coordination.

 L'Agence Nationale de Développement des Zones Oasiennes et d'Arganier (ANDZOA) parmi ses missions, c'est la coordination et la complémentarité et la convergence entre tous les acteurs qui se trouvent dans l'arganeraie. Elle vise ainsi la valorisation du patrimoine naturel et culturel et l'amélioration de la qualité de vie des citoyens... etc. Sa stratégie permet ainsi de redynamiser le territoire qui appartient à sa zone d'intervention. Par le biais de partenariat local ainsi que sectoriel, l'ANDZOA ancre sa position comme acteur nécessaire de la

RBA. Ainsi, elle a pour rôle de revêtir l'Homme de la responsabilité vis-à-vis le patrimoine de l'arganier, et l'intégrer dans le processus de préservation et de développement de cette biodiversité.

Le RARBA Tiznit

La RBA est un cadre de travail collectif avec tous les acteurs que ce soit les collectivités territoriales, la société civile et les services étatiques. Aujourd'hui, on est tous appelé à valoriser le patrimoine culturel.

 Le Réseau des Associations de la Réserve de Biosphère d'Arganeraie (RARBA) joue le rôle d'ancrage de la RBA en tant qu'un modèle de développement d'ici 2030 et d'un pôle d'activation et de plaidoyer pour le développement durable au sein de la RBA. Pour le RARBA, la communication et la sensibilisation sont nécessaires pour les acteurs locaux (y compris les coopératives) afin de leur permettre de disposer d'informations, d'expertise et de médiation scientifique et de les accompagner afin de poser les bases et les règles de mise en réseau et de gestion au sein de la RBA.

DREFLCD-SO Agadir

La RBA souffre d'un problème de gouvernance, il n'y a pas un modèle fonctionnel ou autonome de la RBA. L'organisation des acteurs se voit une nécessité (les ayants droits ont leur fédération, il faut que les scientifiques eux aussi construisent leur fédération ainsi les administrations) à travers des programmes intégrés. Ce label a permis de mettre à table un certain nombre de débats scientifiques.

 La vision des Eaux et Forêts est basée sur l'unité territoriale. Le label de la RBA a mis en avant, à travers les recherches scientifiques, les vertus de l'huile d'argan (intégration dans les marchés).

La considération de la valeur identitaire, culturelle et historique du territoire de l'arganeraie vient ensuite pour appuyer la compétitivité des produits de l'arganier et ainsi contribuer à l'attractivité de la RBA et essayer d'améliorer la situation socio-économique de la population locale de l'arganier. Les enjeux et les contraintes du développement de la RBA sont à prendre en considération, d'où l'intérêt d'organiser les acteurs en fédération (les gestionnaires, les scientifiques, la société civile/Population locale).

UN PROFESSIONNEL EN TOURISME Agadir

On ne sent pas une appropriation du concept RBA, il existe toujours cette relation conflictuelle avec la population locale.

On positionne l'homme au centre de la biosphère, c'est l'homme qui doit protéger la biosphère. Car l'entrée par acteurs est très compliquée.

 Le tourisme autant que secteur qui met en valeur les ressources territoriales (l'huile d'argan et ses vertus), héberge une hiérarchie décisionnelle partant des projets au niveau national jusqu'aux projets mis en œuvre au niveau local, cette hiérarchie demeure bel et bien orientée vers une vision top-down.

ACEA Ammelne

Autant qu'acteur local qui possède la volonté et la conscience pour valoriser les ressources spécifiques de la région en concertation avec l'ensemble des acteurs manœuvrant dans une vision commune qu'est le développement territorial durable.



L'Alliance Civile pour l'Environnement à Ammelne est une structure à vocation le développement du territoire d'Ammelne. Intéressée par le tourisme écologique, cette alliance développe un ensemble d'itinéraire touristique et essaye d'intégrer l'ensemble des spécificités des Douars de la commune Ammelne.

4.3 ESSAI D'UN MODELE-ACTION POUR LA MEDIATION COLLECTIVE DES ACTEURS DE LA RBA

Le modèle américain GIVE [28] est venu pour booster le *leadership* non seulement chez les managers mais aussi les collègues de travail. Dans notre contexte, on cherche la performance des projets de territoire dans les différents secteurs économiques: agriculture, tourisme, artisanat, patrimoine, éducation, santé...etc. La coordination des différentes parties prenantes demeure une condition sine qua non pour la réussite de ces projets.

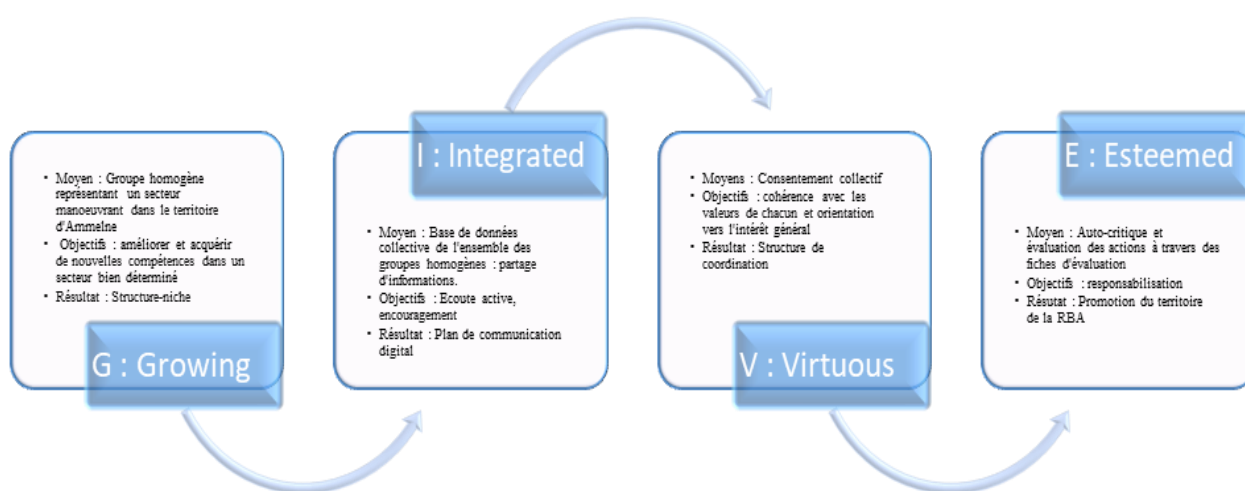


Fig. 6. Modèle-action pour l'apprentissage et la médiation collective des acteurs de la RBA

Ce modèle se répartit en quatre étapes, la première est « Growing », il s'agit du développement continu de la personnalité. Dans la perspective d'une approche niche, on va essayer de créer de petits groupes homogènes et que chaque groupe représente un secteur économique, il peut s'agir notamment de créer une association des agriculteurs, du tourisme, de l'environnement...etc. Ces structure-niche vont se spécialiser dans un secteur et essayer d'en être performant. La deuxième étape est « Integrated », une base de données va être créée intégrant les informations des structures-niche.

Ces informations recueillies de ces structures vont nous aider par la suite pour construire un plan de communication digitale. Ce plan va organiser les actions et les exigences des différentes structures-niche (les réunions, les canaux de diffusion, les contenus ...etc.). La troisième étape « Virtuous », cette étape nous renseigne sur la question de consentement collectif durant le passage vers des structures médiatrices. Cette fois-ci, on est interpellé à partager l'information avec non seulement notre cercle des locaux mais avec le reste du monde, c'est-à-dire les touristes que ce soit les touristes domestiques ou encore les touristes internationaux. La dernière étape « Esteemed », il s'agit de l'estime et la responsabilisation de ces structures vis-à-vis la promotion de leur territoire. Dans cette étape, on procède à l'auto-critique et l'évaluation des actions à travers des fiches d'évaluation bien déterminés entre les structures-médiatrices.

5 CONCLUSION

Les traits de l'innovation dans la durabilité, la conservation des écosystèmes et la biodiversité sont omniprésents dans les assemblées réalisées par le Réseau Mondial des Réserves de Biosphère ainsi que les recommandations de la stratégie de Séville. Dans le contexte national, le Maroc s'est engagé dans la question de préservation afin de lutter contre les dégradations continues des écosystèmes à travers la réalisation de projets environnementaux de régénération et de plantation de l'arganier. Ces dernières décennies, l'accent est mis sur la recherche scientifique et le développement des pratiques innovatrices. La réalisation d'une multitude de rencontre

internationale comme le congrès international d'arganier et de colloque de biodiversité... a permis le tissage d'un réseau entre les gestionnaires, le secteur privé, la société civile et les chercheurs pour le développement d'idées innovatrices. L'innovation est là, mais il se voit qu'il y a un manque dans son adaptation juridique aux contextes spécifiques de la RBA.

La RBA caractérisée par l'existence de plusieurs actions qui demeurent non orientées vers leur examen et évaluation. La non prise en considération des croisements entre ces actions permet la redondance dans les projets. De ce fait, dans la réalisation de chaque action ou plan, il faut vérifier les croisements avec les autres acteurs et les autres secteurs, pour cadrer les valeurs ajoutées et les orientées vers la durabilité de la RBA.

La volonté de coopérer apparaît moins évidente et la fédération entre les acteurs territoriaux doit être non seulement dans la concertation, mais dans une intégration par la planification. Les acteurs de la RBA que ce soit les acteurs étatiques ou non étatiques ou encore la société civile sont interpellés à s'organiser et à concerter entre eux par le biais d'assemblée (Réunion, Conférence, congrès, colloque, assise...) dans la mise en œuvre de leurs plans d'action et cela pour veiller à la bonne pratique des normes et des orientations du comité MAB pour une perspective de durabilité, de conservation et de préservation.

La coordination entre les acteurs nécessite un effort considérable de réorientation vers le collectif pour réaliser l'intégration de la RBA dans les échelles territoriales;

- Manifester une réelle volonté à travailler ensemble
- Orienter les intérêts individuels vers l'intérêt collectif
- Engager les objectifs spécifiques vers des objectifs communs (consensus)
- Innover par la planification: Intégration de la RBA

La culture et les valeurs intrinsèques de la population locale de l'arganier exprime un rapport d'identité avec l'arbre. La nouvelle orientation des innovations doit se focaliser sur la valorisation des connaissances, des savoirs et les techniques de gestion traditionnelle. A quel point l'intégration de ce volet dans le processus d'innovation va réorienter les actions et mener vers une nouvelle ère de la Réserve de Biosphère ?

REFERENCES

- [1] H. Faouzi, « L'arganeraie marocaine, un système traditionnel face aux mutations récentes : le cas du territoire des Haha, Haut Atlas occidental », *Noroi*, 242 | 2017, 57-81.
- [2] L. Auclair, M. Alifriqui, « Agdal : patrimoine socio-écologique de l'Atlas marocain », 2012.
- [3] F. Munier Le paradoxe schumpétérien ou l'absence de « Schumpeter Mark II » : À propos de l'évolution de la Théorie de l'évolution économique. *Innovations*, 42, 195-210, 2013.
- [4] C. Figuière, M. Rocca, « Gouvernance : mode de coordination innovant ? Six propositions dans le champ du développement durable » [1]. *Innovations*, 39, 169-190, 2012.
- [5] A. Hounounou, « 100 fiches pour comprendre le management » 4ème édition. Edition Bréal, 2013.
- [6] A. Hounounou, « 100 fiches pour comprendre le management » 4ème édition. Edition Bréal, 2013.
- [7] R. Barré, « Des concepts à la pratique de l'innovation responsable : à propos d'un séminaire franco-britannique. *Natures Sciences Sociétés*, 19, 405-409, 2011.
- [8] S. Berger-Douce, « La performance par l'innovation responsable ». *Entreprendre & Innover*, 2015.
- [9] Science et Technologie au Royaume-Uni [Online] Available : https://uk.ambafrance.org/IMG/pdf/2011_sst-dossier-innovation-responsable.pdf?6456/e88ddf1dbbd999b1be4fff49e752568909cdbab8.
- [10] C. Le Bas, "Frugal innovation, sustainable innovation, reverse innovation: why do they look alike? Why are they different?". *Journal of Innovation Economics & Management*, 3(3), 9-26, 2016.
- [11] R. Basu, P. Banerjee, E. Sweeny, "Frugal Innovation: Core Competencies to Address Global Sustainability". *Journal of Management for Global Sustainability*, 2013.
- [12] Le Bas, C. Sustainable innovation and frugal innovation: Exploring the relationships between Innovation and sustainability. *Revue d'économie industrielle*, 3(3), 113-137. 2017.
- [13] C. Le Bas, "Frugal innovation, sustainable innovation, reverse innovation: why do they look alike? Why are they different?". *Journal of Innovation Economics & Management*, 3(3), 9-26, 2016.
- [14] C. Le Bas, "Frugal innovation, sustainable innovation, reverse innovation: why do they look alike? Why are they different ?". *Journal of Innovation Economics & Management*, 3(3), 9-26, 2016.
- [15] D. Gurraoui, « La compétitivité : économie de la connaissance, compétences managériales, intelligence économique, veille stratégique », 2015.
- [16] DREFLCD-SO, « Evaluation Décennale de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie 2008-2017 et Elaboration du Nouveau Plan d'Action 2018 – 2027 » « Phase 2 : Mission II : Elaboration du nouveau plan d'action de la RBA 2018-2027 », 2020.

- [17] Prospection de terrain de la RBA.
- [18] DREFLCD-SO, « Evaluation Décennale de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie 2008-2017 et Elaboration du Nouveau Plan d'Action 2018 – 2027 » « Phase 2 : Mission II : Elaboration du nouveau plan d'action de la RBA 2018-2027 », 2020.
- [19] DREFLCD-SO, « Evaluation Décennale de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie 2008-2017 et Elaboration du Nouveau Plan d'Action 2018 – 2027 » « Phase 2 : Mission II : Elaboration du nouveau plan d'action de la RBA 2018-2027 », 2020.
- [20] Prospection de terrain de la RBA.
- [21] DREFLCD-SO, « Evaluation Décennale de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie 2008-2017 et Elaboration du Nouveau Plan d'Action 2018 – 2027 » « Phase 2 : Mission II : Elaboration du nouveau plan d'action de la RBA 2018-2027 », 2020.
- [22] DREFLCD-SO, « Evaluation Décennale de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie 2008-2017 et Elaboration du Nouveau Plan d'Action 2018 – 2027 » « Phase 2 : Mission II : Elaboration du nouveau plan d'action de la RBA 2018-2027 », 2020.
- [23] DREFLCD-SO, « Evaluation Décennale de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie 2008-2017 et Elaboration du Nouveau Plan d'Action 2018 – 2027 » « Phase 2 : Mission II : Elaboration du nouveau plan d'action de la RBA 2018-2027 », 2020.
- [24] RARBA, Mots Du Fondateur la RARBA, 2021.
- [25] ANDZOA, [Online] Available : <http://andzoa.ma/fr/>.
- [26] FIFARGANE, « Axes du programme 2017-2020 ».
- [27] El Yacoubi, R. Gestion et organisation d'entreprise, collection MCG, 2005.
- [28] Rationalité limitée : la rationalité procédurale de la décision, le modèle I/M/C – Herbert Simon [Online] Available : <http://www.sietmanagement.fr/decision-organisationnelle-rationalite-procedurale-les-boucles-imc-h-simon/>.
- [29] Durkheim, 1960.
- [30] Le modèle américain GIVE [Online] Available : <https://www.manager-go.com/management/dossiers-methodes/modele-give>, 2021.

Evaluation des pertes post-récolte du mil et du sorgho dans les communes de Ziniaré et de Komki-Ipala (Burkina Faso)

[Assessment of post-harvest losses of millet and sorghum in the communes of Ziniaré and Komki-Ipala (Burkina Faso)]

Siébou François Kambou¹, Zakaria Ilboudo¹, Dieudonné Ouedraogo², and Antoine Sanon¹

¹Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, UFR, SVT, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso

²Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement, DGPV, MAAH, Burkina Faso

Copyright © 2021 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 reduction of the losses post-harvest can contribute to the attack of the food self-sufficiency and the backing of the food security in Burkina. It is in this perspective that this survey has been undertaken and consisted to the assessment of the losses post-harvest of the pennisetum and sorghum in the townships of Ziniaré in the region of the Central Tray and Komki-Ipala in the region of the Center. This assessment carried at home on the links harvest, drying, transportation of the fields and beating / vannage. It had for objective to determine the level of the losses. The rate of the quantitative losses is determined according to the methodology of the FAO. The analysis of the sorghum losses revealed 6,33 % to the harvest, 8,63 % to beating / vannage, 2,2 % to the drying and 0,3 % to the transportation at home, for the two townships. So the losses accumulated of sorghum have been estimated to 17,46 %. The losses post-harvest of the pennisetum recorded to the harvest is estimated on average to 6,76 % and 12,53 % to the operations of bombardment / vannage. The heap of the losses of the pennisetum bound to the operations of harvest and bombardment / vannage has been valued to 19,3 %. These results show that the losses post-harvest stays important. The losses of financial incomes by agricultural household are estimated in 55 875 FCFA for sorghum and 42 000 FCFA for the pennisetum. By extrapolation, the quantitative losses of the two cereals considered value themselves to 30 784 tons about for the two regions with an economic value closely 4,336 FCFA billions.

KEYWORDS: Sorghum, pennisetum, losses post-harvest, food security, Burkina.

RESUME: La réduction des pertes post-récolte peut contribuer à l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire et au renforcement de la sécurité alimentaire au Burkina Faso. C'est dans cette perspective que cette étude a été entreprise et a consisté à évaluer des pertes post-récolte du mil et du sorgho dans les communes de Ziniaré dans la région du Plateau Central et de Komki-Ipala dans la région du Centre. Cette évaluation portait sur les maillons récolte, séchage, transport des champs à domicile et battage/vannage. Elle avait pour objectif de déterminer le niveau des pertes. Le taux des pertes quantitatives est déterminé selon la méthodologie de la FAO. L'analyse des pertes du sorgho a révélé 6,33 % à la récolte, 8,63 % au battage/ vannage, 2,2 % au séchage et 0,3 % au transport des champs à domicile, pour les deux communes. Ainsi les pertes cumulées du sorgho ont été estimées à 17,46 %. Les pertes post-récolte du mil enregistrées à la récolte sont estimées à 6,76 % en moyenne et 12,53 % aux opérations de pilonnage/ vannage. Le cumul des pertes du mil liées aux opérations de récolte et de pilonnage/ vannage a été évalué à 19,3 %. Ces résultats montrent que les pertes post-récolte demeurent importantes. Les pertes de revenus financiers par ménage agricole sont estimées à 55 875 FCFA pour le sorgho et 42 000 FCFA pour le mil. Par extrapolation, les pertes quantitatives des deux céréales considérées s'évaluent à 30 784 tonnes environ pour les deux régions avec une valeur économique de près 4,336 milliards FCFA.

MOTS-CLEFS: Sorgho, mil, pertes post-récolte, sécurité alimentaire, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays sahélien dont l'économie est basée sur l'agriculture et l'élevage. Le secteur agricole génère 30 % du Produit Intérieur Brut (PIB) avec une prédominance des productions céréalières (FAO ^[1], 2017). La production actuelle des céréales peut contribuer à la satisfaction des besoins céréaliers des ménages agricoles. Cependant les pertes post-récolte occasionnées le long du système post-récolte, contribuent à l'augmentation des prix des denrées alimentaires et demeurent une des raisons qui expliquent les faibles revenus et la sous-alimentation des populations Burkinabè. En effet, une étude de la FAO ^[2] (2012) a montré que les pertes physiques de grains avant la transformation se situent entre 10 et 20 % des productions mondiales. Ce qui représente un tiers de la production alimentaire destinée à la consommation humaine dans le monde. En 2015, l'étude menée par l'Institut du Sahel (INSAH) ^[3] sur les pertes post-récolte dans trois pays de l'Afrique de l'Ouest (Burkina Faso, Ghana et Sénégal) a fait ressortir que la perte financière totale était de 422 milliards FCFA environ pour ces trois pays dont plus de 90 milliards de FCFA pour le Burkina Faso. C'est pour contribuer à mieux cerner les pertes post-récolte que la présente étude dont le thème est intitulé « Evaluation des pertes post-récolte du mil et du sorgho dans les communes de Ziniaré et de Komki-Ipala » a été entreprise. De façon plus spécifique, il s'est agi de:

- Déterminer le niveau des pertes à la récolte, au séchage, au battage/ vannage, transport au stockage à domicile);
- Identifier les causes principales des pertes post-récolte;
- Proposer des mécanismes de réduction des pertes post-récolte et de formuler des recommandations.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DES ZONES D'ÉTUDES

La collecte des données s'est déroulée dans deux localités (communes de Ziniaré et de Komki-Ipala) durant la période de septembre à décembre 2018.

• Commune de Ziniaré

La commune de Ziniaré, située au Centre du Burkina Faso à 35 Km de la capitale Ouagadougou, est le chef-lieu de la province de l'Ouhritenga et de la région du Plateau Central. Elle compte cinq (05) secteurs et cinquante-trois (53) villages avec une superficie de 526 Km². La collecte de données a été effectuée dans le village de Ladwenda situé au côté Nord de Ziniaré à une distance de 10 Km.

L'agriculture est la principale activité économique pratiquée dans la commune. Elle occupe la majeure partie de la population active, notamment en milieu rural. Les productions agricoles comprennent essentiellement les céréales, les légumineuses, les cultures de rente en hivernage et les cultures maraichères en saison sèche (Plan Communal de Développement 2017-2021 de la Commune urbaine de Ziniaré, 2016). D'après les données de la météo de Zinaré, la pluviométrie de 2018 était de 880,5 mm en 64 jours avec une bonne répartition spatio-temporelle.

• Commune de Komki-Ipala

La commune rurale de Komki-Ipala est située au Sud-Ouest de la province du Kadiogo dans la région du Centre à une distance de 40 Km au côté Ouest de Ouagadougou. Sur une superficie de 205,5 Km², la commune compte 18 villages habités majoritairement par des mossis. Les données ont été collectées au sein de la commune et à Viou qui est l'un de ses villages. La population, estimée à 37 523 en 2016 (RGPH, 2006), vit de l'agriculture, de l'élevage et du commerce. La pluviométrie enregistrée au cours de 2018 dans la commune est de 745,5 mm en 38 jours avec une baisse de moins 143 mm par rapport à 2017.

2.2 MATÉRIEL

• Matériel végétal

Il concerne les grains de sorgho et de mil collectés pendant le suivi des différentes opérations auprès des ménages agricoles.

- **Matériel technique**

Il est composé de:

- Une bâche en plastique de 20 m² a été utilisée pour recueillir les grains dispersés pendant l’abattage des plants et au cours du battage et vannage;
- Un ruban pour mesurer les carrés de rendement;
- Des sachets plastiques pour collecter les grains considérés comme perdus;
- Une balance de marque salter super samson de 10 kg de portée pour peser la masse des échantillons;
- Une fiche de questionnaire pour interviewer les acteurs enquêtés;
- Un couteau servant à couper les épis ou panicules des céréales.

2.3 MÉTHODES

- **Démarche méthodologique**

Elle s’est basée sur la méthodologie de la FAO (2017) relative aux pertes post-récolte des productions végétales. L’estimation des pertes a été réalisée auprès des producteurs par la méthode de l’échelle visuelle. Cette méthode est une technique de mesure directe des données sur le terrain avec la participation des acteurs. Elle est utilisée par le système d’information africain sur les pertes post-récolte (APHLIS en anglais: African Postharvest Losses Information System). Une évaluation économique des pertes quantitatives a été réalisée en tenant compte du prix des produits sur le marché.

- **Champ d’enquête**

L’enquête a été réalisée auprès des ménages agricoles des deux (02) communes ciblées (Ziniaré et Komki-Ipala) qui en ont été favorables. La taille de l’échantillon des ménages agricoles enquêtés est de vingt-quatre (24) producteurs dont douze (12) par spéculation et six (06) par commune. L’aspect du genre a été pris en compte dans l’étude. Cependant, les chefs de ménage de ces communes sont représentés par les hommes. Aussi les cultures céréalières dans ces zones sont destinées à la consommation familiale et sont principalement pratiquées par les hommes comparativement aux femmes qui s’adonnent plus aux cultures de légumineuses et maraîchères. Au regard de cette difficulté, nous n’avons pas pu identifier les productrices de sorgho et de mil. Mais, elles sont impliquées à tous les niveaux des travaux post-récolte. Les producteurs ont été identifiés grâce aux rapports de l’Enquête Permanente Agricole (EPA) et des agents d’agriculture sur place.

- **Technique d’évaluation des pertes**

Les pertes ont été évaluées à la récolte, au séchage, au battage, au vannage, au transport à domicile et au stockage. En effet, la recherche documentaire a montré que ces maillons font partie des Points Critiques de Pertes (PCR). Les pertes quantitatives ont été évaluées à ces différents maillons de la chaîne. Une évaluation économique des pertes quantitatives a été réalisée en tenant compte du prix des produits sur le marché au mois de janvier 2019. De plus 50 % des ménages enquêtés ont été interrogés sur les causes des pertes et les solutions à envisager.

- ✓ **Estimation des pertes à la récolte**

Les pertes à la récolte proviennent en général de la dispersion des grains liée à la combinaison de plusieurs facteurs tels que la technique de récolte, l’espèce, la variété, l’état de maturité et le restant des grains sur la plante après récolte. Pour quantifier ces pertes, trois (03) carrés de 25 m² ont été délimités dans le champ; ce qui représente trois (03) répétitions. Une bâche a été étalée au pied des plantes qui une fois abattues tombent sur cette dernière. Les grains tombés sur la bâche sont récupérés après la coupe des épis. Ces grains récupérés et ceux restés sur les plantes sont pesés et considérés comme pertes. Une moyenne du poids des grains collectés sur les trois carrés délimités est alors déterminée; elle représente les pertes sur une superficie de 25 m². Ces pertes de grains sont ramenées à l’hectare. Les trois carrés délimités représentent également les carrés de rendement permettant de déterminer le rendement potentiel de la production à l’hectare. Les grains collectés sont pesés (en Kg) et le taux des pertes est calculé selon la formule suivante:

$$\% \text{ pertes (récolte)} = \frac{\text{Pertes sur 1 ha}}{\text{Rendement d'1 ha} + \text{pertes}} \times 100$$

- Rendement à l'hectare (en Kg) = (Moyenne des carrés de rendement sur 25 m² / 25) x 10 000 m²;
- Pertes sur 1 ha (en kg) = (Pertes à la récolte sur 25 m² / 25) x 10 000 m²

✓ Estimation des pertes liées au séchage

L'estimation des pertes physiques de grains liées au processus de séchage, a porté sur les grains mélangés au sable et donc impropres à la consommation humaine. Ce mélange est dû à l'activité des termites à cause du fait que les grains sont en contact direct avec le sol. La difficulté de mesurer les quantités de grains soumises au séchage et celles obtenues en fin d'opération n'a pas permis de déterminer les pertes dues à l'éparpillement accidentel, au prélèvement des animaux et à la dispersion des grains par le vent. La quantité de céréales perdue a été estimée à travers une Unité Locale de Mesures (ULM) qui est la boîte de tomate pouvant contenir 3 kg de céréales. Le taux des pertes à ce niveau est égal au rapport de la quantité perdue sur le rendement de la production totale.

$$\% \text{ pertes au séchage} = \frac{\text{Pertes}}{\text{Production totale}} \times 100$$

Production totale = superficie x rendement/ ha.

✓ Estimation des pertes liées au battage et au vannage

Les pertes à considérer au battage et au vannage sont les grains restés sur les épis ou les panicules, les grains mélangés aux résidus (poussière) de vannage, ou encore endommagés durant le processus. Le battage et le vannage sont réalisés au même moment. Une quantité de panicules/ épis est battue et vannée. Après ces deux opérations, les grains adhérents aux panicules/ épis et ceux se trouvant dans les résidus de vannage sont récupérés. Ces grains pesés constituent les pertes au battage/ vannage. Le taux de pertes au cours de l'opération est rapporté à la quantité totale de grains obtenus. Ce taux est calculé comme suit:

$$\text{Taux de pertes} = \frac{\text{Pertes totales de grains}}{\text{Poids de grains battu} + \text{poids des pertes}} \times 100$$

- Pertes totales de grains = pertes de grains dans la poussière + pertes de grains dans la paille.

✓ Estimation des pertes liées au transport

Les charrettes transportant les produits récoltés à domicile familiale ont été suivies. Les panicules ou épis tombés le long du trajet, sont collectés minutieusement et évalués comme pertes. Le poids d'une charrette pleine de panicules est estimé à 75 Kg soit 65 % de grains et 35 % de pailles. Le pourcentage des pertes au transport à domicile est égal au rapport du poids des pertes sur le poids total des grains estimé à 65 % du poids du contenu de la charrette.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES COLLECTÉES

Les données recueillies ont été saisies sur le logiciel Microsoft Excel version 2010. Ce logiciel a été utilisé aussi pour les calculs. Le traitement et l'ANOVA des données ont été effectués à l'aide du logiciel R Commander. Les analyses ont porté sur la moyenne, la variance, l'écart type et le coefficient de variation. Les moyennes des variables ont été comparées en utilisant le test de Newman-Keuls de probabilité p = 5 %.

3 RESULTATS

• Niveau des pertes liées à la récolte du sorgho

Le taux des pertes par rapport à la quantité totale de grains récoltés par un exploitant agricole dans la commune de Komki-Ipala varie de 2,6 % à 7,6 % et celui de la commune de Ziniaré varie de 3,11 à 12,64 % (tableau I). Les pertes moyennes enregistrées sont de 5,6 % (soit 69 Kg/ Ha) pour la commune de Komki-Ipala et 6,94 % (soit 118 Kg/ Ha) pour Ziniaré. La différence de ces valeurs moyennes entre les communes n'est pas significative (P-value= 0.444 > 0.05). Certes les quantités de sorgho perdues à l'hectare dans la commune de Komki-Ipala sont énormes par rapport à celle de la commune de Ziniaré. En moyenne 6,33 % de pertes ont été enregistrés dans ces deux communes, soit 96 Kg de pertes/ Ha pour un rendement moyen de 1463 Kg à l'hectare.

- Niveau des pertes liées à la récolte du mil

Le *tableau II* présente les résultats des pertes de grains de mil à la récolte. Le taux des pertes varié de 3,14 % à 8,67 % pour Komki-Ipala et de 4,15 % à 12,7 % pour Ziniaré. Les pertes moyennes par commune sont de 6 % (53 Kg/ Ha) pour Komki-Ipala et de 7,7 % (55 Kg/ Ha) pour Ziniaré. La moyenne pour les deux communes est de 6,76 %, soit 54 Kg de grains perdus pour un rendement moyen de 883 Kg/ Ha. Il n'y a pas de différence significative entre ces valeurs moyennes car $p\text{-value} = 0.369 > 0,05$

Tableau 1. Taux des pertes de sorgho à la récolte répartis par commune

Localité	Codes producteurs	Rendement/ Ha (Kg)	Pertes/ Ha (Kg)	Taux de pertes (%)	Taux moyens
Komki-Ipala	CKI-01-S	580	24	3,97	5,6 ± 2,19
	CKI-02-S	1870	50	2,6	
	CKI-03-S	850	70	7,6	
	CKI-04-S	1860	140	7	
	CKI-05-S	820	60	6,82	
Ziniaré	PCZ-06-S	1410	100	6,62	6,94 ± 3,30
	PCZ-07-S	760	110	12,64	
	PCZ-08-S	2990	260	8	
	PCZ-09-S	1710	80	4,47	
	PCZ-10-S	1370	100	6,8	
	PCZ-11-S	1870	60	3,11	
Moyenne		1462,73	95,82	6,33 ± 2,80	
P-value (5 %) < 0,444					

Tableau 2. Taux des pertes du mil à la récolte répartis par commune

Localité	Codes producteurs	Rendement/ Ha (Kg)	Pertes/ Ha (Kg)	Taux de pertes (%)	Taux moyens
Komki-Ipala	CKI-01-M	1910	62	3,14	5,99 ± 2,16
	CKI-02-M	700	50	6,67	
	CKI-03-M	590	56	8,67	
	CKI-04-M	520	44	7,8	
	CKI-05-M	1450	60	3,97	
	CKI-06-M	800	48	5,66	
Ziniaré	PCZ-07-M	1000	50	4,76	7,68 ± 3,32
	PCZ-08-M	1108	48	4,15	
	PCZ-09-M	660	56	7,82	
	PCZ-10-M	470	50	9,62	
	PCZ-11-M	510	70	12,07	
Moyenne		883,45	54	6,76 ± 2,74	
P-value < 0,369					

- Niveau des pertes liées au battage et au vannage du sorgho

Les pertes liées à l'opération de battage et de vannage du sorgho varient de 6 % à 11,46 % dans les deux communes (*tableau III*). Les pertes moyennes ont été de 8,5 % pour la commune de Komki-Ipala et 8,8 % pour celle de Ziniaré. La moyenne des taux pour les deux communes est de 8,63 %. L'analyse ne révèle pas de différence significative entre ces taux.

Tableau 3. Taux des pertes de sorgho au battage et vannage

Producteurs	Taux de pertes (%)	Moyennes
CKI-01-S	7,94	8,48 ± 2,75
CKI-02-S	6,03	
CKI-03-S	11,46	
PCZ-10-S	11,03	8,77 ± 2,00
PCZ-11-S	8,05	
PCZ-12-S	7,24	
Moyenne 8,63 ± 2,16		
P-value (5%) < 0.688		

- Niveau des pertes liées au battage et au vannage du mil**

Le *tableau IV* présente les taux des pertes de grains du mil au battage et au vannage qui varient de 7,27 % à 22,41 %. Le taux de pertes par ménage agricole le plus important observé (22,41) est de la commune de Komki-Ipala. L'écart des pertes minimales et maximales par ménage agricole est élevé soit 15,14 % de différence. Les pertes moyennes estimées de ces deux opérations qui s'enchainent, donnent 14,36 % pour Komki-Ipala et 10,7 % pour Ziniaré soit 12,53 % en moyenne pour les deux communes. Ces taux moyens ne sont pas significatifs d'une localité à l'autre au regard de P-value = 0,339.

Tableau 4. Taux de pertes du mil au battage et vannage

Producteurs	Taux de pertes (%)	Moyennes
CKI-05-M	9,8	14,36 ± 6,99
CKI-06-M	10,87	
CKI-12-M	22,41	
PCZ-01-M	11,29	10,66 ± 3,16
PCZ-03-M	7,27	
PCZ-04-M	13,51	
Moyenne 12,53 ± 5,25		
P-value (5%) < 0,339		

- Niveau des pertes au séchage**

Les pertes de grains de sorgho au séchage ont été estimées à 2,2 % en moyenne par rapport à la production totale d'un exploitant agricole. Ces pertes ont été occasionnées par le séchage à même le sol.

- Niveau des pertes au transport (du champ à domicile)**

Les taux de pertes du sorgho enregistrés au transport par charrette ont été évalués à 0,3 % en moyenne. Les pertes liées à cette étape de la chaîne sont faibles.

- Pertes comparatives aux différents maillons de la chaîne**

Le *tableau V* récapitule les résultats obtenus par maillon de la chaîne. Les pertes sont importantes aux différents maillons; excepté les pertes au transport qui sont faibles. Il n'y pas d'écart important de pertes ni entre les spéculations ni entre commune. L'analyse (p-value = 0.106 > 0,05) montre que la différence n'est pas significative d'un point critique de pertes à l'autre. En faisant la moyenne des pertes entre les localités et par maillon, les pertes cumulées du sorgho sont estimées à 17,46 % et celles du mil à 19,3 %.

Tableau 5. Récapitulatif des pertes de sorgho et du mil

Localités	Points critiques des pertes	Taux de pertes (%)	
		Sorgho	Mil
Komki-Ipala	Récolte	5,6	6
	Battage/ vannage	8,5	14,36
	Séchage	2,2	ND
	Transport à domicile	0,3	ND
Ziniaré	Récolte	7	7,7
	Battage/ vannage	8,8	10,7

ND: Non Déterminé

• Analyse économique des pertes

Au regard de l'ampleur de ces pertes post-récolte, il convient de souligner qu'elles impactent négativement la sécurité alimentaire des ménages et l'économie nationale. Pour une production moyenne de 2 560 Kg de sorgho/ ménage par rapport aux cumules des pertes, les pertes quantitatives s'élèvent à 447 Kg soit 162 Kg à la récolte et 221 Kg au battage/ vannage pour le même niveau de perte. Sur une production de 42 261 tonnes de sorgho dans la province d'Oubritenga (chef-lieu Ziniaré) pour la campagne agricole de 2018-2019, les pertes sont estimées à 7 379 tonnes; soit 19 066 tonnes de pertes pour la région du plateau central sur une production de 109 199 tonnes. En multipliant les quantités perdues par le prix moyen 125 FCFA/ Kg de sorgho au marché de Ziniaré (prix du mois de janvier de ZAT, 2019), l'évaluation financière des pertes de sorgho est estimée à près de 922,4 millions de FCFA pour la province d'Oubritenga et 2,4 milliards de FCFA pour la région. Ce qui représente une perte financière de 55 875 FCFA par ménage agricole seulement pour le sorgho.

La production moyenne du mil par ménage étant de 1 144 Kg, les pertes s'évaluent à 221 Kg en rapport avec le taux de pertes cumulés (19,3 %). Au cours de cette même campagne, la production du mil dans la province du Kadiogo de la région du Centre était estimée à 9 022 tonnes. Ainsi les pertes sont près de 1 741 tonnes. En considérant le prix du mil qui est de 190 FCFA/ Kg au marché de Komki-Ipala (prix du mois de janvier de ZAT, 2019), les pertes économiques de la province/ région s'élèvent à 330,8 millions de FCFA; soit une perte de revenus de 42 000 FCFA par ménage pour le mil.

• Causes des pertes et mécanismes de réduction

Le *tableau VI* récapitule les causes des pertes et des actions de réduction. On constate que les causes sont spécifiques à chaque opération et sont principalement dues aux outils et aux techniques de travail qui varient d'un maillon à un autre de la chaîne post-récolte. Les actions de réduction des pertes post-récolte nécessitent d'importants investissements notamment la dotation de matériels techniques de travail, la formation des agents de vulgarisation sur les bonnes pratiques de gestion post-récolte, la sensibilisation et le renforcement des capacités des producteurs et autres acteurs (commerçants, etc.). Les actions d'intervention doivent viser des résultats qui s'étendent sur plusieurs années. Elles doivent être définies de façon spécifique en tenant compte des causes de pertes liées à chaque opération et à chaque spéculation.

Tableau 6. Récapitulatif des causes de pertes et les mesures d'intervention

Points critiques des pertes	Causes	Mesures de réduction
Récolte	– Mode d'abattage des plantes au champ entraînant la verse des grains; – Récolte tardive; – Qualité du matériel végétal (variété).	– Amélioration variétale; – Récolte à bonne date; – Plus de soins à l'abattage et pratiqué tôt le matin; – Planifier les tâches à la production et à la récolte.
Battage/Vannage	– Insuffisance du matériel de travail (bâches); – Faible mécanisation des opérations; – Pénibilité du vannage manuel; – Charge de travail élevé des femmes.	– Appuyer les producteurs/ trices à acquérir des bâches; – Mécanisation pour réduire la pénibilité des opérations.
Transport	– Mauvais état des routes; – Remplissage inadéquat des charrettes; – Mauvais état des sacs; – Non protection des sacs contre les déchirures.	– Utiliser les bâches pour protéger les sacs contre le mauvais état des routes et de la carrosserie; – Disposer de sacs neufs en pp de meilleure qualité sur le marché.
Stockage	Non utilisation de matériel/ structure de stockage adéquat: silos métalliques, sacs PICS et bidons plastiques.	Promouvoir les silos métalliques, les sacs PICS, les futs plastiques et les magasins de stockage.

4 DISCUSSION

L'analyse des pertes du sorgho à la récolte a révélé 6,33 % en moyenne pour les deux communes. Pour ce qui est des maillons battage/ vannage du sorgho, il ressort de l'analyse une perte moyenne de 8,63 %. Les pertes de sorgho liées à l'opération de séchage sont estimées à 2,2 %. Les pertes liées au maillon transport à domicile sont faibles et corroborent avec celle de la FAO (2017). Les travaux de cet auteur avaient porté sur les mesures physiques de grains, effectuées au cours des suivis de cargaison. Ainsi, les pertes cumulées du sorgho liées à ces maillons (récolte, transport à domicile, séchage, battage/ vannage) sont estimées à 17,46 %. Ces pertes sont moins élevées par rapport aux estimations de CILSS ^[4] (2015) qui étaient de 13,2 % à la récolte et 13,5 % au battage/ vannage. Par contre elles sont moindre par rapport à celle de la FAO (5,4 % à la récolte et 0,47 % au battage/ vannage) et peuvent s'expliquer par les interventions de PAM à travers un appui technique et technologique dans les localités concernées par l'étude (région de la boucle du Mouhoun et de l'Est). Suite à ces actions de réduction, PAM ^[5] (2017) par le biais de la DPVC, a fait une évaluation des pertes après récolte dans les zones d'intervention et les résultats ont montré une réduction des pertes de 3,0 % pour le mil et 1,5 % pour le sorgho. Les pertes post-récolte du mil enregistrées à la récolte sont de 6,76 % en moyenne pour les deux communes. Les pertes liées au pilonnage/ vannage sont estimées à 12,53 %. Le cumul des pertes du mil liées aux opérations de récolte et de pilonnage/ vannage est évalué à 19,3 %. Ce taux est inférieur aux estimations de CILSS (2015) qui étaient d'environ 28 %.

Au regard des totaux des pertes post-récolte de ces deux spéculations, il ressort qu'il n'y pas de différence significative. Cela montre une similarité entre les pratiques post-récolte de ces spéculations qui sont tous des céréales. Ces résultats sont proches de ceux de Soyeux ^[6] (2009) qui avait indiqué que la majorité des pertes ont lieu avant d'atteindre le consommateur à savoir 15 % à 35 % dans les champs et 10 % à 15 % au moment de la transformation, du transport et du stockage dans les pays pauvres. Les pertes se produisent donc à divers niveaux de la chaîne alimentaire surtout après la récolte, au cours du stockage, du transport et des opérations de transformation comme l'ont souligné Laisney et al. ^[7] (2013). La différence des taux moyens observés s'expliquent par le fait que les méthodes d'estimation diffèrent de même que les pratiques post-récolte. En effet les estimations de CILSS en 2015 étaient plus basées sur des entretiens de groupe et des interviews individuels à travers des questionnaires. Donc il peut y avoir plus de biais dans les réponses par rapport aux mesures réelles des pertes collectées sur le terrain. De plus, les deux enquêtes (CILSS et FAO) ont été effectuées dans les grandes zones de production où des outils mécanisés sont parfois utilisés lors des opérations post-récolte. Par contre cette étude a été menée auprès des petits producteurs exploitant environ 1,75 Ha sans outils mécanisés. En principe, le traitement des opérations dans ces zones devrait se faire avec plus de soins par rapport aux grandes zones de production.

Les réponses obtenues de l'enquête sur les causes des pertes et les solutions à envisager sont similaires à ceux obtenues par l'enquête de l'INSAH (2015) et de la FAO en 2017. En termes d'impact sur la sécurité alimentaire, les pertes des deux céréales considérées s'évaluent à 30 784 tonnes environ pour les deux régions et dont la perte économique s'estime à près 4,336 milliards de FCFA. Ainsi selon

la norme de consommation céréalière établie à 190 kg/an/personne (DGESS-MARHASA ^[8] 2015), cette perte pouvait nourrir 162 021 personnes au Burkina Faso. Ce qui représente 136,5 % de la population des deux communes.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude, les résultats obtenus des pertes issues des différents points critiques, révèlent que le niveau des pertes demeure important dans les deux communes d'étude. Les taux de pertes varient très peu d'une spéculation à l'autre et d'une commune à l'autre. Les pertes liées aux opérations de battage/ vannage sont plus élevées par rapport aux autres maillons. La perte totale de sorgho estimée aux PCP considérés est de 17,46 % et celle du mil est de 19,3 %. Mais ces résultats ne prennent pas en compte toutes les pertes liées à la chaîne post-récolte. Les causes des pertes ne sont pas ignorées mais les producteurs se voient incapables de développer des mécanismes de réduction au regard de leurs ressources limitées pour l'acquisition des technologies innovantes. Cependant ces pertes entraînent d'importantes réductions des revenus avec pour conséquence une augmentation de l'insécurité alimentaire des ménages et une baisse de l'économie nationale. A l'issue de l'étude, les recommandations suivantes sont formulées pour l'amélioration du système post-récolte:

- A l'Etat Burkinabè et à ses partenaires techniques et financiers, il est nécessaire d'accroître le renforcement des capacités techniques des ménages agricoles et de faciliter leur accessibilité aux outils de traitement post-récolte;
- Les producteurs/ trices sont interpellés à mener les opérations avec plus de soins afin de minimiser les risques de pertes;
- Il serait intéressant pour la recherche de poursuivre l'étude dans les autres régions et sur d'autres spéculations afin de connaître le niveau réel des pertes au niveau du Burkina Faso. Toute chose qui permettra de mesurer l'impact des actions de réduction des pertes post-récolte auprès des acteurs. De plus les recherches en matière de technologies post-récolte doivent être poursuivies pour une réduction effective de ces pertes.

REFERENCES

- [1] FAO (2017). Etude diagnostique de la réduction des pertes après récolte de trois cultures au Burkina Faso: Sorgho - maïs – niébé, Rapport de synthèse final, 128p.
- [2] FAO (2012). Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde – Ampleur, causes et prévention. Rome, 41p.
- [3] INSAH (2015). Perte post-récolte et sécurité alimentaire dans trois pays du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest: Burkina Faso, Ghana et Sénégal. 137p.
- [4] CILSS (2015). Pertes post-récolte et sécurité alimentaire dans les pays du sahel et de l'Afrique de l'ouest: cas du Burkina Faso, du Ghana et du Sénégal. Rapport de synthèse, 171 P.
- [5] PAM (2017). Evaluation des interventions du PAM sur la réduction des pertes post-récolte de 2015 à 2016. 61p.
- [6] Soyeux A. (2009). La lutte contre le gaspillage, une solution d'avenir ? Service de la statistique et de la prospective, Prospective et Evaluation, analyse n° 5, République Française, 4p.
- [7] Laisney C., Soyeux A., Redlingshöfer B. (2013). Les gaspillages et les pertes de la « fourche à la fourchette » Production, distribution, consommation. Service de la statistique et de la prospective /Centre d'études et de la prospective, n° 7, France 18p.
- [8] DGESS-MARHASA (2015). Rapport résultats EPA.

Caractérisation des exploitations maraichères d'hivernage dans les communes d'Imanan et de Tagazar au Niger

[Caracterization of Rainy Market Gardening exploitation in the municipalities of Imanan and Tagazar in Niger]

Idrissa Guisso Maïga Djibril¹ and Soumana Boubacar^{1,2}

¹Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

²Laboratoire d'Analyse et de Recherche en Sociologie et Economie rurales (LARSER), Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Copyright © 2021 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: Market gardening is emerging as a credible alternative for crop diversification. The objective of this article is to characterize the market gardening practiced at in rainy season. The methodology adopted consisted to question the farmers and to prospect of vegetable production basins. The sampling concerned 102 farmers who represent more than 20% of the target population. The data collected was included to descriptive and analytical analyzes. The result shows that fruit-vegetables are the main crops grown. The pure cultivation of cabbage, peppers or tomatoes, is by far the most favored by farm managers. The main irrigation system used by rainy market gardeners is made up of boreholes (86% of market gardeners), motor pumps (93.14%) and pipes (69.65%). The analysis of cultural practices reveals a strong application of maintenance manure (85.29%) and phytosanitary chemicals (95.09%). In addition, the factorial analysis of the mixed data reveals four groups of wintering market gardening operations with a total variance explained at 67.36%. The first group is made up of intensive and specialized market gardening operations with an internal variance rate of 31.07%. The second group is represented by diversified vegetable farms favoring the practice of associated crops with an internal variance of 29.74%. The third group says socio-organized farms (22.75% of the internal variance), favoring crop rotation. The fourth type is called the group of extensive farms.

KEYWORDS: Rainy Market Gardening, Caracterization, Imanan, Tagazar, Niger.

RESUME: Le maraichage s'impose comme étant une alternative crédible de diversification des cultures. L'objectif de cet article est de caractériser le maraichage pratiqué à une période inhabituelle à savoir l'hivernage. Pour ce faire, la méthodologie adoptée a consisté en l'administration de questionnaires individuels et la prospection des bassins de production maraichère d'hivernage. L'échantillonnage a permis d'enquêter 102 chefs d'exploitation maraichères d'hivernage; soit un peu plus de 20% de la population cible. Les données collectées ont été soumises à des analyses descriptives et analytiques. Il résulte que les légumes-fruits sont les principales spéculations mises en culture. La culture pure du chou, du poivron ou de la tomate, est de loin la plus privilégiée par les chefs d'exploitation. Le principal système d'irrigation utilisé par les maraichers d'hivernage, est composé de forage (86% des maraichers), de motopompes (93,14%) et de tuyaux (69,65%). L'analyse des pratiques culturales, révèle une forte application de la fumure d'entretien (85,29 %) et des produits chimiques phytosanitaires (95,09 %). Par ailleurs, l'analyse factorielle des données mixtes fait ressortir quatre groupes d'exploitation maraichère d'hivernage avec une variance totale expliquée à 67,36%. Le premier groupe est formé d'exploitations maraichères intensives et spécialisées avec un taux de variance interne de 31,07%. Le deuxième groupe est représenté par des exploitations maraichères diversifiées favorisant la pratique des cultures associées avec une variance interne de 29,74 %. Le troisième groupe dit des exploitations socio organisées (22,75% de la variance interne), favorisant l'assolement. Le quatrième type dit groupe des exploitations extensives.

MOTS-CLEFS: Maraichage d'hivernage, Caractérisation, Imanan, Tagazar, Niger.

1 INTRODUCTION

Les séries de sécheresse de la fin du 19^{ème} siècle, ont montré les limites des cultures sèches dans les pays sahéliens, poussant ces derniers à multiplier les stratégies de diversification des cultures. Les stratégies consécutives à la défaillance des cultures sèches ont été suscitées par des diagnostics faisant état de deux défis majeurs à surmonter. Le premier défi porte sur le morcellement et la perte de fertilité progressifs des terres avec ses conséquences sur la productivité [1] et le second concerne la détérioration des facteurs climatiques notamment l'irrégularité spatio-temporelle [2]. Au Niger, l'objectif visé dans un premier temps était la requête de l'autosuffisance alimentaire jadis considérée comme un acquis, en promouvant des cultures de rente pour servir d'alternative aux compléments des éventuels déficits céréaliers [3]. Aussi, dans un contexte où le gain de productivité devient un impératif pour le développement de tout secteur, faut-il promouvoir la petite irrigation dans un pays dont seules 12% des terres arables sont valorisées, où plus de 80% de la population active est jeune et rurale [4, 5 et 6]. Plus que les cultures de rente telles que niébé et l'arachide, les cultures maraîchères sont au cœur de la stratégie de l'Etat nigérien [7].

Habituellement, le maraichage s'installe après la campagne d'hivernage, c'est-à-dire à partir du mois d'octobre pour occuper la saison sèche [8]. Le caractère saisonnier de cette activité, n'est pas de nature à satisfaire la demande en produits maraîchers qui dévient quotidienne puisque peu de ménages peuvent se passer des légumes en milieu urbain. Or en microéconomie, toute demande quotidienne et grandissante favorise les agents économiques qui se positionnent en offreurs [9]. Ce qui incite les maraîchers les plus entreprenants à produire en hivernage. Quels sont les profils des maraîchers d'hivernage ? Quels sont les espèces végétales cultivées, les systèmes de culture et d'irrigation utilisés ? Quelle est la particularité de cette activité, en gestion phytosanitaire et de la fertilité?

2 MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE

Elle a consisté dans un premier temps, en l'administration de questionnaires et, en l'organisation de focus group auprès des maraîchers retenus pour l'enquête.

2.1 INTERVIEW DES MARAÎCHERS

Une interview des maraîchers a été réalisée sur chaque site d'étude. Durant cette opération, un accent a été mis sur les spéculations et leurs systèmes de culture, les modes de fertilisation et de traitement phytosanitaire.

2.2 PROSPECTION DES SITES DE PRODUCTION MARAÎCHÈRE

Cette opération avait pour but d'identifier les différents types d'intrants utilisés (types de semences, de fertilisants, de produit fertilisants...) et de vérifier le respect de l'adéquation entre ces dernières et les spéculations mises en culture. Cette opération a consisté d'une part à collecter les différents emballages pour un examen minutieux des informations utiles qu'ils portent. Pour chaque type d'intrants utilisés, les informations recherchées étaient entre autres le nom commercial du produit, la nature des matières actives, le dosage de la matière active, la fréquence d'application, le numéro d'autorisation de la mise sur le marché ou le numéro d'homologation et le délai avant récolte.

Par ailleurs, cette prospection a permis aussi de faire la triangulation des données issues des questionnaires des interviews et du focus group, et de capturer des images illustratives constatées dans les exploitations.

2.3 MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES

La statistique descriptive a été réalisée à l'aide du logiciel Excel, le calcul des moyennes, minimum, écart-type des variables quantitatives d'une part, et d'autre part pour la détermination des fréquences des variables qualitatives pertinentes.

La statistique analytique quant à elle, a permis de faire appel aux modèles de typologies des exploitations agricoles. Dans le cadre de cette étude, c'est l'analyse factorielle des données mixtes (AFDM) qui a été utilisée. L'analyse factorielle est un excellent exemple pour illustrer l'étude multivariée des données. C'est une approche qui vise à réduire un grand nombre d'informations sur un sujet donné à un petit nombre d'éléments plus facilement interprétables. Dans la nécessité de prendre simultanément en compte les variables quantités et quantitatives, la méthode d'Analyse factorielle des données mixtes a été utilisée. Avant d'analyser et d'interpréter la structure factorielle, il est bon de faire une lecture des principaux tests. Le premier test à considérer est le déterminant de la matrice de corrélation (il est placé sous la matrice de corrélation). Il doit être le plus petit possible sans être égal à zéro; ce dernier cas indiquerait qu'une ou plusieurs variables ont une corrélation parfaite avec une ou plusieurs autres variables. Ce phénomène rendrait impossibles les saturations de la matrice de corrélation. Il indique aussi que ces variables hautement corrélées sont des « doublets » et font donc double emploi. Le test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) constitué le deuxième test. C'est une mesure généralisée de la corrélation partielle entre les variables de l'étude. Cette mesure est basée sur la moyenne des coefficients de corrélation qui sont situés dans la diagonale de la matrice anti-image. La lecture du test KMO se fait de la façon suivante:

- 0,90 et plus = très grande validité;
- 0,89 à 0,80 = grande validité;
- 0,79 à 0,70 = validité moyenne;
- 0,69 à 0,60 = validité faible;
- 0,59 à 0,50 = validité au seuil limite;
- 0,49 et moins = invalide.

Le dernier test à savoir celui de Bartlett, « permet de juger de l'inégalité des racines latentes, c'est-à-dire de l'absence significative de sphéricité du modèle mentionné. Si le modèle s'avère sphérique, on peut présumer que les corrélations entre les variables sont voisines de zéro et donc qu'il n'y a pas intérêt à remplacer les variables par des composantes. » Le test de Bartlett est un test d'hypothèse, une forme approchée du khi carré. Le calcul se fait à partir du rapport r de la moyenne géométrique à la moyenne arithmétique des valeurs propres; les formules utilisées sont:

$$X^2 = - \left(n - v - \frac{1}{2} \right) \ln r^3$$

Où les degrés de liberté sont:

$$DL = \frac{1}{2(t - k + 2)(t - k - 1)}$$

- v = nombre de variables;
- t = nombre de composantes prises en compte;
- k = nombre de composantes non prises en compte;
- n = nombre de cas.

Tous ces tests conditionnent la suite de l'analyse factorielle afin qu'il en ressort la qualité de la représentation de chacune des variables et les valeurs propres, la variance totale expliquée, la matrice des composantes retenues.

Dans la famille de rotation orthogonale, l'étude privilégie la méthode de rotation varimax. En effet, contrairement aux autres, cette méthode tend à maximaliser les poids facteurs, souvent aux dépens des poids variables. Il s'agit d'augmenter la somme des variances des carrés des poids facteurs. Cette approche accorde une plus grande importance aux colonnes qu'aux lignes du tableau. Certaines saturations seront plus élevées sur une composante que sur les autres; par cette méthode, on parvient à une structure des composantes plus tranchée, donc plus facile à lire et à interpréter.

Tableau 1. Variables incluses dans le modèle d'analyse factorielle

Variables	Description	Modalités
TMénage	Nombre de personnes prises en charge	Continue
Qcarburant	Quantité de carburant en litre	Continue
Année_exp	Nombre d'années d'expérience	Continue
QEngrais	Quantité d'engrais en kg	Continue
QuantIPP	Quantité de produits phytosanitaires en litre	Continue
Qsemence	Quantité de semence en gramme	Continue
Capital_fixe	Montant investi en FCFA	Continue
Assolement	Cultures pures par lopin de la parcelle	0=non; 1=oui
AffilOP	Affiliation aux organisations paysannes	0=non; 1=oui
VIM	Vente individuelle de la production au marché	0=non; 1=oui
VIB	Vente individuelle Bord-parcelle	0=non; 1=oui
SuperCult	Superficie cultivée en mètre carré	0=non; 1=oui
Asso_Culture	Culture associée	0=non; 1=oui
Culture_pure	Culture pure	0=non; 1=oui
FairV_direct	Faire valoir direct	0=non; 1=oui
Instruction	Niveau d'instruction	0=non; 1=oui
C_informel	Faire-valoir indirect	0=non; 1=oui
FaireV-indirect	Accès au crédit informel	0=non; 1=oui

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES

Le tableau 2 donne les caractéristiques socioéconomiques des unités de recherche.

Tableau 2. *Caractéristiques socioéconomiques*

Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Age	25	61	46,48	6,79
Année expérience MS	6	30	14,41	5,37
Année expérience MH	3	17	5,98	2,60
Taille du ménage	4	17	8,97	2,69
Nombre d'actifs agricoles mobilisés	1	4,3	2,37	0,86
Superficie MS	200	15000	2140,83	2938,35
Superficie MH	70	1500	179,96	171,10

L'analyse des caractéristiques socioéconomiques (tableau 2) montre l'âge moyen des maraîchers est de 47 ans. Ces résultats confortent ceux de [11] qui avaient montré que les femmes représentaient une minorité des maraîchers. L'expérience moyenne des producteurs en maraîchage d'hivernage est de 6 ans; un chiffre qui représente l'expérience minimale pour les producteurs pour le maraîchage de la campagne sèche. Cela dénote que la pratique de cette activité est récente et que les maraîchers pourraient étendre leurs exploitations étant donné que les superficies cultivées en maraîchage de la campagne sèche (2140,83 m²) sont près de 12 fois plus grandes que celles exploitées pour la même activité en hivernage (179,96 m²). En effet, en campagne sèche, ils exploitent des grandes superficies pour la production du chou, de la tomate, de l'aubergine et de la pomme de terre, principalement dans la commune d'Imanan où cette dernière occupe 87,91 % du total des superficies irriguées pour une fourniture de 93,05 % de la production maraîchère totale [5, 6 et 7].

3.2 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Le tableau 3 retrace les caractéristiques sociodémographiques des maraîchers d'hivernage.

Tableau 3. *Caractéristiques sociodémographiques*

Variables	Modalités	Effectif	Proportion
Sexe	Homme	100	98,0%
	Femme	2	2,0%
Niveau d'instruction	Non scolarisé	55	53,9%
	Primaire	30	29,4%
	Secondaire	5	4,9%
	Coranique	11	10,8%
	Cours d'adultes	1	1,0%
Affiliation aux Organisations Paysannes	Oui	66	64,7%
	Non	36	35,3%
Modes d'Acquisition de la terre	Héritage	82	80,4%
	Achat	11	10,8%
	Prêt	9	8,8%

Il ressort de l'analyse du Tableau 3, que le maraîchage d'hivernage est une activité agricole essentiellement masculine. En effet, 98% des maraîchers étudiés sont des hommes. En hivernage, les femmes ne se font remarquer que lors des opérations de récolte tandis qu'elles font partie intégrante du maraîchage en saison sèche. Seules deux veuves ont repris l'exploitation maraîchère après le décès de leurs époux. L'accès aux terres est toujours plus facile après le mariage.

Concernant le niveau d'instruction des chefs d'exploitation, il ressort du Tableau 3 qu'environ la moitié des maraîchers interrogés est instruite avec 34,3% ayant un niveau d'étude compris entre le primaire et le secondaire, 10,8% ayant fait des études coraniques et 1% ayant bénéficié de cours d'alphabétisation fonctionnelle. Le niveau d'instruction peut être synonyme d'ouverture à l'innovation et donc

à la modernisation des exploitations maraîchères d'hivernage. L'étude a montré qu'il existe trois (3) modes d'accès à la terre pour la production maraîchère d'hivernage à savoir l'achat, l'héritage et le prêt. En plus, 80,4 % des terres utilisées pour le maraîchage d'hivernage ont été acquises par l'héritage. Après l'héritage, viennent les achats et les prêts avec respectivement des taux de 10,8% et de 8,8%. L'achat de ces terres est motivé par l'engouement des paysans de la localité mais aussi d'autres contrées pour le maraîchage. Selon les producteurs, ce mode d'accès va concurrencer l'héritage dans les années à venir. En effet, certains producteurs ayant hérité les terres ne sembleraient pas mesurer les opportunités de l'exercice du maraîchage d'hivernage. Ils sont tentés de vendre une partie de leurs terres pour investir dans le commerce.

3.3 SYSTÈME DE CULTURE

L'analyse de la figure 1 ressort que 88,24 % des maraîchers d'hivernage pratiquent la culture en pur, contre seulement 5,88% qui font l'assolement. En assolement, les cultures les plus rencontrées sont le poivron et la tomate. Les cultures associées quant à elles, se caractérisent par des cultures en bandes alternées ou en bordure des planches, mais avec une culture principale. Cette large préférence pour la culture pure peut s'expliquer par la recherche d'optimisation de l'utilisation de la parcelle pour une culture que le maraîcher estime maîtriser les itinéraires techniques, l'accès aux intrants et les techniques d'intégration des marchés les plus rémunérateurs. Autrement dit, les cultures en pur confèrent la simplicité et l'uniformité dans la réalisation des différentes opérations culturales tandis qu'en culture associée, cette tâche pourrait être plus difficile à gérer. En plus, en culture pure, la récolte est plus aisée et, les coûts de production sont plus faciles à retracer. Les clients qui se présentent à la parcelle préfèrent les planches ne contenant que les produits dont ils ont besoin. Il s'agit là d'une façon d'attirer et de fidéliser la clientèle; une des stratégies prônées par plusieurs auteurs en management. Ensuite, du fait que les maraîchers se concentrent surtout sur les cultures principales, toute autre culture se verra négligée. Sur cette base, on peut dire que les exploitations rencontrées sont sur trois types de système de culture à savoir les « cultures pures », les « cultures associées » et l'« assolement ». Cela pourrait s'expliquer par les décisions des chefs d'exploitation soit de concentrer leurs efforts sur un produit maraîcher donné soit de diversifier pour mieux intégrer le marché. Ces genres de décision peuvent surtout être motivées par les capacités techniques et financières du chef d'exploitation, et la nature de la demande exprimée. C'est pourquoi, dans le même ordre d'idées, [8] rapportait que la demande en légumes manifestée dans les centres urbains est l'un des motifs qui poussent les producteurs à s'y conformer en se spécialisant. Or la spécialisation dans une entreprise est un moyen efficace d'accroître des parts du marché [12]. Les pratiques culturales rencontrées sont similaires à celles décrites par [9] et [13] qui ont rapporté que les systèmes de culture en maraîchage urbain et périurbain dans les villes africaines présentent des spécificités. Les principales cultures maraîchères d'hivernage sont donc des légumes-fruit. Ce même constat a, déjà, été fait par plusieurs auteurs, dont [10] au Togo, [11] au Sénégal, et [14] au Cameroun. Ce résultat est tout de même contraire aux travaux [15] selon lesquels les légumes-feuilles sont les plus cultivés compte tenu de la prédominance des repas à base de feuilles chez la plupart des peuples en Afrique de l'Ouest. Les principales cultures maraîchères pratiquées sont le chou, le poivron, la tomate. Néanmoins, on peut citer des cultures secondaires telles que le piment vert, le gombo, l'aubergine, le maïs, la courge, le melon, la pastèque et le concombre.

Ces cultures secondaires sont pratiquées sur des superficies très négligeables à l'intérieur, en bordure ou hors des planches contenant les cultures principales. Ce sont des cultures qui ne bénéficient d'aucun traitement ou entretien particuliers. Elles bénéficient des apports destinés aux cultures principales. La diversité des espèces maraîchères est attribuée à la demande des consommateurs et, en particulier, à la grande diversité des communautés culturelles.

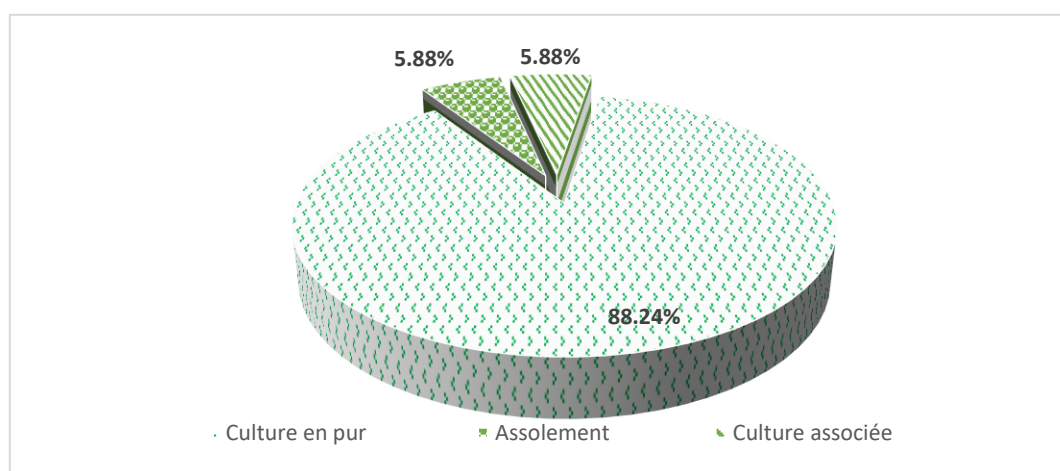


Fig. 1. Systèmes de culture pratiqués

3.4 PRATIQUES CULTURALES

La caractérisation des exploitations maraichères requiert aussi une analyse pointue de chaque étape des itinéraires techniques pratiqués par les maraichers d'hivernage.

3.4.1 PRÉPARATION DU TERRAIN ET GESTION DE PÉPINIÈRE

Tous les producteurs enquêtés confectionnent des planches et installent des pépinières maraichères. Aucun d'entre eux ne fait des billons ou buttes. L'analyse de la figure 2 ressort trois formes de pépinières maraichères. Près de $\frac{3}{4}$ (73,53%) des maraichers installent des pépinières classiques (c'est-à-dire une petite planche destinée au premier séjour des plants, entretenue à l'image de celle de la campagne sèche). On note que 23,53% des maraichers font des pépinières sous hangar tandis que 2,94% privilégient la pépinière hors-sol. Sur les trois formes de pépinières rencontrées, la pépinière classique est la plus utilisée par les producteurs. Cela peut s'expliquer par sa simplicité mais aussi par la réticence des producteurs à l'innovation. La deuxième forme dit sous-hangar est plus difficile à installer dans la mesure où le producteur tente d'atténuer les effets néfastes des intempéries et des bio agresseurs sur les jeunes plants. La troisième forme est une pépinière-hors sol. Plus innovante que la pépinière sous hangar, la pépinière hors sol, est amovible, facile à déplacer et donc à sécuriser les plants. Ces deux formes de pépinière sont de plus en plus appréciées par les maraichers qui les testent en hivernage en ce sens qu'elles permettent de maximiser les chances d'obtention d'un plus grand nombre de plants vigoureux, en les protégeant contre les intempéries et les bio-agresseurs de leurs milieux [16].

Indépendamment de la forme de pépinière, 69,62 % des maraichers utilisent exclusivement des semences hybrides. Cet état de fait s'explique par la quête de meilleurs rendements. Le choix de ces types de variétés fait suite à une intense campagne de sensibilisation sur la nuance entre les variétés pures et les hybrides, menées par les services étatiques et les dispositifs privés de conseil agricole. Cela s'explique aussi par la stratégie de fidélisation développée par les structures de vente de semences certifiées. En effet, les octrois de variétés hybrides pour servir d'essai, ont favorisé leur introduction et adoption dans le milieu [12].

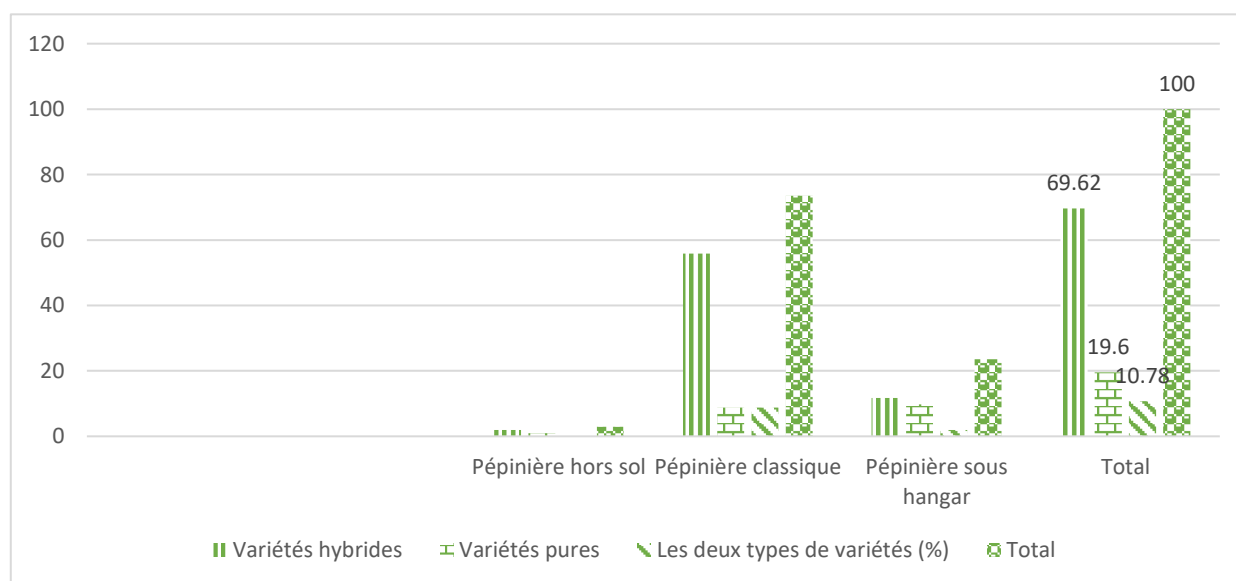


Fig. 2. Formes de pépinières maraichères en hivernage

3.4.2 SYSTÈMES D'IRRIGATION

Les systèmes d'irrigation se caractérisent par les moyens de captage, les moyens d'exhaure et les moyens de distribution. La figure 3 montre que le principal moyen de captage est le forage (86%) devant le puits. Le principal moyen d'exhaure utilisé est la motopompe (93,14%).

En ce qui concerne les moyens de distribution, 69,65% utilisent les tuyaux contre 30,35% qui font appel aux arrosoirs. La particularité réside dans le fait qu'il n'existe aucune exploitation maraichère dans laquelle l'irrigation se fait manuellement avec des puisettes ou à la raie. Le principal système d'irrigation rencontré est de ce fait composé d'un forage, d'une motopompe et des tuyaux. L'utilisation de ce système composé de forage, de motopompe et de tuyaux par la grande majorité des producteurs est une expérience acquise dans l'exercice du maraichage en campagne sèche notamment pour l'irrigation du chou et de la pomme de terre.

Cet état de fait s'explique par la faible profondeur de la nappe [17 et 18] favorisant l'installation des forages au détriment des puits. En effet, l'installation d'un forage coûte moins de 40 000 FCFA (50 Dollars) alors celle d'un puits requiert le plus souvent le recours au financement par les projets et programmes de la zone.

On note une certaine diversification des moyens d'exhaure avec l'introduction des motopompes à gaz et des pompes solaires. Les tuyaux, contrairement aux arrosoirs, rendent l'irrigation plus rapide même si ce moyen de distribution peut favoriser les risques de blessures et de chute des fleurs de la plante, liés à la pression. Ce cas se remarque surtout sur les solanacées (poivron et tomate) pour lesquelles les blessures peuvent constituer une porte d'entrée des maladies virales, bactériennes et fongiques dont la lutte est, pour la plupart, hors de portée des maraichers. Ces mêmes constats ont été faits par [19] sur les sites maraichers péri urbains de Niamey au Niger.

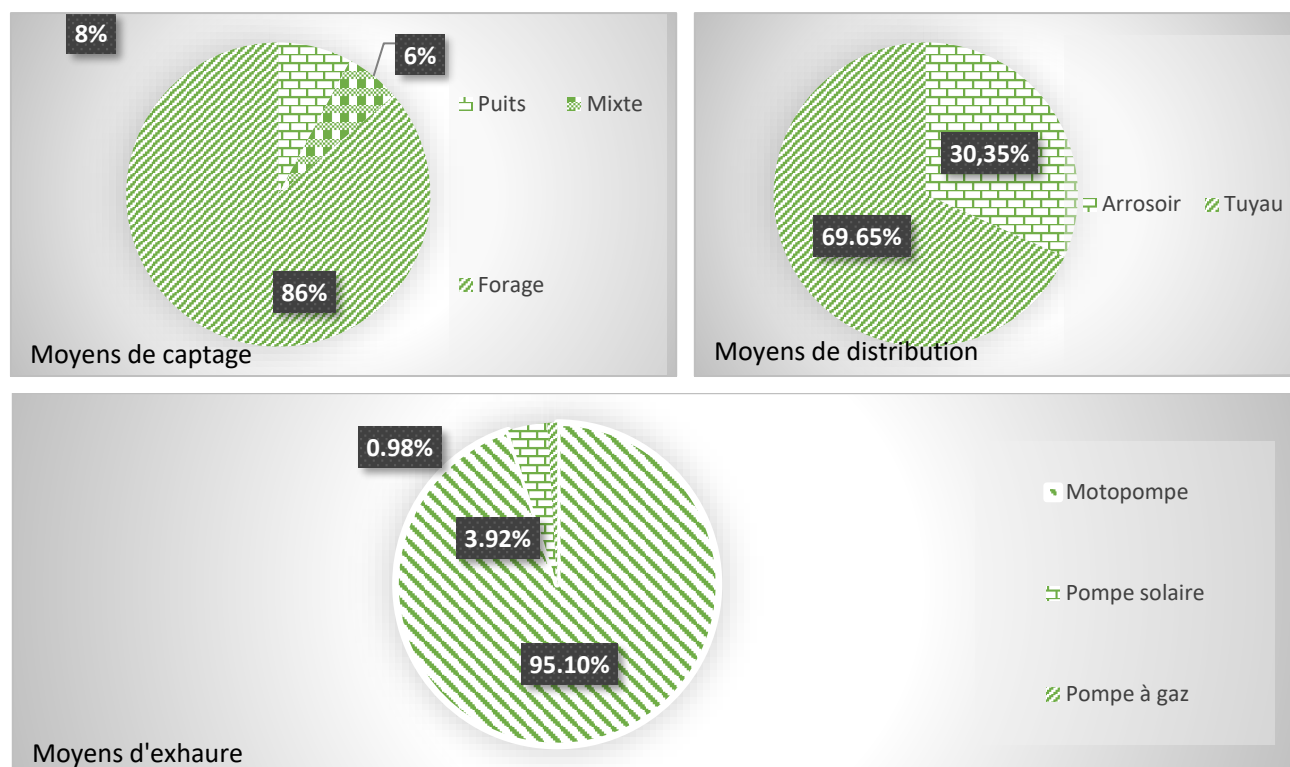


Fig. 3. Structure des systèmes d'irrigation

3.4.3 GESTION DE LA FERTILITÉ

Le tableau 4 donne les différents types de fertilisation opérés par les maraichers. En ce qui concerne la gestion de la fertilité, l'analyse du tableau indique que les engrais chimiques, le fumier et le compost sont les trois types de fertilisants pratiqués par les maraichers d'hivernage. L'étude révèle que peu de maraichers (36,27%) appliquent la fumure de fond dans leurs parcelles. Pour le cas spécifique du fumier (10,78%), selon les producteurs, son application en fumure de fond favoriserait la germination des grains de mauvaises herbes et la pullulation des bio-agresseurs qu'il aurait pu colporter. Cet état de fait peut s'expliquer aussi par la précipitation de certains producteurs à installer les cultures après avoir clôturé celles de la campagne sèche. Beaucoup de producteurs ne semblent pas trouver la nécessité d'appliquer la fumure avant repiquage. Ces raisons avancées peuvent tout de même s'expliquer par le risque de lessivage du sol en cas de forte pluie [20].

Par ailleurs, la fumure d'entretien est appliquée par tous les maraichers avec 85,29 % d'entre eux qui privilégient l'utilisation de l'engrais. Tout comme en fumure de fond, à ce niveau, le compost reste le fertilisant le moins utilisé. Bien que quasiment gratuit, le processus de préparation du compost exige un certain niveau de planification. Ce qui ferait défaut chez les producteurs, qui estiment le processus long et pénible contrairement à l'engrais chimique pour lequel une petite quantité produirait des résultats. Ces résultats concordent avec les travaux de [21 et 22].

Tableau 4. Types de fertilisants utilisés

Type de fertilisants utilisés	Engrais chimique		Fumier		Compost		Total	
	Effectif	Taux (%)	Effectif	Taux (%)	Effectif	Taux (%)	Effectif	Taux (%)
Fumure de fond	23	22,54	11	10,78	3	2,94	37	36,27
Fumure d'entretien	87	85,29	12	11,77	3	2,94	102	100

3.4.4 GESTION PHYTOSANITAIRE

En ce qui concerne la gestion phytosanitaire (tableau 5), elle est caractérisée par l'utilisation de deux types de produits phytosanitaires à savoir les produits chimiques et les bio-pesticides. Tous les producteurs enquêtés utilisent des produits chimiques. Une minorité (moins de 15%) d'entre eux les applique à des intervalles de deux semaines. Le reste des producteurs appliquent ces produits dans des intervalles aussi bien courts qu'irréguliers sans tenir compte des normes minimales d'intervalle entre traitement. Cela les expose aux multiples dangers des produits chimiques sur la santé, la plante et le sol. Les mêmes constats ont faits par [19] en 2018 en ajoutant que cela peut constituer une entrave pour l'optimisation de la production. Quant aux produits bio-pesticides, les maraîchers ne percevaient pas leurs efficacités notamment en lutte curative. En plus, les techniques de macération de ces produits ne sont pour la plupart standardisés. Ces résultats corroborent les travaux de [23] qui ont rapporté que plus 65% des producteurs appliquent les pesticides chimiques dans un délai de moins d'une semaine. En effet, selon [24 et 25], le recours systématique aux pesticides permet aux petits producteurs de garantir une bonne production face à des conditions écologiques favorables aux déprédations. En recourant aux pesticides chimiques de synthèse, les producteurs visent à garantir l'aspect physique et la rentabilité des cultures dont les coûts de production sont élevés [21]. L'absence de contrôle des produits phytosanitaires et de suivi des maraîchers peut favoriser énormément l'utilisation par ces derniers des produits non homologués et dangereux pour les consommateurs et l'environnement. Ces mêmes observations ont été rapportées en maraîchage péri urbain par [19] au Niger, de [26] au Togo et de [27] au Bénin.

Tableau 5. Fréquence d'application des produits phytosanitaires

Produits phytosanitaires utilisés		Pourcentage des répondants			
		Moins d'une semaine	Chaque semaine	deux semaines	Pêle-mêle
Produits chimiques	Oui	6,86	61,76	14,71	16,67
	Non	95,09	38,23	85,29	83,33
Produits biologiques	Oui	0	1,98	0	10,78
	Non	100	98,02	100	89,22

3.4.5 TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS MARAÎCHÈRES D'HIVERNAGE

Le tableau suivant donne les tests de mesure de l'indépendance globale des composantes.

Tableau 6. Indice KMO et test de Bartlett

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.		0,801
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	1341,787
	Ddl	153
	Signification de Bartlett	0,000
a. Déterminant = 6,482E-007		

Au regard de la grille de lecture du test, l'on s'aperçoit que le test KMO ayant la valeur de 0,801, se trouve dans l'intervalle correspondant à la fourchette « Grande validé ».

Le tableau 7 récapitule les procédures de typologies des exploitations maraîchères.

Tableau 7. Récapitulatif de l'analyse factorielle des données mixtes

Composantes et variables	Coefficients	Variance (%)	
		Réelle	Interne
Composante 1: Groupe des exploitations intensives et spécialisées		20,926	31,067
Capital fixe	0,949		
Quantité carburant	0,925		
Quantité Semences	0,855		
Quantité Engrais	0,658		
Vente Individuelle au Marché	0,063		
Culture pure	-0,164		
Composante 2: Groupe des exploitations diversifiées		20,033	29,738
Cultures associées	0,895		
Quantité Produit Phyto	0,662		
Vente Individuelle Bord-parcelle	0,690		
Faire-valoir Indirect	0,110		
Composante 3: Groupe des exploitations socio organisées		15,328	22,755
Instruction	0,949		
Accès crédit informel	0,931		
Affiliation	0,122		
Assolement	0,094		
Composante 4: Groupe des exploitations extensives		11,075	16,440
Expérience	0,800		
Taille du ménage	0,734		
Faire valoir direct	0,370		
Superficie exploitée	0,184		
Total		67,363	100

L'analyse du tableau 7 permet de dégager quatre composantes. La première est celle des exploitations intensives et spécialisées, est définie par six (6) variables à savoir le capital fixe, les quantités de carburant, de semences, et d'engrais, la culture pure, la vente individuelle au marché. Ce premier groupe a un taux de variance totale de 20,926 % pour une variance interne de 31,067%. Ce groupe est composé de maraichers d'hivernage investissant beaucoup, aussi bien dans l'acquisition des biens d'équipement que dans les consommations intermédiaires notamment les principaux intrants à savoir les semences, les fertilisants et le carburant pour l'irrigation. Ce groupe est constitué de maraichers qui concentrent leurs efforts dans la production d'une spéculation qu'ils estiment avoir maîtrisée les techniques de production et de commercialisation.

La deuxième composante dite celle des exploitations diversifiées comporte quatre (4) variables. Il s'agit des cultures associées, de la quantité des produits phytosanitaires, de la vente individuelle Bord-parcelle et du faire-valoir indirect. Ce deuxième groupe d'exploitation explique 20,033% de la variance totale; soit 29,738 % de la variance interne. Ils font partie des maraichers diversifiant les cultures et se faisant remarquer par le faire-valoir indirect et la vente individuelle bord-parcelle.

Le troisième groupe se distingue par quatre (4) variables qui sont l'instruction, l'accès au crédit informel, l'affiliation aux organisations paysannes et le faire-valoir indirect. Ce groupe dit des exploitations socio organisées explique 15,328 % de la variance totale de l'échantillon et donc 22,755% de la variance interne. L'assolement est le système de culture préféré des exploitants.

Le quatrième groupe dit des exploitations extensives se caractérisent par le poids des variables «expériences», « Taille du ménage», « Faire valoir direct», et « Superficie exploitée ». Cette variable latente (groupe d'exploitations maraichères) explique 11,075 % de la variance totale; soit 16,440 % de la variance interne. Le quatrième type dit groupe « des exploitations extensives » n'a pas de système de culture précis. Les chefs d'exploitation se servent de leurs expériences, des grandes superficies héritées et d'une main d'œuvre familiale facilement mobilisable, pour appliquer un système de culture leur permettant de mieux gagner les parts de marché.

4 CONCLUSION

Au regard de ce qui précède, le maraîchage d'hivernage est une activité économique pratiquée majoritairement par les hommes. La plupart d'entre eux sont relativement jeunes avec un niveau d'instruction plus élevé au regard du niveau général en milieu paysan nigérien. Ce sont des exploitants dotés d'une grande expérience en maraîchage de la campagne sèche, plus ouverts à l'innovation.

L'objectif de cet article était de caractériser les exploitations maraîchères d'hivernage. A l'issue des investigations, il ressort une diversité d'espèces végétales cultivées parmi lesquelles le chou, le poivron et la tomate sont de loin les principales cultures maraîchères pratiquées en hivernage. Les systèmes de culture sont très dominés par la culture pure même s'il existe une minorité de maraîchers, qui pratique l'assolement et encore plus rarement la culture associée.

En ce qui concerne la gestion des jeunes plants, on dénombre 3 formes de pépinière dont la plus importante reste la pépinière classique avec une préférence pour les semences des variétés hybrides quoique plus chères. S'agissant de la fertilisation, l'étude a montré que tous les maraîchers appliquent la fumure d'entretien contrairement à la fumure de fond pour laquelle ces derniers peinent à réaliser son intérêt pour les cultures. L'analyse des fréquences d'utilisation des produits chimiques, quant à elle, a mis en lumière l'usage abusif et ses conséquences sur la productivité et la santé des exploitants. S'agissant des systèmes d'irrigation, l'étude a révélé que les moyens de captage sont essentiellement constitués de forage et que les motopompes restent les moyens d'exhaure les plus utilisés malgré l'introduction de plusieurs innovations dans la petite irrigation. Quant aux moyens de distribution, les tuyaux sont les plus utilisés.

Une typologie des exploitations maraîchères selon le système de culture, le capital investi, la stratégie de commercialisation et d'autres caractéristiques socioéconomiques ont permis de dégager quatre (4) groupes d'exploitations maraîchères d'hivernage. Il s'agit du « groupe des exploitations intensives et spécialisées », du « groupe des exploitations diversifiées », du « groupe des exploitations socio organisées et orientées vers le marché » et du « groupe des exploitations extensives et à chefs d'exploitation expérimentés ».

REFERENCES

- [1] Comité Inter Etat de Lutte contre la Sécheresse au Sahel): 2006. Les principales réalisations du CILSS du 1973 à 2006. 67p.
- [2] Bastin S. et Fromageo A. 2007. Le maraîchage: révélateur du dynamisme des campagnes sahélo-soudaniennes, *Belgeo revue belge de géographie*, 4 | 2007, p.415-428.
- [3] BANQUE MONDIALE 2008: *l'Agriculture au service du développement, rapport sur le développement dans le monde*, Washington, 62p.
- [4] Kouakou YE, Koné B, Bonfoh B, Kientga SM, N'Go YA, Savane I. et Cissé G: 2010. L'étalement urbain au péril des activités agropastorales à Abidjan. *Vertigo* 10 (2): 9p.
- [5] Bonkoula Abdoulaye et al: 2007. Etude sur la filière pomme de terre 2007-et les méthodes de conservation du produit en vue de sa vente décalée dans le cadre d'opérations de warrantage dans le secteur géographique de Bonkougou, Département de Filingué, Région de Tillabéry au Niger. Dakar: SOS Sahel, 61 p.
- [6] INS (Institut National De La Statistique): 2012. Agriculture et conditions de vie des ménages au Niger, 72p.
- [7] Ramatou Hassane, « Innovation rurale: contribution de la pomme de terre à la sécurité alimentaire dans la Commune rurale de l'Imanan », *Les Cahiers d'Outre-Mer [En ligne]*, 270 | Avril-Juin 2015, mis en ligne le 01 avril 2018, consulté le 02 septembre 2016. URL: <http://com.revues.org/7396>; DOI: 10.4000/com.7396.
- [8] Bricas N: 1998. Cadre conceptuel et méthodologique pour l'analyse de la consommation alimentaire urbaine en Afrique. Urbanisation, alimentation et filières vivrières 01. Montpellier, CIRAD. 47 pp.
- [9] Mougeot LJA: 2000. Urban agriculture: Definition, presence, potential and risks, and policy challenges, *Cities feeding people series*, report 31. Ottawa, IDRC. 58 pp.
- [10] Tallaki (2005) Tallaki K: 2005. The pest control systems in the market gardens of Lomé, Togo. In *The Social, Political and Environmental Dimensions of Urban Agriculture*, Mougeot L (ed). Earthscan, London.p.51-85.
- [11] Diao MB: 2004. Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar. *Cahiers Agricultures* 13: 39-49.
- [12] FAO: 2013. Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, 354 pages.
- [13] Moustier P., Mbaye A., 1999. Introduction générale. In: Moustier P. et al. (éd.), *Agriculture périurbaine en Afrique subsaharienne*. Montpellier, France, Cirad, Colloques, 7-17 pp.
- [14] Dongmo et al. (2005) Dongmo T, Gockowski J, Hernandez S, Awono L. et Moudon M: 2005. L'agriculture périurbaine à Yaoundé: ses rapports avec la réduction de la pauvreté, le développement économique, la conservation de la biodiversité et de l'environnement. *Tropicultura* 23 (3): 130-135.
- [15] Gockowski J, Mbazo'o J, Mbah G. et Moulende TF: 2003. African traditional leafy vegetables and urban and peri-urban poor. *Food Policy* 28: 221-235.
- [16] Idrissa GMD: 2020. Pépinière mobile de Chiwil; Chambre régionale d'Agriculture de Tillabéri (RECA).
- [17] Commune rurale de Tagazar: 2017. Plan de développement communal, 144p.
- [18] Commune rurale d'Imanan: 2020. Plan de développement communal (replanifié), 110p.
- [19] Sayada Adamou BAFADA, Moumouni Dan Mairo ADAMOU, Haougui ADAMOU, Bibata ALI, Aissa KIMBA et Patrick DELMAS: 2018. Diversité des pesticides et leur utilisation dans la lutte contre les ennemis des cultures maraîchères dans la zone périurbaine de Niamey, Niger. *Afrique SCIENCE* 15 (6) (2019) 374 - 383 374 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>.
- [20] Blanchard M.: 2010. Savoirs techniques locaux et pratiques d'intégration agriculture-élevage. Thèse de doctorat 302 pages.
- [21] Ahouangninou CCA. 2013. Durabilité de la production maraîchère au sud-Bénin: un essai de l'approche écosystémique. Thèse de Doctorat Unique. Bénin: Université d'Abomey-Calavi, 344 p. https://agritrop.cirad.fr/572410/1/document_572410.pdf.

- [22] Abdulkadir A, Leffelaar PA, Agbenin JO, Giller KE. 2013. Nutrient flows and balances in urban and peri-urban agroecosystems of Kano, Nigeria. *Nutr Cycl Agroecosyst* 95: 231–254. DOI: 10.1007/s10705-013-9560-2.
- [23] Saïfoullah Daïrou, Micheal Vunyingah,, Housseini Djida Jacques, Alhadji Azi Hamidou,, Loabé Pahimi Alain, and Mediesse Kengne Francine: 2020. *International Journal of Innovation and Scientific Research* ISSN 2351-8014 Vol. 49 No. 2 Jun. 2020, pp. 342-348.
- [24] Assogba-Komlan F, Anihouvi P., Achigan E., Sikirou R., Boko A., Adje C., Ahle V. Vodouhè R. et Assa A., 2007. Pratiques culturelles et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpum* au sud du Bénin *African Journal of Food. Agriculture Nutrition and Development*, 7 (4): 1-21.
- [25] Adifon F. H., Azontondé A. H., Houndantode J., Amadji G. L., Boko M., 2015. Evaluation des caractéristiques chimiques des sols sableux du littoral sous-système maraîcher au Sud-Bénin. *Annales des sciences agronomiques* 19 (2): 53-68.
- [26] Kouablé B. B., Akamou F., Coulibaly E., 2003. Catalogue phytosanitaire de Côte d'Ivoire. Ministère d'Etat, Ministère de l'Agriculture, Abidjan. 44p.
- [27] Koumolou L., 2009. Bioaccumulation comparée de métaux lourds dans quelques produits maraîchers et champignons comestibles de Cotonou et d'Aplahoué (Bénin). Mémoire de DEA, Environnement, Santé et Développement. 141p.

Etude et conception d'une éplucheuse de manioc

[Study and design of a cassava peeling machine]

*Vodounnou Edmond Claude¹, Semassou Guy Clarence¹, Ahouansou H. Roger¹, Fachola Hermann¹,
and Guidi Tognon Clautide²*

¹Laboratory of Energetics and Applied Mechanics (LEMA), University of Abomey-Calavi, 01 BP 2009 Cotonou, Benin

²Laboratory of Processes and Technological Innovations, National Institute of Industrial Technology (INSTI) of Lokossa,
BP: 133 RB, Lokossa, Benin

Copyright © 2021 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: Cassava production in Benin is estimated at more than 4,5 million tonnes in 2018. Most of this production is for self-consumption and post-processing marketing. The actors in this sector transform fresh cassava into several other products (gari, tapioka, atièkè, lafun, cossette, flour breadmaking...), recognized worldwide and particularly in Africa. From an artisanal processing, the transformers in this sector, have gone through a semi-industrial transformation, thanks to the mechanization of some painful operations that used to consume a lot of time during processing. My job, was to study and design a machine that can peel cassava. This peeling operation was previously done manually using a knife or special manual tools (peelers...) and associated with a significant consumption of working time and the risk of injury and loss. The present machine, must allow the improvement of the safety, the quality of the operation as well as the significant reduction of the duration of execution. It will consist of a wooden drum whose interior is lined with wire brush fibers, driven by a motor (electric or thermal) or by the operator with a pedal, if any.

KEYWORDS: Cassava, processing, peeling, peeling machine.

RESUME: La production de manioc au Bénin, est estimée à plus de 4,5 millions de tonnes en 2018. La majeure partie de cette production est destinée à l'autoconsommation et à la commercialisation après transformation. Les acteurs de cette filière, transforment le manioc frais en plusieurs autres produits dérivés (gari, tapioka, atièkè, lafun, cossette, farine panifiable...), reconnus dans le monde entier et particulièrement en Afrique. D'une transformation artisanale, les acteurs de la filière, sont passés à une transformation semi-industrielle notamment grâce à la mécanisation de quelques opérations pénibles autrefois et très consommatrices de temps. Le présent travail consiste à l'étude et la conception d'une machine pouvant éplucher le manioc. Cette opération d'épluchage, était préalablement effectuée manuellement à l'aide de couteau ou d'outils manuels spéciaux (éplucheurs...) et s'associait avec une importante perte du temps de travail avec des risques de blessure et de perte de produit. La présente machine, doit permettre l'amélioration de la qualité de l'opération, la sécurité au cours du travail ainsi que la réduction significative de la durée d'exécution. Elle est constituée d'un tambour en bois dont l'intérieur est garni de fibres de brosse métalliques, entraîné par un moteur (électrique ou thermique) ou par l'opérateur à l'aide d'une pédale, dans le cas de la machine manuelle.

MOTS-CLEFS: Manioc, transformation, épluchage, éplucheuse.

1 INTRODUCTION

Le manioc (*manihotesculenta*), est reconnu comme l'une des principales sources d'énergie du régime alimentaire des régions tropicales. L'Afrique est placée en tête de la production mondiale avec plus de 154 millions de tonnes. Avec un tel potentiel de production, la nécessité de trouver des moyens efficaces et fiables pour la conservation de ces racines devient indispensable dans le but de continuer à assurer la survie de la filière [2]. Plusieurs autres filières ont enregistré des bonds en 2019: le maïs affiche une progression de 2 % (à 1 580 750 tonnes), le riz de 8 % (à 406 083 tonnes) et le manioc de 5 % (à 4 525 450 tonnes). Les performances les plus élevées ont été enregistrées par le soja qui progresse de 56 %, soit 257 000 tonnes (contre 156 900 tonnes en 2016) et par l'anacarde, la deuxième filière nationale génératrice de devises après le coton, qui bondit de 13 %, soit 130 276 tonnes [3]. Le manioc et l'igname sont de loin les racines et tubercules les plus cultivés au Bénin, avec respectivement 55% et 43% de la production totale des racines et tubercules (R&T) sur le plan national [4]. Cette filière est retenue parmi celles qui sont déclarées prioritaires dans le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin et qui prévoit porter la production agricole à 8,5 millions tonnes/an [5]. Au Bénin, cette conservation est assurée au moyen de la transformation du manioc en de différents produits dérivés, destinés à l'autoconsommation et la commercialisation sur le plan local (pour les petits producteurs), au plan national (pour les PME et groupements) et au plan international (pour les négociateurs grossistes). Ces produits (le gari, l'atièkè, les cossettes de manioc, le tapioca et le lafun) les plus transformés par les producteurs, sont obtenus par des moyens artisanaux ou semi-industriels. En 2004, les quatre principales contraintes à l'expansion de la transformation du manioc au Bénin étaient, l'épluchage, le râpage, le pressage et la cuisson [6]. Pour relever ces contraintes jusqu'alors, les machines comme la râpeuse, la presse à vis hydraulique, des cuiseurs améliorés sont introduites auprès des groupements de femmes et mises à disposition pour tout transformateur. Cependant, jusqu'à présent l'opération de l'épluchage est restée à l'étape manuelle, malgré les diverses tentatives de conception d'une machine efficace, pour servir à cette fin. Par conséquent, le besoin d'une machine efficace et fiable pour éplucher les racines de manioc est largement ressenti. Celle-ci, pourra aider les acteurs de la filière à réaliser leurs projets, améliorer leurs conditions de travail et augmenter considérablement leurs revenus. Plusieurs études ont été conduites dans ce sens. Olouwolé et Adio (2013) ont mis au point une éplucheuse par principe d'abrasion présentant un taux d'épluchage d'épluchage de 70,34% et un taux de brisure de 2%. Alhassan et al. 2018 ont développé aussi une éplucheuse à abrasion dont le taux d'efficacité est évalué à 74%. Adeshina et Olusola (2020) ont aussi développé une éplucheuse ont mis au point une plucheuse pour les racines et tubercule. Cet équipement a été testé avec le manioc, l'igname, la patate et le taro. Cet équipement présente une capacité de 100 kg/h lorsque le régime du tambour est de 700tr/mn et un taux d'efficacité de 63,8%. Les travaux d'Alli et Abolarin (2019) ont permis d'évaluer les performances d'une éplucheuse de manioc. Les résultats de cette étude montrent que l'équipement évalué présente les meilleures performances quand l'axe du tambour tourne à 50 tr/mn. A ce régime la capacité horaire est de 49 kg/h et un taux d'épluchage de 80,9%. Une autre éplucheuse conçu au Nigeria présente un taux d'épluchage de 65,5% (Abdulkadir, 2012). Akene et Oghenevwaire (2020) ont conçu une éplucheuse de manioc présentant une taux d'épluchage de 94,7% mais avec une capacité horaire très faible 75 kg/h. Onyenobi et Ikenga (2019) ont conçu une éplucheuse ayant une capacité par chargement de 20 kg et taux d'efficacité de 80% et une puissance du moteur de 43 watts. Les travaux de Adetan et al. (2006) se sont consacrés à la modélisation de l'épluchage du manioc à l'aide de couteaux. Le model développeprédit un taux d'efficacité de 95,46%. L'épluchage manuel au Bénin et dans la sous-région ouest-africaine se fait à l'aide des couteaux. Deux transformatrices épluchent environ 46 kg/h avec un taux d'épluchage de 100% et un rendement à l'épluchage de 78% [5].

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 DESCRIPTION DE LA MACHINE PROPOSÉE

La figure 1 est une conception en 3D de l'équipement proposé.

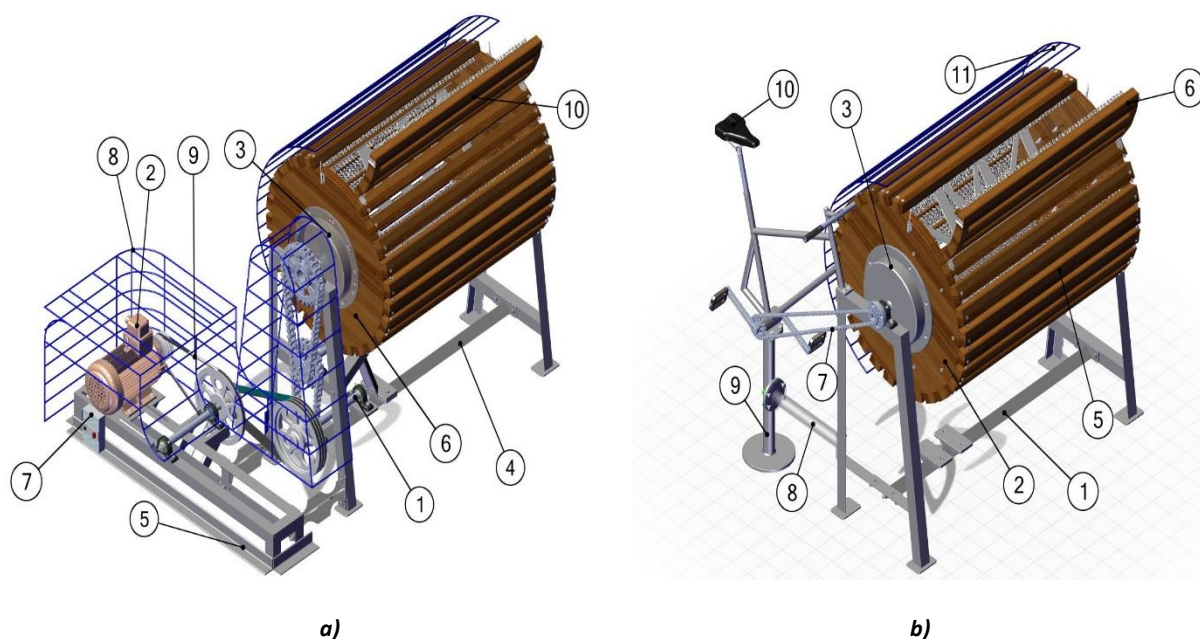


Fig. 1. a) Eplucheuse de manioc avec moteur électrique b) Eplucheuse de manioc à pédale

Légende 1a

1. Arbre intermédiaire; 2. Moteur électrique; 3. Carter roulement; 4. Châssis; 5. Châssis moteur; 6. Tambour constituée de brosses métalliques; 7. Contacteur électromécanique; 8. Cage de protection transmission; 9. Courroie de transmission; 10. Ouverture de chargement; 11. Axe fixe (brosse d'auto-nettoyage)

Légende 1b

1. Châssis; 2. Tambour constituée de brosses métallique; 3. Carter roulement; 5. Brosse métallique; 6. Ouverture de chargement; 7. Chaîne de transmission; 8. Entretoise; 9. Siège pédale; 10. Pédale de transmission; 11. Cage de protection tambour

2.1.1 TAMBOUR EN BOIS DE TECK

Il est constitué de brosses métalliques. L'assemblage est réalisé à l'aide de vis auto-taraudeuses à bois de diamètre 6mm (VB6). C'est l'élément principal de la machine, il sert à contenir et à éplucher le manioc.

2.1.2 AXE FIXE

Il porte une brosse en nylon pour l'auto-nettoyage des brosses métalliques lors de l'épluchage. C'est une pièce obtenue par construction mécano-soudée. La brosse est fixée sur l'axe fixe à l'aide de 12 vis auto-taraudeuses à bois de diamètre 4,1mm (VB4,2).

2.1.3 PALIERS DE ROULEMENT D'AUTO-ALIGNEMENT (UCP ET UCF 205)

Ils sont utilisés pour le guidage des arbres de transmission. Les paliers UCF 205 sont au nombre de 2 et sont utilisés pour le guidage du tambour sur l'axe fixe. Les UCP 205 sont au nombre de 8 et utilisés pour l'axe tambour et les arbres intermédiaires.

2.1.4 CARTER PALIER DE ROULEMENT

Il est obtenu par construction mécano-soudée, ce sont des pièces en tôle d'acier de construction (E360) d'épaisseur 100/10mm. Le carter au côté de la transmission, est muni d'un système d'accouplement pour l'assemblage des pignons dentés.

2.1.5 CHÂSSIS PRINCIPAL

Il est réalisé avec le fer cornière L à ailes égales de dimensions 50x50x5mm, en construction mécano-soudée. Celui de l'éplucheuse motorisée est d'une structure beaucoup plus complexe pour permettre le support des arbres intermédiaires.

2.1.6 ARBRES INTERMÉDIAIRES

Ils sont en acier chromé, obtenus par usinage au tour d'un tube rond $\varnothing$ 30mm. Ces arbres permettent de transmettre la puissance mécanique du moteur vers le tambour.

2.1.7 PIGNONS DENTÉS ET POULIES

Les poulies sont obtenues par usinage au tour de pièces d'aluminium préalablement moulées en sable. Les pignons sont directement achetés sur le marché.

2.1.8 PÉDALE DE TRANSMISSION (POUR L'ÉPLUCHEUSE À PÉDALE)

Elle est réalisée à l'aide d'organes de vélo recyclé. Ça facilite l'entraînement du tambour pour l'opérateur. Elle est utilisée dans le cas où les conditions économiques de l'utilisateur ne lui permettent pas d'avoir accès à des moteurs.

2.1.9 MOTEUR ÉLECTRIQUE

Il permet l'entraînement du tambour à travers les organes de la transmission. On l'utilise lorsque les conditions nécessaires sont requises.

2.1.10 CAGES DE PROTECTION contre le tambour, le moteur et la transmission. Elles sont réalisées à l'aide d'acier galvanisé (6mm, en construction mécano-soudée).

2.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- **Eplucheuse à pédale**

Ce prototype d'éplucheuse de manioc à pédale, est composé essentiellement d'un système de transmission par pédale, d'un axe fixe portant une brosse en nylon (contre brosse pour l'auto-nettoyage des brosses constituant le tambour) et d'un tambour, composé avec des planches de bois sur lesquelles on a placé des fibres de brosses métalliques. Nettoyer proprement à l'eau les racines de manioc pour enlever les débris et le sable. Ouvrir la porte du tambour et y verser les racines de manioc; fermer la porte après remplissage. Lorsque l'opérateur commence par pédaler la machine, le mouvement de rotation du plateau denté est transmis au tambour par l'intermédiaire d'une chaîne de transmission mécanique et le tambour effectue alors un mouvement de rotation continue autour de l'axe fixe. Par l'effet de la friction entre les racines et les brosses métalliques, la pelure du manioc s'enlève progressivement et l'épluchage s'effectue. Au cours de l'épluchage, la brosse montée sur l'axe fixe permet le nettoyage automatique des brosses d'épluchage. Les épluchures tombent au fur et à mesure à travers les interstices entre les montures de brosse. Après un certain nombre de temps, l'opérateur s'arrête pour contrôler le niveau d'épluchage, si l'épluchage est bien fait, l'opérateur ouvre de nouveau la porte du tambour pour récupérer les maniocs épluchés.

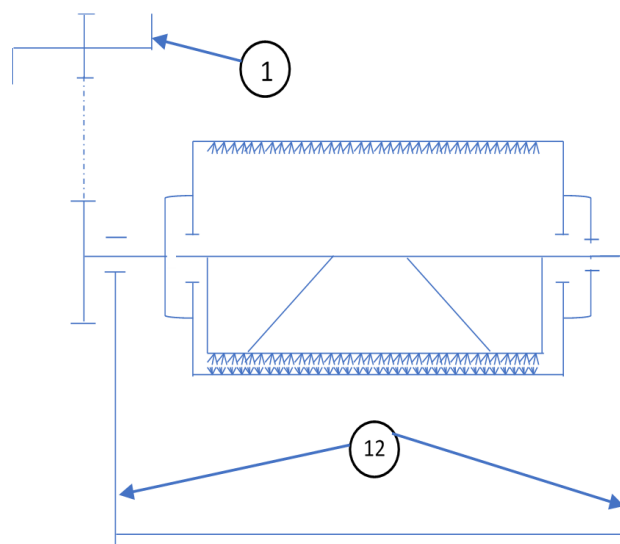


Fig. 2. Schéma principe de l'éplucheuse de manioc à pédale

• Eplucheuse motorisée

Au niveau de l'éplucheuse de manioc motorisée, le système de transmission par pédale est remplacé par un système de poulies-courroies et de chaînes-pignons dentés, le tout entraîné par un moteur diesel ou un moteur électrique. Lorsque l'opérateur met le moteur en marche après le chargement du tambour, le mouvement de rotation de l'arbre moteur est transmis au tambour par l'intermédiaire d'une succession de poulies-courroies et chaînes-pignons dentés. Le tambour effectue par conséquent un mouvement de rotation continue autour de l'axe fixe. L'épluchage du manioc s'effectue comme expliqué précédemment. Après un certain nombre de temps en fonction de la quantité chargée dans le tambour, l'opérateur arrête la machine pour contrôler le niveau d'épluchage de l'ensemble des racines, si le taux est convenable, l'opérateur procède comme expliqué précédemment pour récupérer les maniocs épluchés et finir avec ce cycle d'opération.

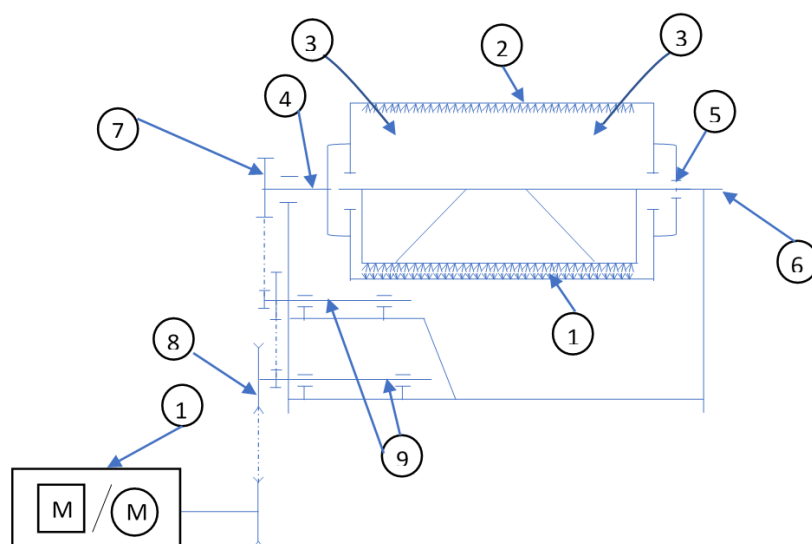


Fig. 3. Schéma principe de l'éplucheuse de manioc motorisée

Légende

1: Brosse métallique, 2: Tambour, 3: Ouverture du tambour, 4: Carter roulement, 5: Palier de roulement, 6: Axe fixe (contre brosse), 7: Roue dentée, 8: Poulie, 9: Arbre intermédiaire, 10: Moteur électrique ou moteur thermique, 11: Pédale de transmission, 12: Châssis.

2.3 MODÉLISATION: ASSEMBLAGE DE L'ÉPLUCHEUSE

2.3.1 DIMENSIONS DES PLANCHES DU TAMBOUR

Les dimensions minimales des planches sont déterminées à partir des valeurs maximales de l'effort tranchant, du moment fléchissant s'exerçant sur chaque planche et de la flèche de déformation.

$$T_{max} = \frac{1}{2}P = \frac{1}{2}mg \text{ (N)} \quad (1)$$

$$M_{fmax} = \frac{PL}{8} = \frac{mgL}{8} \text{ (N.mm)} \quad (2)$$

Avec T_{max} l'effort tranchant maximal, M_{fmax} le moment fléchissant maximal, P le poids maximal de racines de manioc supporté par le tambour en N, m la masse maximale de racines de manioc supporté par le tambour en kg, L la longueur d'une planche en mm et g la force de pesanteur en N/kg.

$$\Delta c = -\frac{5PL^3}{384} \cdot \frac{1}{EI_z} \text{ (mm)} \quad (3)$$

Avec: Δc la flèche de déformation, E le module d'élasticité du bois de teck en N/mm²; $I_z = \frac{le^3}{12}$ (mm⁴) le moment quadratique de la section droite d'une planche; e (mm) étant l'épaisseur de la planche et l (mm) la largeur de la planche.

2.3.2 DIAMÈTRE DE LA BASE DU TAMBOUR

Son expression est:

$$D_i = \sqrt{\frac{4V}{\pi L_i}} \text{ (mm)} \quad (4)$$

Avec: D_i le diamètre intérieur, V le volume intérieur du tambour exprimé par $V = \frac{m}{\rho_m}$; ρ_m étant la densité du manioc et m la masse de manioc; L_i la longueur intérieure.

2.3.3 DIAMÈTRE MINIMAL DE LA VIS (AUTO-TARAUDEUSE) DE MAINTIEN DES PLANCHES SUR LE TAMBOUR [7]

Il est exprimé par:

$$d' = 2\sqrt{N \cdot \frac{s}{\pi R_e}} \text{ (mm)} \quad (5)$$

Avec: N l'effort de traction dans la vis en newton, s le coefficient de sécurité et R_e la résistance limite élastique de la vis en N/mm².

2.3.4 LONGUEUR MINIMALE DE PÉNÉTRATION DE LA VIS DANS LA BASE DU TAMBOUR

Elle est exprimée par:

$$h = \frac{N}{\pi d' \cdot G \cdot \gamma} \text{ (mm)} \quad (6)$$

Avec: N l'effort de traction dans la vis en newton, d' le diamètre de la vis, G le module de cisaillement du bois de teck et γ la déviation de glissement.

2.3.5 LA VITESSE DE ROTATION DU TAMBOUR

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cos(\tan^{-1}(\phi \cdot \epsilon))}{R}} \text{ (rad/s}^2\text{)} \quad (7)$$

Avec: g l'accélération de la pesanteur, φ le coefficient d'adhérence des racines de manioc, ϵ coefficient de sécurité et R le rayon intérieur.

2.3.6 TRAVAIL DU POIDS DES RACINES DE MANIOC ET DES PLANCHES LORSQUE LE TAMBOUR TOURNE

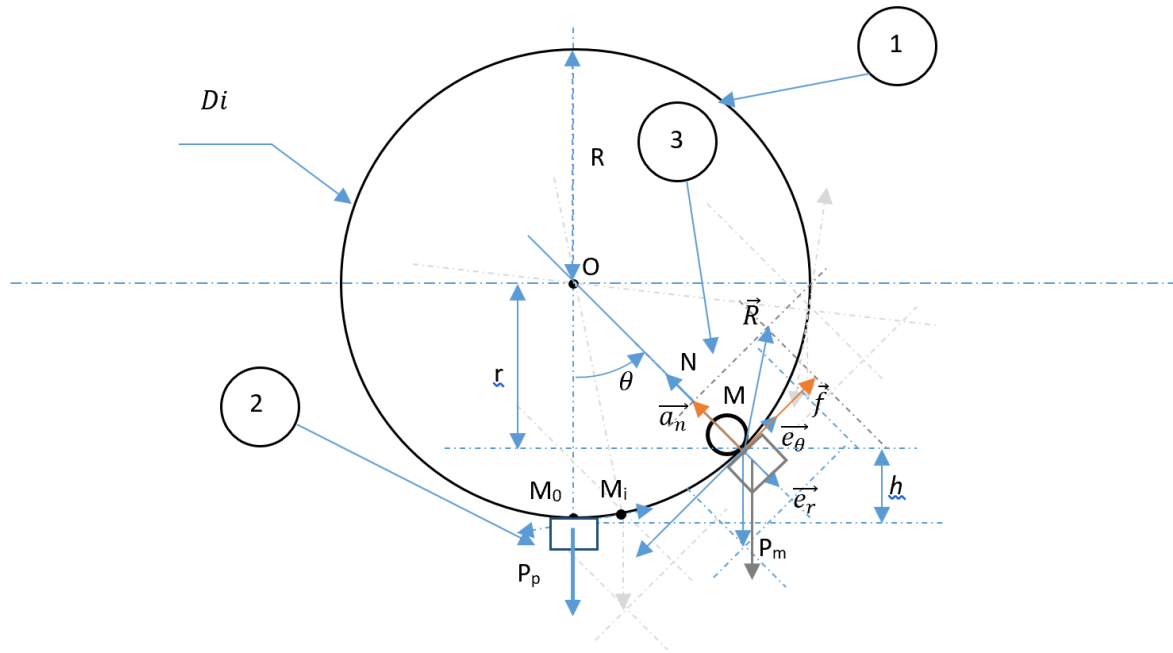


Fig. 4. Travail des poids du manioc et des planches constituant le tambour

Légende

1. Tambour
2. Planche constituant le tambour
3. Racine de manioc

$$W = hg(28m_p + m) (J) \quad (8)$$

Avec: $h = R - r$ (mm), m_p la masse d'une planche et m la masse des racines.

2.3.7 LA PUISSANCE NÉCESSAIRE À L'ÉPLUCHAGE DES RACINES DE MANIOC

Son expression est:

$$P = \frac{W}{t} (W) \quad (9)$$

Avec: W le travail du poids des racines de manioc et des planches lorsque le tambour tourne en J et t le temps nécessaire pour balayer l'angle θ .

2.4 SYSTÈME D'ENTRAÎNEMENT

La chaîne de transmission est composée de plusieurs types de transmissions qui transforment la puissance du moteur et déterminent la vitesse nécessaire au bon fonctionnement de l'équipement. Elle est caractérisée par deux paramètres que sont: l'efficacité totale et le rapport de transmission. Le type de transmission utilisé ici est la transmission par poulies-courroies et la transmission par chaîne-pignon.

2.4.1 EFFICACITÉ GLOBALE

L'efficacité globale de la doseuse est déterminée de la façon suivante:

$$\eta_{global} = \eta_p^3 \times \eta_c^4 \times \eta_{ch}^2 \quad (10)$$

Avec: η_p : rendement par paire de paliers;

η_{ch} : rendement des chaînes

η_c : rendement des courroies trapézoïdales

2.4.2 RAPPORT DE TRANSMISSION

Il est déterminé par:

$$r = r_1 \times r_2 \quad (11)$$

r_1 et r_2 étant respectivement les rapports de transmission par poulies-courroies et par pignon-chaîne; avec:

$$r_1 = \frac{D_3}{d_1} = \frac{N_M}{N} \quad (12)$$

$$r_2 = \frac{Z_D}{Z_d} = \frac{N_d}{N_D} \quad (13)$$

Avec: D_3 et d_1 respectivement les diamètres de la poulie menée et de la petite poulie (poulie menante) en mm; N_M et N respectivement les vitesses de rotation de la poulie menante (moteur) et de la poulie menée en tr/min ; Z_D et Z_d respectivement les diamètres primitifs de la roue et du pignon en mm; N_d et N_D respectivement les vitesses de rotation du pignon et de la roue en tr/min .

2.5 MOTEUR

Il joue un rôle important dans la conception de l'éplucheuse. Il est caractérisé par sa puissance et sa vitesse de rotation. Ces paramètres sont déterminants dans le choix du moteur adéquat pour la doseuse.

2.5.1 PUISSANCE DU MOTEUR

Elle est déterminée par l'expression:

$$\frac{P}{P_M} = \eta_{global} \quad (14)$$

De (14) on tire P_M :

$$P_M = \frac{P}{\eta_{global}} \quad (15)$$

Avec: P la puissance utile de la machine, P_M la puissance motrice et η_{global} l'efficacité globale.

2.5.2 VITESSE DE ROTATION DU MOTEUR

Elle s'exprime par:

$$N = \frac{N_1}{\eta_{global}} \quad (16)$$

Avec: N_1 la vitesse du tambour, N la vitesse de rotation motrice et η_{global} l'efficacité globale.

2.6 DIMENSIONNEMENT DES COURROIES D'ENTRAÎNEMENT

Pour mieux assurer la transmission de la puissance du moteur et diminuer considérablement les pertes, l'utilisation des courroies trapézoïdales est l'idéal. Une courroie est caractérisée par sa section transversale, la longueur du pas, l'entraxe, l'angle d'enroulement et la puissance nominale maximale.

2.6.1 SÉLECTION DE LA SECTION DE BANDE

Le choix de la courroie est fonction de la puissance de service P_s et du régime de la petite poulie menante. L'expression de la puissance de service est:

$$P_s = P \cdot K_s \quad (17)$$

Avec K_s représentant le coefficient de service des courroies, correspondant à une transmission avec à-coups et chocs élevés (à cause du moteur diesel monocylindre) pour un service normal, et P la puissance du moteur. Connaissant les valeurs de P et N , on se réfère au graphique des plages de puissance transmissible par type de courroie pour sélectionner le type de courroie [8].

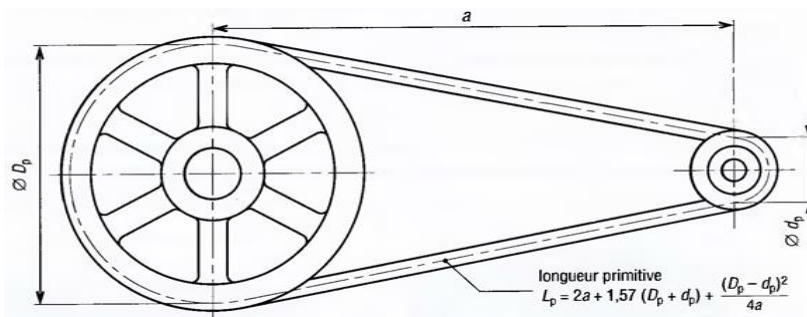


Fig. 5. Ligne primitive d'une courroie trapézoïdale [8]

2.6.2 CALCUL DE L'ENTRAXE DES COURROIES

L'entraxe des courroies est la distance entre les axes des deux poulies. Afin de déterminer l'entraxe théorique a , sa valeur minimale (a_{min}) et sa valeur maximale (a_{max}) doivent d'abord être déterminées.

Lorsque le rapport D/d est compris entre 1 et 3 (comme dans le cas présent), a_{min} et a_{max} sont déterminés par les relations (18) et (19).

Avec D et d signifiant respectivement les diamètres primitifs de la grande et de la petite poulie:

$$a_{min} = \frac{D+d}{2} + d \quad (18)$$

$$a_{max} = 3(d + D) \quad (19)$$

Après avoir déterminé a_{min} et a_{max} , une valeur approximative de l'entraxe théorique est choisie telle que: $a_{min} \leq a < a_{max}$.

Les axes des poulies étant parallèles et la courroie non croisée, la longueur théorique L_{th} de la courroie s'écrit [12]:

$$L_{th} = 2a_{th} + 1,57(d + D) + \frac{(D-d)}{a_{th}} \times \frac{(D-d)}{4} \quad (20)$$

Après le calcul de L_{th} , le tableau avec les longueurs de pas indicatives des courroies trapézoïdales est utilisé pour sélectionner une longueur standard qui est une approximation de la longueur théorique calculée.

A partir de la longueur standard, l'entraxe réel est alors calculé comme suit:

$$a = a_{th} + \frac{L-L_{th}}{2} \quad (21)$$

2.6.3 CALCUL DE LA PUISSANCE DE BASE P_b

La puissance de base P_b est fonction de la vitesse linéaire V et du diamètre primitif d de la petite poulie. V est exprimée par:

$$V = \pi d N \quad (22)$$

Sur la base du tableau indiquant la puissance de base P_b (en kW) des courroies trapézoïdales conventionnelles, P_b est sélectionné en tenant compte des V et d calculés [8].

2.6.4 CALCUL DE L'ANGLE D'ENROULEMENT Θ

L'angle d'enroulement est l'écart angulaire entre la direction de la bande et l'horizontale. Il est déterminé par la formule suivante:

$$\theta = 180^\circ - 2 \arcsin \frac{D-d}{2} \quad (23)$$

2.6.5 CALCUL DE LA PUISSANCE ADMISSIBLE P_a

La puissance admissible P_a est déterminée comme suit [8]:

$$P_a = P_o \times K_\theta \times K_L \quad (24)$$

Avec K_θ le coefficient correcteur fonction de l'angle d'enroulement Θ et K_L le coefficient correcteur fonction de la longueur L .

2.6.6 CALCUL DU NOMBRE DE COURROIES n

Le nombre est déterminé par le quotient de la puissance de service par la puissance admissible.

$$n = \frac{P_s}{P_a} \quad (25)$$

2.7 DIMENSIONNEMENT DES CHÂÎNES DE TRANSMISSION

2.7.1 CHOIX DU NOMBRE DE DENTS POUR LE PIGNON ET LA ROUE

$$Z_D = (N_d \times Z_a) / N_D \quad (26)$$

Avec Z_D et Z_a respectivement le nombre de dents de la roue et celui du pignon; N_d et N_D la vitesse de rotation du pignon et de la roue.

2.7.2 CHOIX DU PAS DE LA CHÂÎNE

Le choix du pas de la chaîne est fonction de la puissance de service et de la vitesse de rotation du pignon. La puissance de service d'une chaîne de transmission a pour expression:

$$P_S = P \cdot K_S$$

Où K_S est le coefficient de service.

Connaissant les valeurs de P_S et N_d , on se réfère au graphique des plages de puissance transmissible par type de chaîne pour sélectionner le type de chaîne et ainsi son pas.

2.7.3 DIAMÈTRES PRIMITIFS DU PIGNON ET DE LA ROUE [9]

$$d = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{Z_d}\right)} \text{ (mm)} \quad (27)$$

$$D = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{Z_D}\right)} \text{ (mm)} \quad (28)$$

Avec Z_D et Z_d respectivement le nombre de dents de la roue et celui du pignon; d et D respectivement diamètres primitifs du pignon et de la roue en mm et p le pas de la chaîne en mm.

2.7.4 LONGUEUR PRIMITIVE DE LA CHAÎNE [9]

La longueur primitive d'une chaîne a pour expression:

$$L_p = 2a + \frac{p(Z_d + Z_D)}{2} + \frac{p^2}{a} \left(\frac{Z_D - Z_d}{2\pi} \right)^2 \text{ (mm)} \quad (29)$$

Avec a l'entraxe prévue pour la chaîne en mm, Z_D et Z_d respectivement le nombre de dents de la roue et celui du pignon; et p le pas de la chaîne en mm.

2.8 VÉRIFICATION DES DIMENSIONS DES ARBRES DE TRANSMISSION

En fonctionnement normal, les arbres de l'éplucheuse sont soumis à des flexions, des torsions et des cisaillements. Ils doivent donc respecter simultanément les conditions de résistance.

Résistance de l'arbre à la torsion

$$\tau \leq \tau_p$$

$$Re \geq 2s\tau \quad (30)$$

Longueur l maximale pour la résistance à la flexion de l'arbre

$$\sigma_f \leq R_p$$

$$l \leq \frac{4\pi(d^4 - d_i^4)}{(m + m_t) g \cdot d \cdot 64} \cdot \frac{Re}{s} \quad (31)$$

Avec m_t la masse du tambour, m la charge maximale du tambour, g l'accélération de la pesanteur, ρ la densité du bois de teck, d et d_i les diamètres extérieur et intérieur de l'arbre, Re la limite d'élasticité et s le coefficient de sécurité.

3 ESTIMATION DU COÛT DE L'ÉPLUCHEUSE

Le coût global (C_g) de la machine sera évalué selon le coût (C_m) des matériaux utilisés, le coût (C_u) d'usinage des pièces et le coût du bureau d'étude (C_b).

Soit:

$$C_g = C_m + C_u + C_b \quad (32)$$

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 RÉSULTATS

Les résultats de l'application des modèles mathématiques du dimensionnement des composants de l'éplucheuse sont inscrits dans les tableaux 1,2,3,4,5,6,7,8,9 et le coût global estimé de l'éplucheuse motorisée et de l'éplucheuse à pédale dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 1. Valeurs des paramètres caractéristiques du tambour et de la vis auto-taraudeuse

Composants	Paramètres				
Tambour	Diamètre de base D_i (mm)	Dimensions planche (mm)	Vitesse angulaire ω (rad/s)	Travail effectué W (J)	Puissance P (kW)
	700	$L=1000; l = 60; e = 40$	4,6	328,77	2,1
Vis auto-taraudeuse	Diamètre d' (mm)		Longueur de pénétration h (mm)		
	6,25		40		

Tableau 2. Valeurs des paramètres caractéristiques de la chaîne de transmission

Composants	Paramètres			
Chaîne de transmission	Efficacité			Rapport de transmission
	Paliers (η_p)	Chaînes (η_{ch})	Courroies (η_c)	0,03
	0,86	0,96	0,85	
	Efficacité globale			
	0,7			

Tableau 3. Valeurs des paramètres caractéristiques du moteur

Composants	Paramètres	
Moteur	Puissance P_M (kW)	Vitesse de rotation N_M (tr/min)
	3	45

Tableau 4. Valeurs des paramètres caractéristiques des poulies

Composants	Paramètres			
	Poulie menante		Poulie menée	
	Diamètre d (mm)	Vitesse de rotation N_d (tr/min)	Diamètre D (mm)	Vitesse de rotation N_D (tr/min)
Poulie menante et poulie intermédiaire	100	1500	300	500
Poulie intermédiaire et poulie menée	100	500	300	167

Tableau 5. Valeurs des paramètres caractéristiques des courroies d'entraînement

Composant	Paramètres			
Courroie poulie menante - poulie intermédiaire	Puissance de service P_s (en kW)	Vitesse linéaire v (en m/s)	Entraxe (en mm)	
	3,1	7,85	$a_{min} = 200$	$a_{maxi} = 1200$
			Entraxe théorique (mm)	
			$a_{th} = 322$	
			Entraxe réel (mm)	
Courroie poulie intermédiaire - poulie menée	Puissance de service P_s (en kW)	Vitesse linéaire v (en m/s)	Entraxe (en mm)	
	3,1	2,63	$a_{min} = 200$	$a_{maxi} = 1200$
			Entraxe théorique (mm)	
			$a_{th} = 322$	
			Entraxe réel (mm)	
			$a = 322$	

Tableau 6. Valeurs des paramètres caractéristiques de puissance de transmission des courroies

Composant	Paramètres				
	Longueur standard L (mm)	Angle d'enroulement de la courroie θ	Puissance de base P_o (en kW)	Puissance admissible P_a (en kW)	Nombre de courroies
Courroie poulie menante - poulie intermédiaire	1303	143,81°	2,64	2,2	1
Courroie poulie intermédiaire - poulie menée	1353	146,6°	1,09	0,928	3

Tableau 7. Valeurs des paramètres caractéristiques des pignons et des roues

Composants	Paramètres			
	Nombre de dents Z	Vitesse de rotation N_z (tr/min)	Diamètre primitif (mm)	Pas p (mm)
Pignon 1	11	167	90,156	25,40
Roue 1	21	90	170,421	
Pignon 2	14	90	114,15	25,40
Roue 2	28	45	226,86	

Tableau 8. Valeurs des paramètres caractéristiques des chaînes

Composant	Paramètres			
	Longueur primitive L_p (mm)	Entraxe	Puissance de service P_s (en kW)	Nombre de courroies
Chaîne 1	1112	350	5,72	1
Chaîne 2	1244	350	4,48	1

Tableau 9. Valeurs des paramètres caractéristiques des arbres de transmission

Composants	Paramètres	
	Limite d'élasticité R_e (en N/mm ²)	Longueur maximale de résistance à la flexion (en mm)
Arbre	$R_e \geq 553,11$	$l \leq 237,16$
	Di = 18 mm	
	De = 25 mm	

Tableau 10. Coût de l'éplucheuse motorisée

Coût matériaux (en F CFA)	Coût d'usinage (en F CFA)	Coût du bureau d'étude (en F CFA)	Coût total (en F CFA)
609 850	106 000	80 000	795 850

Tableau 11. Coût de l'éplucheuse à pédale

Coût matériaux (en F CFA)	Coût d'usinage (en F CFA)	Coût du bureau d'étude (en F CFA)	Coût total (en F CFA)
285 350	44 000	80 000	409 0

4.2 ANALYSE DES DONNÉES SUR L'ÉPLUCHEUSE DE MANIOC

4.2.1 DIMENSIONNEMENT DU TAMBOUR

Le matériau de constitution du tambour est le bois de teck de provenance locale. La capacité maximale de chargement du tambour est de 300kg de manioc. Toute cette charge, est supposée s'appliquer suivant les propriétés du poids d'un corps, dans le plan de symétrie longitudinale, vertical (P) du tambour.

4.2.2 PUISSANCE NÉCESSAIRE POUR L'ÉPLUCHAGE

De tous les calculs qui précèdent, la puissance théorique approximative, nécessaire pour éplucher les racines de manioc est 2,1KW soit approximativement 3CV. Par conséquent, nous aurons besoin d'un moteur de puissance minimale 3CV si la machine doit fonctionner à sa pleine capacité. Dans le cas où c'est l'homme qui doit faire fonctionner une telle machine, l'opérateur doit diminuer de 5 – 10 fois la charge du tambour selon la puissance de l'homme disponible.

4.2.3 DIMENSIONS DE L'ARBRE ET DE L'AXE

Pour pouvoir assurer l'auto-nettoyage des brosses au cours l'épluchage des racines de manioc, une brosse en nylon est fixée sur l'axe fixe (1) et nettoie automatiquement les brosses métalliques. Ce qui explique pourquoi cet axe doit rester fixe par rapport au mouvement du tambour. Pour assurer ceci, l'ingénieur concepteur du prototype [10] sur lequel le travail est fait, a trouvé la solution de séparer l'axe (1) de l'arbre (3). Ainsi, l'arbre (3) permettra de supporter en partie le tambour et sa charge et d'entraîner l'ensemble dans un mouvement de rotation continue. Tandis que l'axe fixe (1) supporte une partie du tambour et de sa charge et maintient la brosse d'auto-nettoyage. L'axe et l'arbre sont à base de tube rond de diamètre externe 25mm et de diamètre interne 18mm en acier inoxydable de nuance A5 de $Re = 600 \text{ N/mm}^2$.

5 CONCLUSION

En suivant une méthode bien déterminée de dimensionnement, nous avons pu déterminer les paramètres nécessaires pour un bon épluchage des racines de manioc et déterminer les dimensions des organes de la machine en fonction de ces paramètres. Après conception à l'aide du logiciel SolidWorks 2018 nous avons obtenu des modèles 3D des organes constitutifs de l'éplucheuse de manioc. Des solutions concrètes ont été apportées lors de l'étude et la conception d'une éplucheuse de manioc. Ces solutions ont permis de finir l'étude et la conception et de rendre disponible les documents techniques qui en découlent. Il reste à présent de pouvoir concrétiser et réaliser cette machine afin de la rendre fonctionnelle et disponible pour les transformateurs/transformatrices du manioc.

REFERENCES

- [1] MAEP (Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries). (2009). Study on the promotion of the cassava sector in Benin, 1 (1), 90. <http://www.maep.bj>.
- [2] FAO/INFOODS. Annual report on the results of 2018. 217 p.
- [3] Ministry of Agriculture, Burkina Faso. (2014). Technical sheet on cassava. Direction régionale de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire.
- [4] FAO, (2015). Project to strengthen trade relations between small-scale producers and buyers in the Roots and Tubers value chain in Africa: GCP/RAF/448/EC. Work plan: Benin. pp.16; <http://www.fao.org/publication>.
- [5] Ahouansou R. & al. (2018). Technical study of cassava pulp "garification" and physicochemical characterization of gari obtained in Benin. ISSN 2028-9324 (24), pp. 1071-1080. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
- [6] MAEP (Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries), 2016. Catalog Béninois des Espèces et Variétés végétales (CaBEV), 2016. INRAB/DPVPPAAO/ProCAD/MAEP & CORAF/WAAPP. 339 p. Legal deposit No. 8982 of October 21, 2016, National Library (BN) of Benin, 4th quarter. ISBN: 978-99919-2548-6.
- [7] <http://www.fao.org/publication/Density-of-Cassava-raw-in-285-units-and-reference-information>.
- [8] FANCHON J-L., (2001) Science and technology guide, NATHAN, 592p.
- [9] Mensah, P. (2017). Dissertation for the degree of Bachelor of Science in Agricultural Machinery. Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi: School of Engineering. Performance evaluation of a cassava peeler, 1-62. <http://www.knust.edu.gh>.
- [10] Lund, U. (2012). Pedal operated cassava peeler. Completion project for master's degree in mechanical.
- [11] Yashvanth B G. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (Vol. 6, numéro spécial 15, décembre 2017).
- [12] K. Ramadurai, N. Mohamed Inzzamam Kutty, R. Ajay Balaji, 2019, Coconut Dehusking Machine, International Journal of Engineering Research & Technology (ijert) confcall – 2019 (Volume 7 – Numéro 11).
- [13] Nair KP. Technological Advancements in Coconut, Arecanut and Cocoa Research: A Century of Service to the Global Farming Community by the Central Plantation Crops Research Institute, Kasaragod, Kerala State, India. InTree Crops 2021 (pp. 377-536). Springer, Cham.

- [14] Design of Coconut De-husking Machine Using Quality Function Deployment Method Yohanes, Helmi Candrab Satriardic, Anita Susilawatia and Dodi Sofyan Arief. Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace -Science and Engineering-, Vol.3 November 7, 2016.
- [15] Design and Performance Test of Coconut Skin Testa Peeling Machine; Yukodharma Putra, Erry Rimawan, Ahmad Rusdi, Andrianto. Volume 5, Issue 7, July – 2020 International Journal of Innovative Science and Research Technology.
- [16] REDESIGN OF YOUNG COCONUT PEELER TOOL BASED ON THE JOB STRAIN INDEX METHOD, MERRY SISKI & FAJRIAH ELSA SUHERI. International Journal of Mechanical and Production, Engineering Research and Development Vol. 10, Issue 3, Jun 2020, 10657-10664.
- [17] Supriono, Y Suryana, A Santoso, Ansarullah, GA Rifaldi; DESIGN AND DEVELOPMENT OF YOUNG COCONUT SKIN MACHINERY TO SUPPORT FRESH MARKETING OF FRESH YOUNG COCONUT IN THE STATE AND EXPORT. AS Saleh, Proceedings of The Second International on Food and Agriculture.
- [18] Kannaki S, Bhoopesh D, Balaji S, Saktheeswaran G, Ajai R5, Adithyan M. ICMECE 2020 IOP; Preparation of Design and Development of Automatic Coconut Processing Machine; Conf. Series: Materials Science and Engineering 993 (2020) doi: 10.1088/1757-899X/993/1/012117.
- [19] Design and Development of Coconut Dehusking Machine. Roopashree C R. International Journal of Engineering Development and Research. 2017 Volume 5, Issue 3.
- [20] Praveen K, Prema D, Srikanth, Yashvanth B G; Design and Fabrication of Pneumatic Operated Coconut Dehusking Machine; Prof. Vijay Kumar G Tile, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (Vol. 6, Special Issue 15, December 2017).
- [21] K. Ramadurai, N. Mohamed Inzzamam Kutty, R. Ajay Balaji, 2019, Coconut Dehusking Machine, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT) CONF CALL – 2019 (Volume 7 – Issue 11).

Exposure of agricultural products to metallic trace elements in the limestone mining area of Scan Mine in the Canton of Tokpli (Togo): Case of grains of *zea mays* (corn), leaves and stems of *corchorus olitorius* (Ademe) and tubers of *manihot esculenta* (Cassava)

Méwinesso Tchanadema, Tomkouani Kodom, Massabalo Ayah, Phintè Nambo, Limam Moctar Bawa,
and Gbandi Djaneye-Boundjou

Laboratory of Applied Hydrology and Environment, Faculty of Sciences, Lomé University, P O Box: 1515, Lomé, Togo

Copyright © 2021 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 pollution of environmental components by metallic trace elements around many mining sites is known around the world. This metallic pollution constitutes a serious public health problem and the bioaccumulation of these metallic trace elements by food plants is a major concern. This study highlighted the level of pollution by metallic elements in edible products of three plant species (*zea mays*, *corchorus olitorius* and *manihot esculenta*) regularly grown in the Tokpli limestone mining area. The analysis of metallic trace elements in soil and plant samples is respectively carried out by inductively coupled plasma microwave atomic emission spectrometer (ICP-AES 4200) and inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (the Optima 80,000 ICP). The contents of various metallic trace elements were analyzed in the grains of *zea mays*, the leaves and stems of *corchorus olitorius* and tubers of *manihot esculenta*. The results show a high accumulation of most of these elements in edible products and in soils. These metallic elements in the soil would come from mining activity, the degradation of soils and other ecosystems, and the misuse of chemical fertilizers and pesticides. Their presence in edible products would be linked to the process of bioaccumulation by root and/or aerial ways.

The pollution factors of metallic trace elements (Hg, Fe, Pb, Al, Se...) in edible products such as *zea mays* (Hg: 2806.29; Fe: 1667.62; Pb: 1622.99), *corchorus olitorius* (Hg: 3463.24; Al: 2715.78; Fe: 1882.98) and *manihot esculenta* (Fe: 964.51; Hg: 670.13; Se: 539.26) plants grown around the Tokpli mining area are much higher than the thresholds recommended by the World Health Organization (WHO). Consumption of these products could expose consumers to chronic poisoning.

KEYWORDS: Limestone mining; Metallic trace elements, Contamination, Bioaccumulation, Edible agricultural products.

1 INTRODUCTION

Africa has diverse mineral resources in relatively large quantities. For centuries has been a place of exploitation of natural resources in general and mining resources in particular. The mining sector has experienced an impressive boom over the past ten years, around foreign companies and African countries intend to derive maximum benefit from this activity. Unfortunately, mining activities are sources of pollution by metallic trace elements. These metallic trace elements behave differently in their environments. In the soil, they are linked to different constituents and come in different chemical forms. They can change into soluble forms or migrate towards other constituents of the soil or into the liquid phase depending on the physicochemical conditions. The behavior of heavy metals in soils strongly depends on the nature and the proportion of the content of different components of the soil such as clays, carbonates, silica, and organic matter [1]. The mechanisms of heavy metal transfer between natural reservoirs are: adsorption, desorption, precipitation and dissolution [2]. These mechanisms influence the bioavailability of metallic trace elements. This bioavailability at mining sites is a function of the phenomenon of mine acid drainage (AMD) and soil activities in rhizospheric zones. Bioavailability is the ability of a quantity of an element present in the soil to be absorbed by a living organism [3].

Mine Acid Drainage makes the environment acidic and metallic elements can quickly change into solution and be available to the biosphere.

The root zone of plants is influenced by biological activity in the soil. This biological activity determines the eco-dynamics of metallic elements locally by precipitation, complexation and absorption. Activity in the rhizospheric zones can modify pH, the redox potential and the dissolution of minerals. The processes involved are active or passive, biological or physicochemical and lead to the solubilization of heavy metals or, on the contrary, to their insolubilization by either directly modifying their status (soluble / insoluble, oxidized / reduced, complexed / uncomplexed and adsorbed / not adsorbed) or by acting on their carrying phases (alteration, dissolution and precipitation) [4], [5], [6].

Food plants are exposed to heavy metals through air or root ways. Heavy metals are present or deposited by air on the surface of organs (leaves, stems) and they enter through the stomata in the form of particles, gaseous compounds (Hg, As) or dissolved in rain or irrigation water [7]. They are also absorbed by the roots in the water soil [7].

Some plants are very accumulating others not at all. Lead, cadmium and mercury present risks of variable toxicity on the different types of vegetable.

Vegetables take up lead, cadmium and mercury in relative amounts from the soil. Root crops (carrots) and leaf crops (lettuce) present a higher risk of lead poisoning than fruit vegetables (beans and tomatoes). Mercury and cadmium negatively affect the growth and photosynthetic activity in tomato plants. Chlorophyll concentrations decrease and stems wither at ground level after tomato plants are exposed to these two heavy metals.

Trace metallic elements that accumulate in plant and animal species can become toxic [7]. This toxicity can result from an accumulation of the element in the food chain and causes dysfunctions in the animals and humans who consume these products [8], [9].

Metals such as mercury, lead, cadmium, arsenic, copper, nickel etc. have toxicological effects on living organisms even at low concentrations. Human beings are exposed to these metals through the consumption of contaminated water, vegetable products and animals.

The bioaccumulation of heavy metals by grown plants constitutes a major problem in eco-toxicology as revealed by numerous studies [10], [11], [12], [13].

This study aims at researching some metallic trace elements in the grains of *zea mays* (maize), the tubers of *manihot esculenta* (cassava) and the leaves of *corchorus olitorius* (Adémè, local name in West Africa) which are the agricultural products most consumed in the limestone mining area of Scan Togo.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 THE STUDY AREA

Tabligbo is the main town in the Yoto prefecture of located in the South -East of the Maritime Region in Togo. The limestone mining site is located about 8 km to the northeast of the town of Tabligbo. In this area the limestone is mined by two companies, Scan Togo and Wacem separated by a distance of about 8 km (Figure 1). The limestone exploited by Scan Togo is found in the Tokpli Township in the municipality of Sika Kondji. The area of the mine covers of 14 km² with a large marshy part towards the North. Tokpli township has, according to the (2010), census 12,800 inhabitants and 3,200 to 3,500 households. The township is divided into 10 villages and each village has 03 to 15 districts, hamlets or farms. The population is predominantly rural and lives mainly on the products of its harvest. *Zea mays* (corn), *corchorus olitorius* (Ademe) and *manihot esculenta* (cassava) are the plants commonly grown, consumed and marketed in the area. The area is entirely located in the coastal sedimentary basin formed by a set of plateaus of variable geometry with surfaces slightly inclined towards the south [14]. The area is characterized by extensive wasteland, plantations, palm trees and teaks. The soils here are predominantly hydro-morphic are black in color. The soils encountered consist of sandy, Paleocene carbonate and green Eocene clay. The area is crisscrossed by small streams leading to marshes or ponds. The average annual precipitation is around 1060.43 mm with 92 rainy days. The annual temperatures are on average 28.5 °C and the average wind speed varies between 01 and 04 m/s.

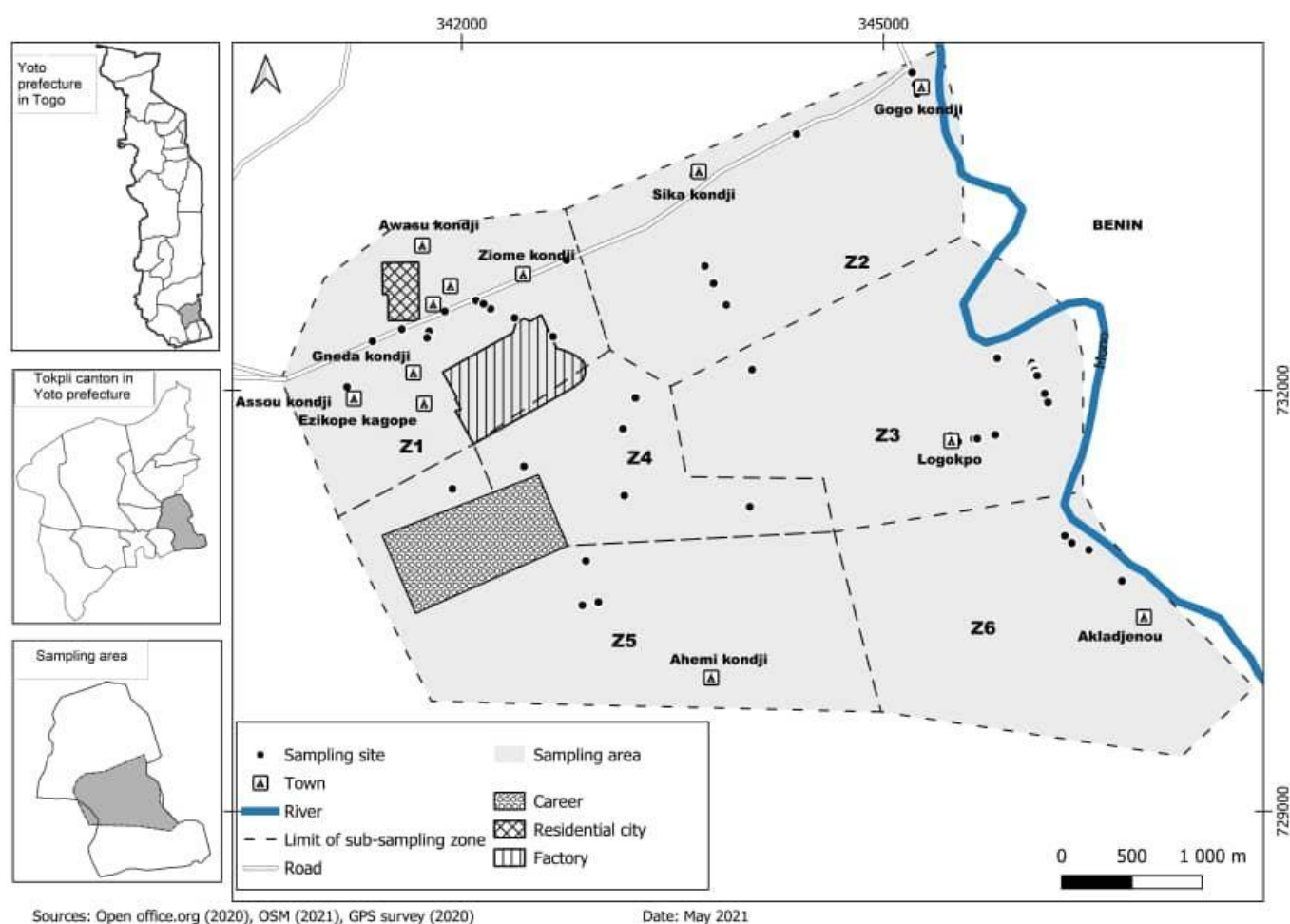


Fig. 1. Map of study area

2.2 SAMPLING AND DATA ANALYSIS

For study purposes, samples were taken at 6 points around the factory and quarry (Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 and Z6). At each point, samples of soil, corn, leaves, stems and cassava tubers were taken. To account for the influences of all types of mining pollutants the samples were organized into composites. A composite sample is the set of samples of points likely to receive a majority of one or more pollutants of the same type.

Z1 receives mostly wastewater and dust from the plant

Z2 receives mostly dust from factory and quarry

Z3 receives mostly dust from the quarry

Z4 receives mostly leached water from new waste rock piles of and dust from the quarry

Z5 receives mostly leached water from old piles of waste rock and dust from the quarry

Z6 receives mostly dust from the quarry

Then a composite sample of the soil, corn grain, cassava tubers and the leaves and stems of *corchorus olitorius* was made. These samples weighing 2, 5 kg were put in plastic bowls and then transported to the laboratory for analysis. Samples of cassava tubers and *corchorus olitorius* leaves and stems were first washed with tap water and then rinsed with distilled water to remove any heavy metal deposits on the surface. All samples were dried in ambient air at about 40 °C to a constant weight in the Laboratory of Applied Hydrology and Environment of the University of Lomé. After drying, the samples were ground and

reduced to a fine powder (approximately 180 µm) before proceeding to the mineralization process with regal water (mixture of pure nitric acid (15.8 M) and pure hydrochloric acid (12M)).

The physico-chemical analysis of the composite samples was carried out at the Bureau of Mines and Geology of Burkina Faso (BUMIGEB). The mineralization of the samples and heavy metal analyses (Fe, Mn, Al, Cd, Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, As, Hg, Ag, Se and Sb) were carried out at the "Laboratory of Faso". For reasons of availability of devices, two apparatus were used for the analyses. The analysis of edible products is done with an atomic emission spectroscope with an inductively coupled plasma (ICP Optima 80000) and that of soils is done using MP-AES 4200 (plasma atomic emission spectrometer microwave).

The protocol of analysis has taken into account plant analysis standards (USF EPA 3051 standards) and heavy metal analysis standards (US EPA CLP ILM 053 D and SW-84 66020/6020 A standards) [15], [16], [17].

The pollution factor was determined. The pollution factor is the ratio of the average concentration of a metal in an analyzed edible agricultural product to the value of the standard for the same metal. This factor makes it possible to specify the degree of pollution.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 THE CONTENT OF METALLIC TRACE ELEMENTS IN THE SOILS WHERE PLANTS ARE COLLECTED

Table 1. Metallic trace elements (mg/kg) researched in the soil samples of soils

Soil sample at the plant collection sites	Pb	Cd	As	Ni	Co	Mn	Cr
Composite soil of Noutouvi Kondji and Seka-Kondji (Z1)	36	< 1	< 10	< 1	< 1	615	44
Composite soil of Gogo Kondi, Logokpo (Z2)	32	< 1	< 10	< 1	3	1332	59
Akladjenou soil (Z3)	33	< 1	< 10	< 1	5	1342	53
Assou Kondji Ezikopé Kagopé soil (Z4)	47	< 1	< 10	< 1	< 1	531	39
Composite soil around the quarry (Z5)	60	< 1	< 1	< 1	5	1899	97
Composite soil of the fields around the factory (Z6)	22	< 1	< 10	< 1	5	392	32
Mean value	38,33	< 1	< 10	< 1	3,8	1018,5	54

Table 2. Metallic trace elements (mg/kg) researched in the soils samples

Soil sample at the plant collection sites	Cu	Ag	Fe	Al	Se	Ti	Zn	Sb
Composite soil of Noutouvi Kondji and Seka-Kondji (Z1)	16	< 1	17083	14223	< 1	169	42	< 1
Composite soil of Gogo Kondi, Logokpo (Z2)	30	< 1	29151	19976	< 1	338	49	< 1
Akladjenou soil (Z3)	37	< 1	29161	19956	< 1	348	45	< 1
Assou Kondji Ezikopé Kagopé soil (Z4)	11	< 1	13152	9756	< 1	99	51	< 1
Composite soil around the quarry (Z5)	20	< 1	30877	32669	< 1	123	60	55
Composite soil of the fields around the factory (Z6)	6	< 1	8643	5730	< 1	166	46	< 1
Mean value	20	< 1	21344,5	17051,7	< 1	207,2	48,8	55

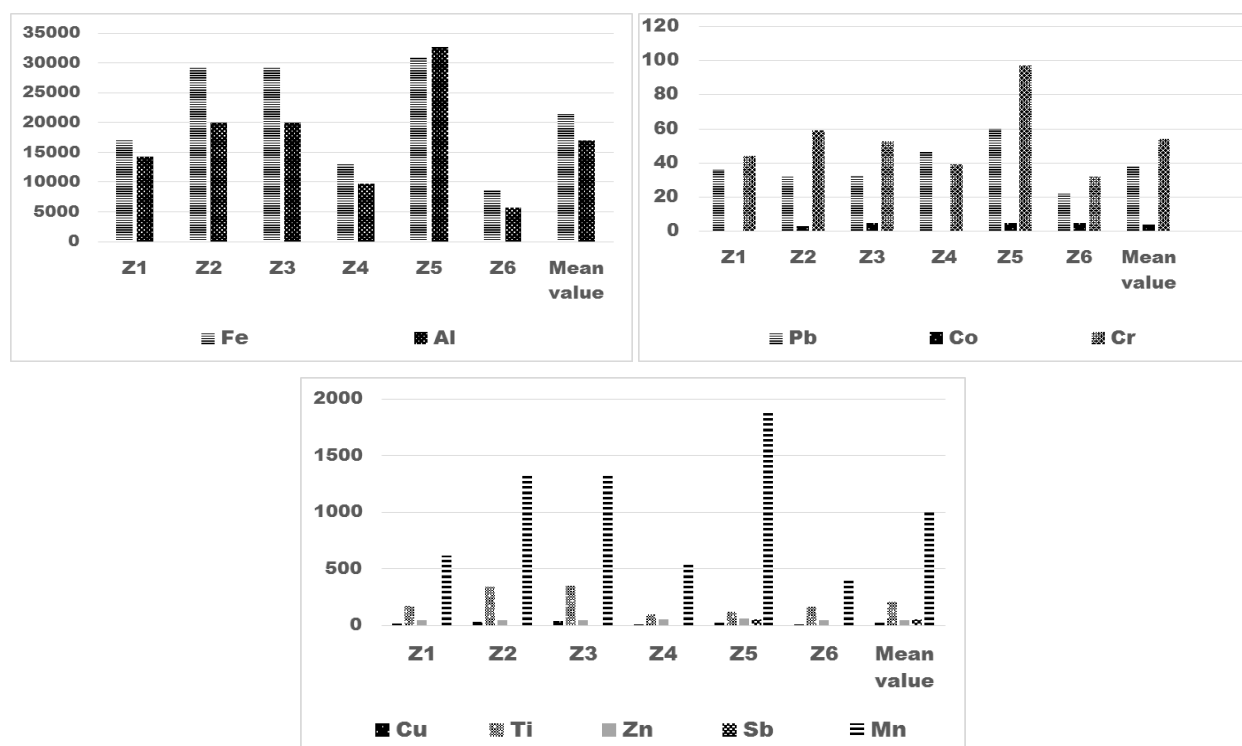


Fig. 2. Mean content of metallic trace elements in the soils samples

Tables 1 and 2 show the average metal contents in the six soil samples. High concentrations of Fe, Al, Mn and Ti can be noticed. The contents of Sb, Cr, Zn, Pb, Cu and Co are low. The concentrations of Fe, Al, Co, Cr, Cu, Zn and Ti are lower than those of the geochemical backgrounds [18], [19] respectively fixed at 35000 mg/kg, 80400 mg/kg, 17 mg/kg, 83 mg/kg, 25 mg/kg, 71 mg/kg and 3000 mg/kg. However, these soils are polluted by Mn, Sb and Pb since their contents are higher than those of the geochemical backgrounds which are respectively 600 mg/kg, 0.2 mg/kg and 17 mg/kg. The soils are therefore an important reservoir for these metallic trace elements and for the plants that grow there.

These significant stocks of heavy metals in the soil are well demonstrated by Table 4 where overall the contents in the soil are distinctly higher than those found in analyzed vegetable samples. Plants grown on these contaminated soils absorb these elements and concentrate them in the root. The sap distributes them to the plant organs. Mining areas are sites of soil and ecosystem degradation linked to heavy metal deposition [15], [20], [21]. Since the study area is an agricultural area, heavy metals in the soil can also come from the misuse of fertilizers and pesticides.

3.2 INFLUENCE OF PH AND ORGANIC MATTER IN SOILS WHERE THE PLANT SAMPLES ARE TAKEN

Composite samples of the three plants were taken from six different zones (Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, and Z6) around the Scan factory and the quarry. The values for organic matter and pH of the soils are presented in Table 3.

Table 3. pH and organic matter (OM) of soils

Soil sample at the plant collection sites	OM en %	pH
Composite soil of Noutouvi Kondji and Seka-Kondji (Z1)	6,10	6.80
Composite soil of Gogo Kondi, Logokpo (Z2)	6,48	6.98
Akladjenou soil (Z3)	6,46	6.96
Assou Kondji Ezikopé Kagopé soil (Z4)	6,812	6.95
Composite soil around the quarry (Z5)	7,32	6,85
Composite soil from the fields around the factory (Z6)	3,22	8.00
Average	7,32	6,85

The results in Table 3 show that the soil is on average poor in organic matter (7, 32%) and slightly acidic pH (pH 6, 85).

The low organic matter content and the weakly acidic pH are compatible with the availability of metallic elements which will therefore accumulate in plants [22], [15], [23].

3.3 SIZE DISTRIBUTION OF MINE WASTE

Mining activities generate waste and their size distribution is presented in figure 3.

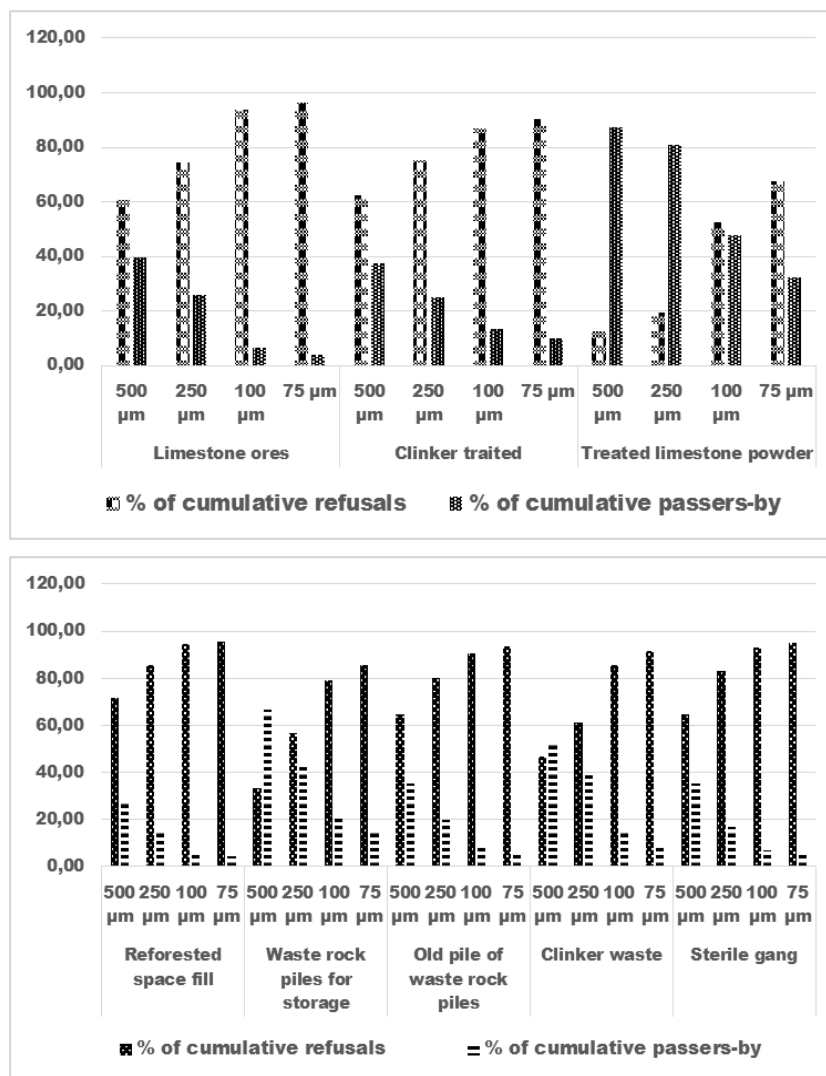


Fig. 3. Particle size of mine waste from the limestone mining and clinker production site at Topkli

Particle size analysis of samples from the Topkli limestone mining area shows that limestone contains about 87% of particles smaller than 500 µm and 32% have a diameter less than 75 µm. The clinker contains 37.57% particle size below 500 µm and only 9.83% particle size below 75 µm. Overall, tailings consist of approximately 66.88% particulate matter less than 500 µm in diameter and 48% of particulate matter less than 75 µm in diameter.

Clinker waste contains 53.24% less than 500 µm in diameter, 38.85% less than 250 µm in diameter and only 8.63% less than 75 µm. The embankments and the sterile gangue consist respectively of 28.30 and 35.40% of particles less than 500 µm. Old mine waste from the Tokpli site is a source of dust. The metallic trace elements contained in waste are remobilized and sent by wind and water to the other environmental components that accumulate them over time. Cultivated soils transfer these trace metal elements to the crops that accumulate them.

3.4 THE CONTENT OF THE METALLIC TRACE ELEMENT IN THE EDIBLE PARTS OF THE THREE GROWN PLANTS

The results of the analyses of the metallic trace elements are presented in Tables 4 and 5 below.

Table 4. The contents (mg/kg) of metallic trace elements in samples and their thresholds of toxicity according to World Health Organization (WHO)

Sample.	As	Se	Zn	Sb	Pb	Cd	Ni	Fe
<i>Zea mays</i> (corn)	1,49	< 1	35,64	0,98	16,23	0,46	1,14	333,52
<i>Manihot esculenta</i> (cassava tubers)	0,40	5,39	9,17	0,14	2,27	0,11	1,06	192,90
<i>Corchorus olitorius</i> (leaves and stems)	2,12	2,77	38,66	0,49	14,21	0,33	3,41	376,60
Mean value	1,34	4,08	27,82	0,54	10,90	0,30	1,87	301,01
WHO toxicity threshold	0,01	0,01	5,00	0,02	0,10	0,05	0,05	0,20

Table 5. The contents (mg/kg) of metallic trace elements in samples and their thresholds of toxicity according to World Health Organization (WHO)

Sample	Co	Ag	Mn	Cr	Hg	Cu	Ti	Al
<i>Zea mays</i> (corn)	< 1	< 1	33,40	0,99	2,81	3,72	16,61	245,45
<i>Manihot esculenta</i> (cassava tubers)	< 1	< 1	8,06	1,21	0,67	1,99	2,92	60,85
<i>Corchorus olitorius</i> (leaves and stems)	< 1	< 1	47,61	6,66	3,46	10,21	15,61	543,16
Mean value	< 1	< 1	29,69	2,95	2,31	5,31	11,71	283,15
WHO toxicity threshold	2,00	0,01	0,05	0,05	0,001	3,00		0,20

Tables 4 and 5 show that the concentrations of cobalt and silver in all samples are below the detection limit (<1) as well as the content of selenium in corn with the exception of these two metals, the edible parts taken from the three species contain the residues of the target metallic trace elements at concentrations above World Health Organization standards. The results show that the Fe, Al, Mn and Zn contents are highest in the studied samples. Similar results for silver bioaccumulation and the contents of Fe, Al, Mn and Zn in market garden products grown on urban soils along the Lomé-Aného highway in southern Togo were also reported by Gnandi et al. in 2008.

Only corn contains a high content of Pb. Cassava is the species with the lowest concentration of metallic trace elements. Corn contains the greatest concentration of trace metallic element. The presence of metallic trace elements (Al, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd and Pb) in commonly consumed food products including *manihot esculenta* in mining areas was already demonstrated by a study in the Democratic Republic of Congo in mining areas in Katanga province in 2015 [7].

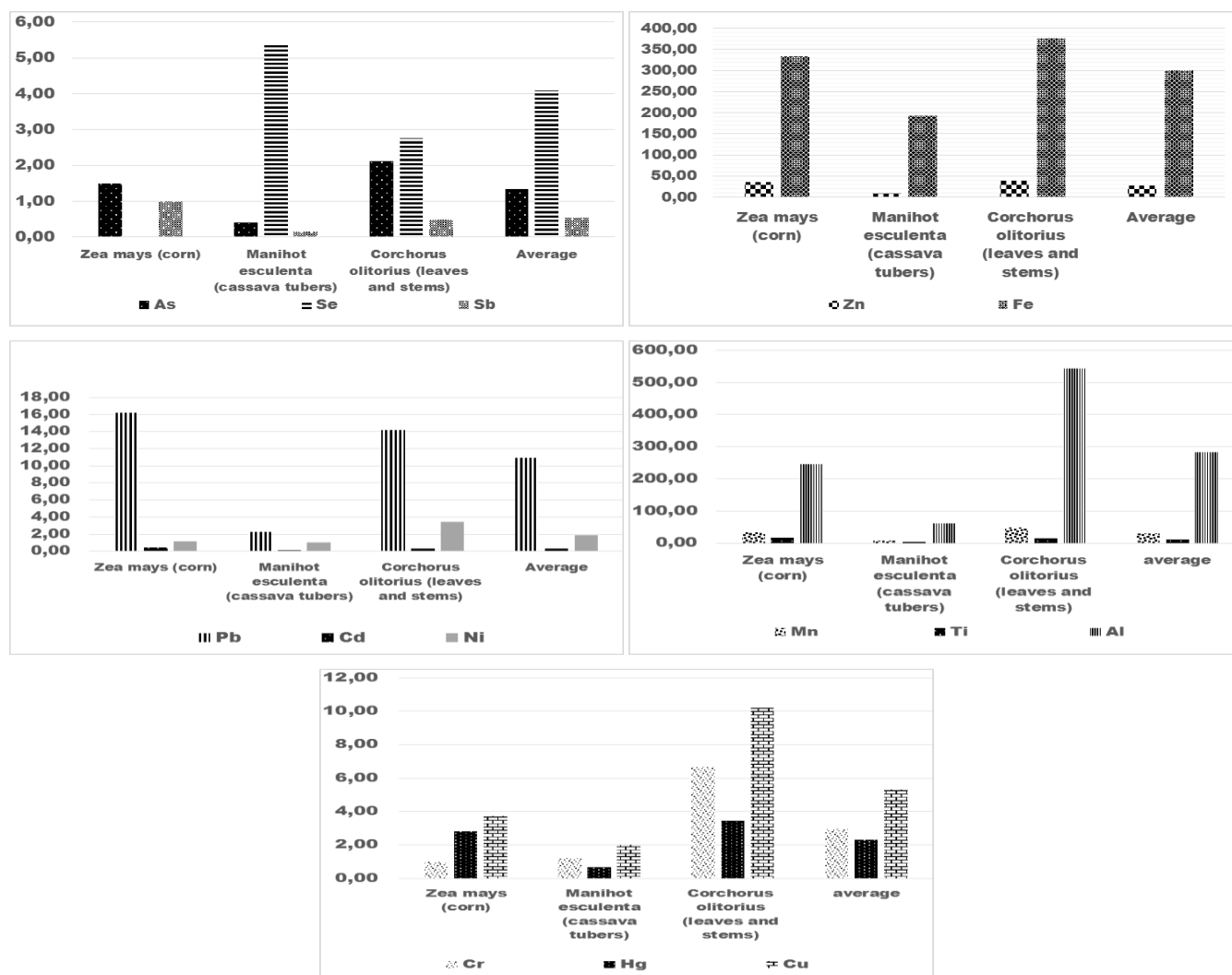


Fig. 4. The content of metallic trace elements in the analyzed samples

The results of the MTE analyses of the organs of the three plants are shown in Table 1 and Figure 4. Figure 5 shows the pollution factors calculated from WHO standards [24] for the various metallic elements at the level of each species. The pollution factor makes it possible to evaluate the pollution of edible agricultural products of the area by metals. A product is more polluted by a metal when it has a higher pollution factor for that metal. A metal is more polluting when it has a higher pollution factor. If the pollution factor exceeds 1, this indicates that the average concentration of the metal in the product being analyzed exceeds the value of the standard. This implies pollution of the sample.

The pollution factors of the trace metal elements studied are very high for the three agricultural products except copper which is less than 1 in the cassava tubers. All the agricultural products are polluted by the metallic trace elements. This pollution poses a serious threat to the environment in general and to humans in particular through the food chain [25], [26].

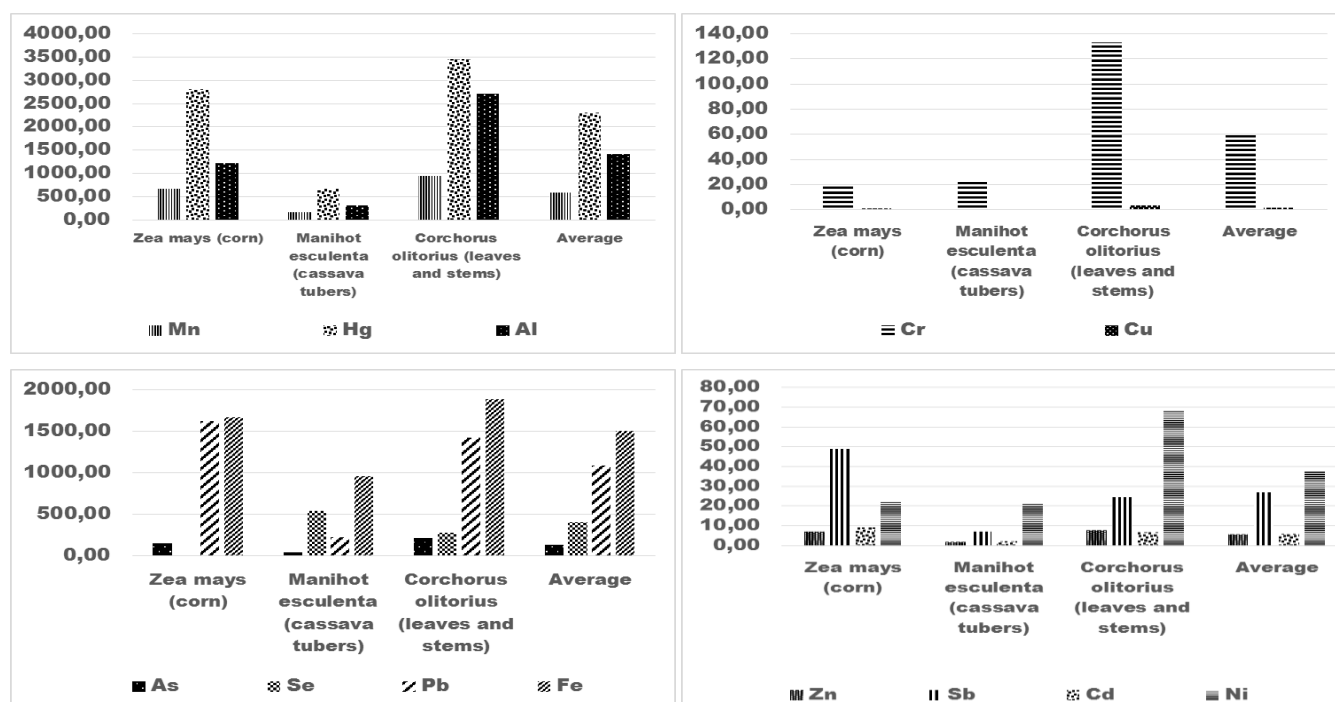


Fig. 5. Pollution factors of the metallic elements in the samples (WHO standards, 2004)

Table 6. Average content of MTE in soil samples versus edible parts of plants

ETM	Pb	Mn	Cr	Cu	Fe	Al	Ti	Zn	Sb
Average content of MTE in the soil samples	38,3	1018,5	54,0	20,0	21344,5	17051,7	207,2	48,8	55,0
<i>Zea mays</i> (corn)	16,23	33,40	0,99	3,72	333,52	245,45	16,61	35,64	0,98
<i>Manihot esculenta</i> (cassava tubers)	2,27	8,06	1,21	1,99	192,90	60,85	2,92	9,17	0,14
<i>Corchorus olitorius</i> (leaves and stems)	14,21	47,61	6,66	10,21	376,60	543,16	15,61	38,66	0,49

Tables 4, 5 and 6, show the metallic element contents in the soils from which the edible parts of the plants are taken. The contents of Cd, As, Ni and Se are below the detection limit in soil samples unlike the edible parts of plants where these levels are above the detection limit. The content of Ag is below the detection limit in both soil and plant samples. Co is not detected in plant samples but is detected in soil samples. This absence in edible products could be explained by the fact that Co accumulates more in soil than in the leaves of plants [27], [13]. It is recognized that Co binds to oxides of Mn and Fe and is more soluble at acidic pH. The pH of 6.85 (Table 2) of the soil is almost neutral. As a result, Co availability in these areas is reduced for plants.

Mining and agricultural activities permanently supply the soil with MTE, and the processes of bioaccumulation are the basis for the concentration of these elements in the various organs of plants. The metallic trace elements can be bio accumulated in the organs of plants by air from the dust which is deposited on the leaves of the plants. Factory and quarry activities are sources of significant dust which spreads over the area.

These dusts loaded with metallic trace elements are deposited on the surface of the leaves and stems of plants and they enter the stomata in the form of particles, gaseous compounds or are dissolved in rainwater to be assimilated and bio accumulate [25]. This can be the case of metallic elements which are found in plant organs but not detected (Cd, As, Ni and Se) or have a low (Pb) content in soils.

3.4.1 BIOACCUMULATION OF METAL TRACE ELEMENTS BY ZEA MAYS (CORN)

Table 7. Pollution factors for the metallic elements in samples of zea mays (corn)

Type of Sample: Zea mays (corn)	Hg	Fe	Pb	Al	Mn	As	Sb
	2806,29	1667,62	162,30	1227,26	668,03	149,35	49,08
	Ni	Cr	Cd	Zn	Cu	Se	
	22,89	19,75	9,20	7,13	1,24		

The analysis of the results of table 7 shows that the factor of pollution is much higher than 1 in corn grains. The metallic trace elements the most bio-accumulated are Hg, Fe, Al, Mn, Pb, As, of which the values are respectively 2806.29, 1667.62, 162.30, 1227.26, 668.03 and 149.35. The pollution factors for of other elements vary between 49.08 and 1.24. This pollution factor is 10 to 1000 times higher to the threshold recommended by WHO. The results show that the content in Se is however less than the limit of detection. The values being greater than 1, indicate that the corn grains analyzed are polluted by the twelve (12) metallic trace elements. The consumption of the corn by human being is a source of dysfunctionning of vital organs caused by the metallic trace elements.

3.4.2 BIOACCUMULATION OF METAL TRACE ELEMENTS BY MANIHOT ESCULENTA (CASSAVA)

Table 8. Pollution factors for of the metallic elements in the samples Manihot esculenta (Cassava)

Type of sample: Manihot esculenta (cassava tubers)	Fe	Hg	Se	Al	Pb	Mn	As
	964,51	670,13	539,26	304,24	22,72	161,21	40,19
	Cr	Ni	Sb	Cd	Zn	Cu	
	24,27	21,11	7,24	2,29	1,83	0,66	

The pollution factors in table 8 show that *Manihot esculenta* presents higher factors for in Fe, Hg, Se, Al and Mn, these values are respectively 964. 51, 670.13, 539.26, 304.24 and 161.21. The other metallic trace elements (As, Cr, Pb, Ni, Sb, Cd and Zn) have pollution factors that vary between 40.19 and 1.83. All these values are higher than the threshold recommended by WHO. The pollution factors are between 0.98 times and 1317, 43 times greater than to the thresholds recommended by the World Health Organization for food. However, the pollution factor for Cu is lower than 1. Therefore, the samples of *Manihot esculenta* are not polluted by Cu. The consumption of these tubers exposed consumers to the detrimental effects of the metallic trace elements whose factors of pollution are higher than 1.

3.4.3 BIOACCUMULATION OF METALLIC TRACE ELEMENTS BY CORCHORUS OLITORIUS (AND STEMS)

Table 9. Pollution factors for the metallic elements in the samples corchorus olitorius (leaves and stems)

Type of sample: Corchorus olitorius (leaves and stems)	Hg	Al	Fe	Pb	Mn	Se	As
	3463,24	2715,78	1882,98	142,06	952,27	276,96	212,06
	Cr	Ni	Sb	Zn	Cd	Cu	
	133,20	68,29	24,53	7,73	6,64	3,40	

The results of the analysis of *corchorus olitorius* leaves and stems shows that the pollution factor for all metallic trace elements researched is greater than 1. The metallic trace elements most present are Hg, Al, Fe, Mn, Se, As, Pb and Cr whose values are respectively 3463.24, 20715.78, 1882.98, 1420.62, 952.27, 276.96, 212.06, 142.06 and 133.20. The pollution factors for other elements (Ni, Sb, Zn, Cd, Cu vary between 68.29 and 3.40. The pollution of *corchorus olitorius* leaves and stems by these metallic trace elements are 10 to 1000 times greater than the threshold recommended by WHO. The consumption of these leaves and stems expose the consumers to health problems related to these metallic trace elements.

Overall, the results show that the soils of the Tokpli limestone mining area are contaminated by heavy metals and indicate that there is a strong contamination of the organs of the vegetable species studied for these metallic elements. The area is a

serious source of health risk caused by the continuous emissions of metal pollutants from mining and agricultural activities. These emissions are alarming and constitute an imminent danger to the populations that consume these agricultural products [17] and other animal species that live in the environment [28]. The metallic trace elements once in the human body provoke negative effects on vital organs [29], [30], [31].

4 CONCLUSION

It emerges from the results of this study that the soils in the Tokpli/Tabligbo limestone mining area contain metallic element, some of which contain more than the geochemical background value. The presence of heavy metals in soils is most likely a result of mining activity, degradation of soils, and other ecosystems and the misuse of fertilizers and pesticides. Corn seeds, cassava tubers, the leaves and stems of *corchorus olitorius* (leaves and stems) taken from these soils and which are agricultural products for human consumption are polluted by these trace metal elements. The concentrations of heavy metal in the samples are in many cases significantly above the WHO standard for food products. The slightly acidic pH and the low content of organic matter favors the bioavailability of these metallic elements and make them available to plants.

The high levels of metallic elements in agricultural products are linked to their bioaccumulation through the root way and/or the air way. This contamination exposes human and animal consumers to many diseases and damages agricultural and animal production. Considering this imminent danger, farmers and herders must carry out their activities far from the mining area and use fertilizers and pesticides according to the recommendations of officials from the ministry in charge of agriculture and the environment.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like thank the Minister in charge of mines in Togo, the Manager of "Laboratory of Faso", and the head of mineralogy department of the Bureau of Mines and Geology of Burkina Faso for their help in this study.

DISCLOSURE STATEMENT

Conflict of Interest: The authors declare that there are no conflicts of interest.

Compliance with Ethical Standards: This article does not contain any studies involving human or animal subjects.

REFERENCES

- [1] Deschamps, T., Benzaazoua, M., Bussière, B., Beleme, T., Mbonimpa, M., (2006). « Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide: cas de la stabilisation des sols contaminés et des déchets industriels », *Vertigo la revue électronique en sciences de l'environnement* [Online], Volume 7 Numéro 2 septembre 2006, posto online no dia 08 setembro 2006, consultado o 22 abril 2021. URL: DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.2171>.
- [2] Salomons, W., Forstner, U., (1980). Trace metal analysis on polluted sediments II. Evaluation of environmental impact, *Environ Technol. Lett.*, 1, 506-510.
- [3] Newman, M.C., et Jagoe, C.H., (1994). Ligands and the bioavailability of metals in aquatic environments. Bioavailability: physical, chemical and biological interactions. J. M. Heamlink, P. F.
- [4] Hinsinger, P., (1998a). How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. *Advances in Agronomy. Faculty of agriculture université of Western Australia*. 64, 225–265. 42p.
- [5] Zhang, G., Lombi, E., Zhao, F.-J., Sun, B., Filtz, W., Zhang, H., McGrath, S.P., (2002). In situ fixation of metals in soils using bauxite residue: chemical assessment. *Environmental pollution*, 118, 435-443.
- [6] Deneux-Mustin, S., Roussel-Debet, S., Mustin, C., Henner, P., Munier-Lamy, C., Colle, C., Berthelin, J., Garnier-Laplace, J., Leyval, C., (2003). Mobilité et transfert racinaire des éléments en traces: influence des micro-organismes du sol. *Tec et Doc. - Lavoisier*, Paris.
- [7] Kalonda D. M., Tshikongo A. K., Koto F. K. K., Busambwa C. K., Bwalya Y. K., Cansa H. M., Tambwe K. J.-L., Kalala Z. L., Otshudi A. L., (2015). Profil des métaux lourds contenus dans les plantes vivrières consommées couramment dans quelques zones minières de la province du Katanga, 96: 9049 – 9054, 6p. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v96i1.2>.
- [8] Baise D., et Paquereau H. (1997). Teneurs totales en éléments traces dans les sols agricoles de Seine-et-Marne. *Etude et Gestion des sols*. 4 (2): 77-94.

- [9] Li Q.S., Chen Y., Fu H.B., Cui Z.H., Shi L., Wang L., Liu Z.F. (2012). Health risk of heavy metals in food crops grown on reclaimed tidal flat soil in the pearl River Estuary, China. *J Hazard Mater.* 227-228 (7): 148-54.
- [10] Moustier P., E.Bridier et N.T.T.Loc, (2000). La qualité sanitaire des produits maraîchers à Hanoi: les apports d'une enquête auprès des consommateurs. In: Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement. E.Hanak, E.Boutrif, P.Fabre et M.Pineiro (eds), actes de l'atelier international, CIRAD-FAO, 11-13 décembre 2000, Montpellier, France, 3p.
- [11] Verloo M., (2003). Métaux lourds dans les denrées alimentaires: origine et évolution des teneurs, symposium. In: Les oligo-éléments dans l'alimentation en Belgique, 3p.
- [12] Saad Z., V. Kazpard, K. Slim et P. Nabhan, 2006. Relation entre métaux traces dans le tabac et la nature du sol au Liban. *Cah. Agric.*, 15 (2), 203-211.
- [13] Gnandi K., Tozo K., Edorh A. P., Abi H., Agbeko K., Amouzouvi K., Baba G., Tchangbedji G., Killi K., Bouchet P. et Akpagana K., (2008). Bioaccumulation de certains éléments métalliques dans les produits maraîchers cultivés sur les sols urbains le long de l'autoroute Lomé- Aného, Sud Togo, *Acta Botanica Gallica*, 155: 3, 415-426, 13p.
- [14] Lamouroux M. (1966). Carte pédologique du Togo au 1/1 000 000. Notice explicative N° 34. ORSTOM, Paris. 99p.
- [15] Grobelak A., Napora A. (2015). The Chemophytostabilisation Process of Heavy Metal Polluted Soil. *PLoS One.* 10 (6): 0129538. doi: 10.1371/journal.pone.0129538.
- [16] Leguedois, S., Sere, G., Auclerc, A., Cortet, J., Huot, H., Ouvrard, S., et al. (2016). Modelling pedogenesis of Technosols. *Geoderma*, 262, 199-212.
- [17] Koumolou L., Edorh A.P., Agbandji L., Hounkpatin S.A., Elegbede B. (2012). Threat of the health quality of garden produces linked to pollution by toxic metals on some gardening sites of Benin. *Am. J. Environ. Sci.* 8 (3): 248-52.
- [18] Mc Lennan, S. M., 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems.* (G3) 2 (4).
- [19] Bowen H.J.M. (1979). *Environmental chemistry of the elements.* Academic Press, New York, 49-62.
- [20] Ali, Z., Malik, R. N., Shinwari, Z. K., Qadir, A. (2015). Enrichment, risk assessment, and statistical apportionment of heavy metals in tannery-affected areas. *Inter-national journal of Environmental Science and Technology*, 12 (2), 537-550. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0428-4>.
- [21] Jiang, Y., Shi, L., Guang, A.-L., Mu, Z., Zhan, H., & Wu, Y. (2017). Contamination levels and human health risk assessment of toxic heavy metals in street dust in an industrial city in Northwest China. *Environmental Geochemistry and Health*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10653-017-0028-1>.
- [22] Planquart P., Bonin G., Prone A. et Massiani C., 1999.-Distribution, movement and plant availability of trace metals in soils amended sewage sludge composts: Application to low metal loadings. *Sci. Total Environ.* 241, 161-179.
- [23] Hakkou R. (2011), *Environnement minier: Le Drainage Minier Acide: Prédiction et Restauration des sites générateurs de DMA*, Cours MSP/GDM, 2^{ie} Ouagadougou, 108 p.
- [24] WHO, 2004. Guidelines for food and drink water quality, Chemical factsheets, 3rd edition. Geneva, Swiss, 460p.
- [25] Aduayi-akue A. A. Gnandi K. (2014). Evaluation de la pollution par les métaux lourds des sols et de la variété locale du maïs *Zea mays* dans la zone de traitement des phosphates de Kpémé (Sud du Togo). *International Journal of Biological and Chemical Science* 8 (5): 2347-2355. 09 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i5.37>.
- [26] Smida, O., Souissi, R., Salem, M., Souissi, F., (2021). Geochemical Assessment and Mobility of Undesired Elements in the Sludge of the Phosphate Industry of Gafsa-Metlaoui Basin, (Southern Tunisia). *Applied Sciences*, 11p. DOI: 10.3390/app11031075.
- [27] Brooks R.R., (1998). Plants that hyper accumulate heavy metal, their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining. Wallingford (Royaume Uni), CAB international, 384p.
- [28] Miquel G., Landrum, H. L. Bergman and W. H. Benson. Boca Raton, USA, Lewis Publishers (2001). Effet des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 162p.
- [29] Morel, J. L., Chenu, C., & Lorenz, K. (2015). Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMAs). *Journal of Soils and Sediments*, 15 (8), 1659-1666.
- [30] Aguilar, M., Mondaca, P., Ginocchio, R., Vidal, K., Sauve, S., Neaman, A. (2018). Comparison of exposure to trace elements through vegetable consumption between a mining area and an agricultural area in central Chile. *Environmental Science & Pollution Research*, 25 (19), 19114 - 19121. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2116-x>.
- [31] Kumar, M., Gogoi, A., Kumari, D., & Borah, R. (2016). Review of perspective, problems, challenges, and future scenario of metal contamination in the urban environment. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 21 (4), 04017007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HZ.2153-5515.0000351](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000351).

Etude comparative de la composition biochimique et des propriétés nutritives des farines artisanales et industrielles utilisées dans les préparations pour nourrissons (PPN) commercialisées à Abidjan

[Comparative study of the biochemical composition and nutritional properties of artisanal and industrial flours used in infant formulas (PPN) marketed in Abidjan]

Yao Kouadio¹, Dan Chépo Ghislaine¹, Nanga Yessé Zinzendorf², Komade Thierry¹, Loukou Yao Guillaume², and Kouame Lucien Patrice¹

¹Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments (UFR-STA), Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire National de la Santé Publique (LNSP), Service de Biologie Médicale et de Microbiologie industrielle et Alimentaire, 18 BP 2403 Abidjan 18, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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 Côte d'Ivoire, one of the concerns regarding child malnutrition remains the lack of nutritional data on locally manufactured flours used in infant formulas. This study aims to verify compliance with standards for the macronutrient composition of 7 artisanal infant flours, then to compare the nutritional quality of these flours with that of industrial infant flour sold in Abidjan (Côte d'Ivoire). The results revealed that apart from soybean flour and «five-grain flours», the water, carbohydrate, lipid and energy content of the artisanal flours tested did not comply with the standard levels recommended by the Codex Alimentarius. The average energy values (362.01 ± 31.93 kcal / 100 g) of the artisanal flours tested are lower than that of industrial infant flours (405.87 ± 23.94 kcal / 100 g). On the other hand, the protein ($17.47 \pm 12.70\%$) and lipids ($8.19 \pm 7.60\%$) content of artisanal flours are higher than that of industrial flours. The artisanal five-grain flour made from soybean flour gave a satisfactory energy value and meets the regulatory standards for a complementary diet (400 Kcal / 100 g). Faced with the practiced and high prices of industrial flour, beyond the purses of a large number of families in Côte d'Ivoire, this type of artisanal infantile composite flour with mixtures of cereals and soybeans could meet the nutritional needs of children.

KEYWORDS: Infant flour, Infant formula (NPP), Macronutrients, Abidjan.

RESUME: En Côte d'Ivoire l'une des préoccupations concernant la malnutrition infantile demeure l'absence des données nutritionnelles sur les farines de fabrication locale utilisées dans les préparations pour nourrissons. Cette étude se propose de vérifier la conformité aux normes de la composition en macronutriments de 7 farines artisanales infantiles, puis de comparer la qualité nutritionnelle de ces farines à celle de la farine infantile industrielle vendues à Abidjan (Côte d'Ivoire). Les résultats ont révélé qu'en dehors de la farine de soja et des « farines aux cinq céréales », les teneurs en eau, glucides, lipides ainsi que la valeur énergétique des farines artisanales testées sont non conformes aux teneurs standards recommandées par le *Codex Alimentarius*. La moyenne des valeurs énergétiques ($362,01 \pm 31,93$ kcal/100 g) des farines artisanales testées est inférieure à celle des farines infantiles industrielles ($405,87 \pm 23,94$ kcal/100 g). Par contre, la teneur en protéines ($17,47 \pm 12,70 \%$) et en lipides ($8,19 \pm 7,60 \%$) des farines artisanales sont supérieures à celle des farines industrielles. Les farines artisanales aux cinq céréales constituées de farine de soja a donné une valeur énergétique satisfaisante et répond aux normes réglementaires pour une alimentation de complément (400 Kcal/100 g). Face aux prix pratiqués et élevés des farines industrielles, au-delà des bourses d'un grand nombre de familles en Côte d'Ivoire, ce type de farines composites infantiles artisanales aux mélanges de céréales et au soja pourrait couvrir les besoins nutritionnels des enfants.

MOTS-CLEFS: Farine infantile, Préparation pour nourrissons (PPN), Macronutriments, Abidjan.

1 INTRODUCTION

La malnutrition infantile constitue un problème de santé publique très préoccupant dans les pays en voie de développement [1]. En effet, la malnutrition contribue à 35 % des décès d'enfants de moins de 5 ans en Afrique de l'Ouest et du Centre. Selon une enquête de l'Institut National ivoirien (INS) [2], en Côte d'Ivoire, environ 30 % des enfants de moins de cinq ans souffrent d'un retard de croissance, dont 12 % souffrant de la forme sévère [3]. Les formes graves de malnutrition comprennent entre autres le marasme, la kwashiorkor et les anémies nutritionnelles. Pour pallier à ce problème de nombreuses farines infantiles de fabrication artisanales à base de céréales sont commercialisées sur les marchés et dans les centres hospitaliers. Contrairement aux farines et aliments de compléments industriels pour enfants vendus dans les supermarchés et les grandes enseignes commerciales, les farines artisanales sont accessibles à toutes les bourses et à moindre coût. Ces farines infantiles artisanales sont, pour la plupart, formulées à base de poudres de céréales telles que le mil, le sorgho, le blé, le maïs, le sorgho, le riz, fonio et le soja et concourent à la valorisation des céréales locales.

Cependant, le problème de la méconnaissance des valeurs nutritionnelles des farines infantiles de fabrication traditionnelle se pose. En effet, confectionnées de façon artisanale sans contrôle de qualité, ces farines couvrent-elles les besoins nutritionnelles journalières du nourrisson ? Possèdent-elles plus de qualité nutritive par rapport aux farines industrielles ?

Selon certains auteurs, les farines infantiles traditionnelles, « faites maison » accessibles à tous, ont une très faible valeur nutritive et causent des problèmes de malnutrition et de carences nutritionnelles [4], [5]. En tout état de cause, ces farines inondent les commerces et centres hospitaliers où elles rivalisent (concurrence) avec les farines industrielles. Par ailleurs, l'absence des données nutritionnelles sur les farines infantiles de fabrication locale demeure une préoccupation pour les ménages.

Ainsi, cette étude a pour objectif de comparer quelques propriétés nutritives des farines artisanales et industrielles pour nourrissons vendues à Abidjan.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

Le matériel d'étude est constitué de farines artisanales de céréales utilisées dans la préparation pour nourrissons produites localement à Abidjan. Il s'agit de farines de maïs, de riz, de mil, de sorgho de farines, de soja et de farines composites pour nourrissons (*Fig. 1*).



Fig. 1. Photo de quelques échantillons de PPN artisanales à base de céréales analyses (Yao K., 2009)

2.2 METHODES

2.2.1 PRÉLÈVEMENT, ECHANTILLONNAGE ET TRANSPORT

2.2.1.1 SITES DE PRÉLÈVEMENT DES ECHANTILLONS

Les communes de prélèvements des PPN à base de farines artisanales sont données par la *Fig. 2*. Il s'agit des communes d'Abobo, d'Adjamé, de Koumassi, de Port-Bouet, de Treichville et de Yopougon. Les échantillons de farines céréalières de fabrication artisanale ont été essentiellement collectés dans les centres publics de soins de santé (hôpital général, PMI, Maternité, centre de santé urbaine) de cinq communes de la ville d'Abidjan. Pour chaque commune, les sites de prélèvement sont indiqués dans le Tableau 1.

Tableau 1. Localisation des foyers d'échantillonnage des farines artisanales

Communes de la ville d'Abidjan	Code	Sites d'échantillonnage des farines artisanales
Abobo	A1	Hôpital Général Abobo - Nord
	A2	Hôpital Général Abobo - Sud
	A3	Maternité Henriette Konan Bédié
Adjamé - 220 logements	A4	Centre de santé Croix – Rouge d'Adjamé - 220 logements
Koumassi	A5	Hôpital Général de Koumassi
Yopougon	A6	PMI de Yopougon
Port - Bouet	A7	Hôpital Général de Port - Bouet
	A8	Centre de santé Akwaba - Warf

Ax = échantillons de fabrication artisanale

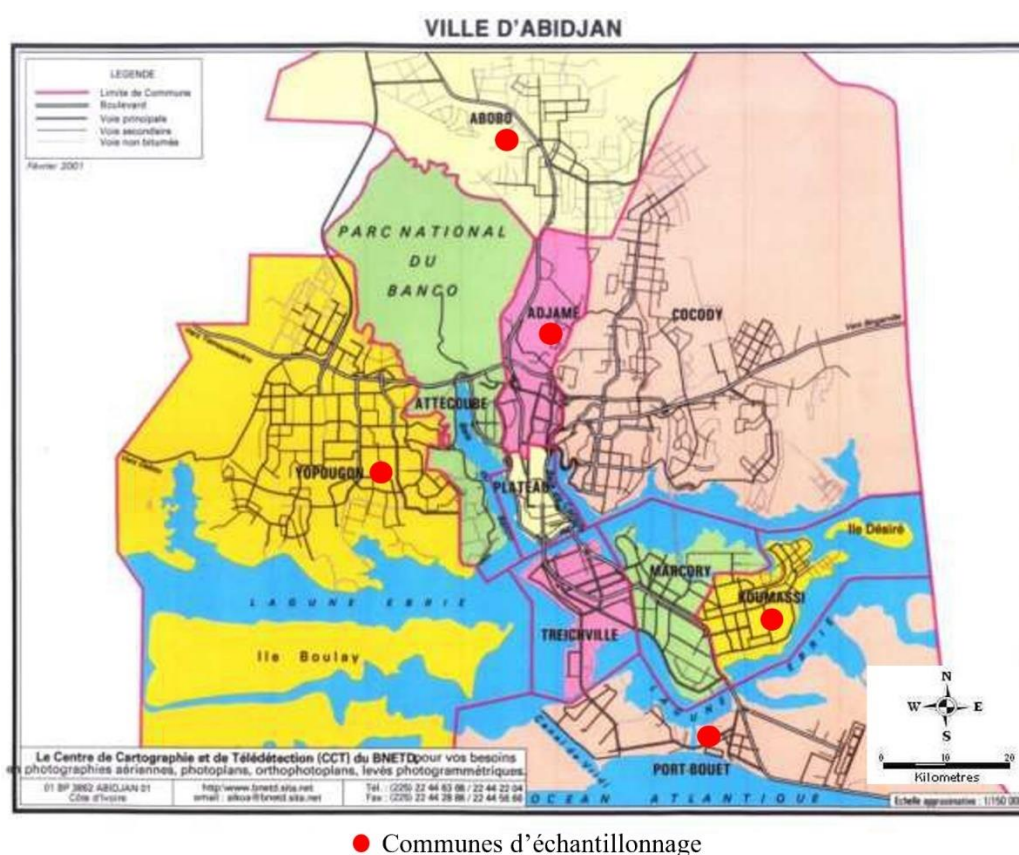


Fig. 2. Carte de la ville d'Abidjan indiquant les communes d'échantillonnage. Centre de Cartographie et de Télédétection (CCT) du BNETD. (2001)

3 ANALYSE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET NUTRITIVE DES FARINES ARTISANALES

3.1 TENEUR EN EAU (HUMIDITE)

L'humidité est obtenue après dessiccation selon la méthode [6] à 105 °C pendant 24 heures. Pour chaque échantillon, trois creusets sont successivement pesés et la masse à vide est notée (M0). Cinq grammes (5 g) de poudre de farine de céréales sont introduits dans chaque creuset qui est à nouveau pesé et la masse est notée (M1). Les creusets sont ensuite placés à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. Au terme de l'opération, les creusets sont retirés et placés au dessiccateur pendant 10 minutes, puis pesés à nouveau, soit M2, la nouvelle masse obtenue. La teneur en eau des échantillons est déterminée à partir de la formule suivante:

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = \frac{(M_2 - M_0)}{(M_1 - M_0)}$$

M₀: masse du creuset vide

M₁: (masse du creuset + échantillon) avant étuvage

M₂: (masse du creuset + échantillon) après étuvage

3.2 TENEUR EN CENDRES

La teneur en cendre est obtenue selon la méthode [6] après incinération des farines dans un four électrique à moufle à 550 °C jusqu'à l'obtention d'un résidu blanc. Par cette méthode, trois creusets sont marqués et pesés, soit M₀ leur masse à vide. Deux grammes (2 g) de farine sont introduites dans chaque creuset et leur masse totale (creuset + masse de farine) est déterminé et marqué M₁. L'incinération est réalisée à 550 °C au four à moufle pendant 24 heures. A terme, les creusets sont retirés et placés au dessiccateur pendant 10 minutes pour refroidissement. En fin, ils sont pesés avec chacun son contenu, soit M₂ la masse obtenue. La teneur en cendre des échantillons de farine est calculée à partir de la formule suivante:

$$\text{Taux de cendres (\%)} = \frac{(M_2 - M_0)}{(M_1 - M_0)} \times 100$$

M₀: masse du creuset vide,

M₁: masse creuset + échantillon,

M₂: masse creuset + échantillon après retrait du four.

3.3 TENEUR EN PROTEINES

La teneur en protéines des farines a été déterminée en dosant l'azote total selon la méthode [6] utilisant le Kjeldahl. Dans cette méthode, une quantité de 0,5 g d'échantillon sec est introduite dans un matras et minéralisée en présence de 10 mL d'acide sulfurique concentré et de 0,5 g de catalyseur de minéralisation [7]. La minéralisation a été réalisée à chaud durant une heure sur une rampe de minéralisation. Après minéralisation et refroidissement de l'échantillon, 150 mL d'eau distillée sont ajoutés dans le matras contenant le minéralisât. Celui-ci est alors positionné dans une unité de distillation (Tecator, Kjeltect System 1002 Distilling Unit, Pays - Bas) et environ 50 mL de NaOH (10 N) sont introduits dans le matras avec trois gouttes de phénolphtaléine à 1 %. La distillation est effectuée et environ 175 mL de distillat sont collectés dans un erlenmeyer contenant 25 mL d'acide borique à 4 % en présence de trois gouttes de rouge méthyle à 1 %. Le mélange (distillat + acide borique à 4 % + rouge méthyle) est par la suite titré sous agitation avec une solution de H₂SO₄ (0,1 N) jusqu'à ce que la couleur vire du vert au rose. Un blanc est réalisé parallèlement et la teneur en protéines est calculée par la formule suivante:

$$\text{Taux d'azote (\% N)} = \frac{(V - V') \times 0,1 \times 14,007}{100}$$

V : Volume d'acide sulfurique versé pour l'échantillon

V' : Volume d'acide sulfurique versé pour le blanc

14,007 : Masse atomique de l'azote.

100 mg : Poids de l'échantillon (100 mL de solution pour 1g d'échantillon).

% N : taux d'azote.

La teneur de protéines brutes est obtenue en multipliant le taux d'azote par 6,25 [8]:

$$\text{Taux de protéines} = \text{Taux d'azote (\% N)} \times 6,25$$

3.4 TENEUR EN MATIERES GRASSES

La teneur en lipides est déterminée selon la méthode de [9] utilisant le chloroforme et le méthanol comme solvants. A 10 g de l'échantillon, sont ajoutés 40 mL de chloroforme et 20 mL de méthanol puis homogénéisés vigoureusement à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 2 minutes. Le mélange est filtré sur büchner (filtration sous vide). Les résidus sont dispersés dans 80 mL d'un mélange chloroforme - méthanol (en proportion de deux volumes de chloroforme pour un volume de méthanol) puis homogénéisés pendant 3 minutes et filtrés à nouveau. Les solides restants sont lavés avec 12 mL du mélange chloroforme - méthanol puis filtrés. Tous les filtrats sont rassemblés dans une ampoule à décanter. A cet ensemble, il est ajouté un volume de 0,2 mL de solution de chlorure de sodium anhydre à 0,7 %. La phase organique est récupérée dans un ballon taré, puis le solvant est éliminé à 50 °C à l'évaporateur rotatif (Rotavapor, HEIDOLPH HEZBAD HB, Pays - Bas) et la teneur en lipide est déterminée à l'aide de la formule décrite:

$$\text{Taux de lipides} = \frac{(P_1 - P_0)}{P_e} \times 100$$

P₀: masse du ballon vide

P₁: masse du ballon vide + masse de l'huile extraite

P_e: prise d'essai

3.5 DETERMINATION DE LA TENEUR EN GLUCIDES TOTAUX

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de Bertrand et Thomas [10]. A 4 g de farine sont ajoutés successivement 40 mL d'eau distillée, 1 mL d'acétate de zinc à 30 % et 10 mL d'acide chlorhydrique concentré (12 N). Le mélange est porté à ébullition pendant 2 h 30 min au bain marie puis refroidi. Il est additionné de trois gouttes de phénolphthaléine et l'ensemble est dosé avec de la soude 6 N jusqu'à l'obtention d'une coloration rose. La solution obtenue est filtrée dans une fiole de 1000 mL à l'aide de papier filtre. Le résidu retenu par le filtre est lavé plusieurs fois à l'eau distillée préchauffée.

A 20 mL de ce filtrat, sont ajoutés 20 mL de solution de sulfate de cuivre II avec 20 mL de solution alcaline et l'ensemble est bouilli pendant 3 minutes dans une calotte chauffante. La masse de cuivre (M_{cuivre}) précipité est donnée par la formule suivante:

$$M_{\text{cuivre}} = \frac{100 \times V_{\text{KMNO}_4} \times 10,047}{E \times M} \times 100$$

E = Volume de solution dosée par le permanganate de potassium (20 mL)

M = prise d'essai (4 g)

V_{KMNO₄} = Volume de permanganate de potassium utilisé.

10,047 = Masse de cuivre contenue dans 1 mL de la solution titrable (permanganate de potassium).

3.6 DETERMINATION DE LA VALEUR ENERGETIQUE

La valeur théorique de l'énergie métabolisable des farines artisanales a été calculée à partir des valeurs analytiques des protéines totales, de la teneur en lipides, et des glucides totaux (fibres brutes y compris) utilisant les valeurs de l'énergie physiologique selon la formule de [11]:

$$E \text{ (Kcal/100 g)} = (4 \times \% \text{ Protéines}) + (4 \times \% \text{ Glucides}) + (9 \times \% \text{ Lipides})$$

3.7 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique des résultats a été faite à l'aide du logiciel *STATISTICA* 7.1 Elle a permis de calculer les moyennes et les écarts types des données obtenues. Les différents paramètres analysés ont été ensuite soumis à une analyse de variance (ANOVA). A cet effet, une ANOVA à un facteur et les tests multi- étendus de Duncan ont été utilisés.

L'ANOVA a été employée pour vérifier d'une part, la variabilité entre les différents échantillons d'une commune à une autre et d'autre part la variabilité entre les différents échantillons de farines à un autre. Les différences significatives des paramètres ont été calculées avec la méthode de Duncan au seuil $\alpha = 5\%$. Le test de Duncan a permis de calculer les différences significatives des paramètres et par la suite permis de situer d'abord les différences entre les échantillons d'une commune à une autre puis les différences entre les échantillons d'une catégorie de farine à une autre.

4 RESULTATS

4.1 COMPOSITION BIOCHIMIQUE DES FARINES ARTISANALES A BASE DE CÉRÉALES

Huit variétés d'échantillons de farines artisanales à base de céréales analysés, ont présenté une composition physicochimique très variée. Les taux d'humidité ($> 5\%$) sont dans l'ensemble non conformes aux teneurs standards recommandées par le Codex Alimentarius. Au niveau des protéines, tous les échantillons de farines ont présenté des teneurs moyennes ($< 13\%$ de matière sèche par gramme) non-conformes aux valeurs standards du Codex Alimentarius en dehors de la farine de soja avec un taux moyen en protéines de 38,37 %. Les valeurs des taux des lipides totaux sont aussi faibles sauf dans les échantillons des farines de soja et des « farines aux cinq céréales ». Les taux de glucides sont en majorité conformes au standard hormis les échantillons de farine de soja. Les taux de cendres traduisant l'apport en sels minéraux totaux sont dans l'ensemble supérieurs au taux standard (2 % MS/g). Seules les PPN artisanales de type farines « aux cinq céréales » ont donné une valeur énergétique (> 400 kcal/100 g) conforme au standard par le Codex Alimentarius (*Tableau II*).

4.2 CONFORMITÉ DES VARIÉTÉS DE PPN ARTISANALES A BASE DE CÉRÉALES AUX VALEURS STANDARD DES FARINES DE COMPLÉMENT SELON [12]

Par rapport aux macronutriments, la conformité touche 75 % des échantillons en ce qui concerne les glucides, 37,5 % les lipides, 25 % des protéines et 12,5 % les valeurs énergétiques. La part des non – conformités vis-à-vis des valeurs standard est très élevée et concerne les taux d'humidité supérieurs (100 % des cas), les protéines (75 %), les lipides (62,5 %) et les glucides dans 25 % des cas (*Tableau III*).

Tableau 2. Composition biochimique des farines infantiles artisanales à base de céréales

Teneur en nutriments (%)									
Type de farines Paramètres	Farine de soja	Farine aux 5 céréales	Farines de mil	Farines de maïs	Farines de blé	Farines de riz	Farines de sorgho	Farines de fonio	Standart selon Sanogo <i>et al.</i> (1989)
Humidité (%)	13,1±2,21	12,5±4,02	11,6±1,01	12,53±3,21	12,53±1,11	10,9±2,14	11,7±3,06	14,2±2,22	5
Protéines (%)	38,37±0,36	12,47±0,98	8,64±0,07	9,19±0,68	9,01±0,65	10,54±0,62	9,9±0,21	8,18±1,29	13
Lipides (%)	20,24±0,37	8,3±0,03	1,27±0,57	3,6±1,7	1,4±0,47	4,37±1,73	4,26±0,15	1,85±1,47	7
Glucides (%)	10,76±0,35	73,45±0,65	71,61±4,85	66,8±3,56	71,47±1,09	72,84±1,64	69,95±0,27	70,56±0,29	68
Cendres (%)	3,78±0,21	4,58±0,78	3,4±1,18	4,21±0,87	3,41±0,5	5,3±1,31	4,4±0,3	4,3±0,7	2
Valeur énergétique (kcal/100g)	378,65±4,09	418,4±4,65	332,47±4,85	335,49±32,88	334,83±2,4	364,19±22,95	361,95±7,28	331,61±17,05	400

(% MS) = pourcentage de matière sèche par gramme

* = différents échantillons regroupés sous différentes variétés de PPN artisanales à base de céréales testées

Tableau 3. Conformité des farines artisanales à base de céréales aux valeurs standard selon [12]

	CONFORMITE AUX VALEURS DECLAREES		CAUSES DE NON - CONFORMITE		
	Nombre de variétés testées	Nombre de variétés conformes	Nombre de variétés non conformes	Nombre de valeurs < standard	Nombre de valeurs > standard
Paramètres	N	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Humidité	8	0 0	8 (100)	0	8 (100)
Protéines	8	2 (25)	6 (75)	6 (75)	-
Lipides	8	3 (37,5)	5 (62,5)	5 (62,5)	0
Glucides	8	6 (75)	2 (25)	2 (25)	0
Cendres	8	0	8 (100)	0	8 (100)
Valeur énergétique	8	1 (12,5)	7 (87,5)		

4.3 COMPARAISON DE DEUX TYPES DE FARINES A BASE DE CÉRÉALES TESTÉES (INDUSTRIELLES ET ARTISANALES)

A titre de comparaison, il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les farines artisanales et les farines industrielles au niveau de la teneur moyenne en glucides et en valeur énergétique. Cependant il n'y a pas de différence significative ($p > 0,05$) au niveau des teneurs en protéines. La farine artisanale possède donc une teneur en glucide et une valeur énergétique inférieure à celles de la farine industrielle (Tableau IV).

Tableau 4. Etude comparée des matières organiques des farines industrielles et des farines artisanales

	Glucides	Matières grasses	Protéines	Valeur énergétique
Farine artisanale	55,11 ± 26,98a	8,19 ± 7,60c	17,47 ± 12,70a	362,01 ± 31,93a
Farine industrielle	70,74 ± 2,29b	7,12 ± 2,37a	15,07 ± 1,69a	405,87 ± 2 3,94b

Les moyennes ayant la même lettre dans la colonne signifient qu'il n'y a pas de différence significative ($P > 0,05$): a, b, c, d, e et f: comparaison d'un type de farine à un autre

4.4 COMPARAISON DES TAUX DE MACRONUTRIMENTS DES FARINES INFANTILES ARTISANALES A BASE DE CÉRÉALES PRISES INDIVIDUELLEMENT

Au niveau des teneurs en glucides, la farine de soja a le taux le plus faible (10,75 %). Tandis que les « farines aux cinq céréales » et celles du maïs montrent des différences significatives ($p < 0,05$) et présentent des taux supérieurs à 73,5 %. Au niveau des teneurs en matières grasses (lipides) et en protéines totales, la farine de soja présente des taux respectifs plus élevés de 20,24 % et 38,36 % suivie de loin par la farine aux cinq céréales (8,33 % et 12,39 %). Ces taux sont largement élevés par rapport à ceux des autres farines testées et à ceux prescrits par les critères standards de [12]. Les farines de fonio ont donné des teneurs plus faibles en matières grasses (0,81 %) et en protéines totales (7,82 %). Des différences significatives ($p < 0,05$) ont été enregistrées entre les différentes farines de céréales testées en ce qui concerne les teneurs en glucides, en matières grasses et en protéines totales (Tableau V).

Tableau 5. Comparaison des valeurs des paramètres biochimiques des farines artisanales à base de céréales testées

	Glucide	Matière grasse	Protéine totale	Valeur Energétique
Farine de soja	10,75 ± 0,37 a	20,24 ± 0,39 a	38,36 ± 0,37 a	378,65 ± 4,39 a
Farine 5 Céréales	73,5 ± 0,75 b	8,33 ± 0,35 g	12,39 ± 1,14 b	418,62 ± 5,45 b
Farine de mil	65,08 ± 0,17 c	2,79 ± 0,08 d	8,85 ± 0,09 c	319,55 ± 7,69 d
Farine de maïs	73,89 ± 0,52 b	5,5 ± 0,20 f	10,86 ± 0,08 d	376,05 ± 18,11 a
Farine de blé	70,27 ± 0,12 d	2,05 ± 0,03 c	10,23 ± 0,14 ed	340,53 ± 0,64 e
Farine de riz	72,48 ± 0,30 e	1,06 ± 0,07 b	8,6 ± 0,07 c	333,99 ± 1,47 ef
Farine de sorgho	70,03 ± 0,34 d	4,13 ± 0,25 e	9,96 ± 0,22 e	361,23 ± 9,42 c
Farine de fonio	70,03 ± 0,34 d	0,8 1±0b	7,82 ± 0 f	321,61 ± 0 ed

Farine 5 Céréales: mélange de cinq céréales au choix du fabricant sauf le soja. Les moyennes ayant la même lettre dans les colonnes signifient qu'il n'y a pas de différence significative ($P > 0,05$): a, b, c, d, e, f et g: comparaison d'un type de farine à un autre

4.5 DISCUSSION

Ce travail s'est limité à l'étude des paramètres de nutrition de 7 farines artisanaux avec comme objectif, la vérification de la conformité de ces produits artisanaux par rapport aux normes en vigueur. La connaissance des paramètres physico-chimiques des farines de façon générale, garde toute son importance dans le processus de contrôle de la qualité quand l'on sait que cette dernière est en grande partie tributaire de ces paramètres.

Les taux d'humidité de l'ensemble des farines artisanales testées (> 5 %) sont non conformes aux teneurs standards recommandées par le Codex Alimentarius. Cette teneur en eau est également supérieure à celle des farines industrielles. Or une grande quantité d'eau dans ces farines compromettrait leurs conditions de conservation; en effet l'eau favorise la prolifération des micro-organismes capables à l'aide de leurs amylases, d'hydrolyser l'amidon contenu dans les farines et de faciliter ainsi l'acidification de ces dernières [13]. En ce qui concerne les glucides, les teneurs trouvées pour l'ensemble des échantillons de farines à base de céréales de fabrication artisanale (55,11 %) ne sont pas conformes et sont en deçà des spécifications réglementaires (normes). Toutefois, 75 % des farines céréalières possèdent des teneurs en glucides conformes aux spécifications fixées par l'OMS. Les glucides constituent la source importante d'apport calorique et le déficit des teneurs constaté doit être comblé. C'est le cas de nombreuses formulations de PPN ou l'ajout de sucre dans les préparations vient combler ce déficit [5].

Les farines constituées d'une seule céréale ont des teneurs en protéines, en lipides, en glucides et en valeurs énergétiques modérées. La comparaison de la composition chimique à celle d'une farine standard a montré que les valeurs énergétiques oscillent entre 321,61 et 378,65 Kcal donc inférieures à 400 Kcal recommandées. Il faudra mouiller à l'usage, ce type de farines artisanales à base de céréales pour être conformes et répondre aux spécifications fixées par l'OMS. Compte tenu de la petite taille de leur estomac (30 à 40 g / kg de poids corporel soit (150 à 200 mL), les enfants ont besoin d'aliments hautement énergétiques pour couvrir leurs besoins énergétiques [14]. Selon la [15], les besoins énergétiques journaliers d'un nourrisson du deuxième âge (06-12 mois) s'élèvent à 950 Kcal; pour les couvrir, ce dernier devrait consommer quotidiennement 238g de nos farines infantiles en moyenne ce qui est difficile sachant que cette quantité de farine pourrait conduire à la préparation de 2,5 litres de bouillie d'où l'importance de l'enrichissement des aliments de sevrage. Les valeurs énergétiques des farines artisanales sont aussi inférieures à celles des farines industrielles. Cependant la combinaison de certaines farines a donné des farines artisanales aux 5 céréales qui sont des aliments riches en glucides, en lipides et protéines surtout lorsque le soja est toujours associé. L'étude de leur valeur nutritionnelle a donné pour ces farines aux 5 céréales, des taux de 12,39 % de matières sèche, de protéines (proche des valeurs standard de 13 % recommandés), 8, 53 % de lipides (contre 7 % minimum recommandés) et 73,5 % de glucides (contre 68 %, valeur standard) avec une valeur énergétique de 418,7 Kcal (contre 400 kcal/100 g de matière sèche comme standard). Des travaux menés sur la formulation d'aliments infantiles de sevrage à base de produits locaux par [16] ont donné les mêmes caractéristiques physicochimiques et des valeurs nutritionnelles proches de celles obtenues. Les farines artisanales aux cinq céréales constituées de farine de soja additionnée aux farines d'autres céréales a donné une valeur énergétique satisfaisante et répond aux normes réglementaires pour une alimentation de complément (400 Kcal/100 g). Face aux prix pratiqués et élevés des farines industrielles, au-delà des bourses d'un grand nombre de familles en Côte d'Ivoire, ce type de farines artisanales au mélange de céréales et au soja pourra être bénéfique. Il peut aussi constituer une bonne source d'alimentation pour un certain nombre d'enfants incapables d'être allaités ou aux parents économiquement faibles.

Il importe de valoriser les farines locales aux mélanges de céréales et enrichies au soja. Selon [17], l'avantage de l'incorporation du soja dans farines est justifié par le fait que le soja renferme en proportions équilibrées des protéines de bonne valeur biologique. En outre, le soja serait riche en acides aminés essentiels, en vitamines et en minéraux. Sa teneur importante en lipides lui confère un pouvoir calorique important. L'usage du soja est de plus en plus sollicité tant dans la nutrition infantile que dans l'alimentation des adultes. Cependant les farines à base de soja analysées sont de loin les plus contaminées par les entérobactéries pathogènes. De ce fait, pour valoriser les farines locales au soja, il faudrait étudier les sources de contamination afin de déterminer les points critiques de contamination et prendre des mesures préventives. Au niveau des farines artisanales de production locale, il a été observé une grande variabilité des teneurs en macronutriments.

5 CONCLUSION

Ce travail a permis de déterminer la composition nutritionnelle de 7 farines infantiles artisanales commercialisées à Abidjan. Il ressort de cette étude qu'hormis la farine composite aux 5 céréales, toutes les autres farines infantiles à bases de céréales étudiées ne répondent pas aux normes biochimiques et nutritionnelles recommandées par le *Codex Alimentarius*. De plus, la valeur énergétique, les teneurs en protéines et en glucides des farines artisanales sont inférieures à celles des farines infantiles industrielles. Par conséquent ces farines ne pourraient couvrir que partiellement les besoins nutritionnels du nourrisson. En revanche, les farines artisanales aux mélanges de cinq céréales et enrichies au soja ont présenté des valeurs nutritives qui répondent aux critères réglementaires en vigueur. C'est le lieu d'encourager des études des procédés de fabrication des farines enrichies à partir d'autres sources de nutriments issues de produits locaux et notamment riches en protéines comme le soja. Ce qui pourrait permettre de répondre à la demande de plus en plus pressante

en farines infantiles de qualité en Côte d'Ivoire et ne présentant pas de dangers pour le consommateur avec des coûts accessibles au grand nombre.

REFERENCES

- [1] FAO (2010). The State of Food Insecurity in the World. Rome, Italy: Addressing Food Insecurity in Protracted Crisis.
- [2] INS (2012). Enquête démographique et de santé et à indicateurs multiples de Côte d'Ivoire 2011-2012. Calverton, Maryland, USA: Institut National de la Statistique et ICF International.
- [3] UNICEF (2010). Overview of children in west and central Africa.
- [4] Gbogouri G.A BAMBAS.M, DIGBEU D.Y et BROU K. (2019). Elaboration d'une Farine infantile composée à base d'ingrédients locaux de Côte d'Ivoire: quelles stratégies d'enrichissement en acides gras polyinsaturés oméga 3? Int. J. Biol. Chem. Sci. 13 (1): 63-75.
- [5] Ponka R., Nankap T.L.E., Tambe T.S et Fokou E. (2016). Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du Cameroun. International Journal of Innovation and Applied Studies 16 (2): 280-292.
- [6] AOAC (1990). Official Methods of analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, US, p. 1271.
- [7] BIPEA (1976). Recueil des méthodes d'analyse des communautés européennes. Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques, Gennevilliers. France. 140 p.
- [8] Glowa W. (1974). Zircomuim dioxide, a new catalyst in the Kjeldahl method for total N determination. Journal of Association Analysis Chemistry, 57: 1228-1230.
- [9] Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J Biol Chem 226: 497-509.
- [10] Bertrand G, Thomas P. (1910). Guide pour les manipulations de Chimie Biologie. Dund: Paris.
- [11] Atwater W.O., Benedict F.G. (1902). Experiments on the metabolism of matter and energy in the human body, 1898-1900. United States. Office of experiment stations. Bulletin no. 109. Government printing office, Washington, DC.
- [12] Sanogo M., Mouquet C., Trêche S. (1989). La production artisanale de farines infantiles, Expériences et Procédés. Gret, Paris, France, p 11.
- [13] Sall K. (1998). Contrôle de qualité des farines céréalieres mises sur le marché au Sénégal. Thèse pour obtenir le grade de docteur en pharmacie, université Cheikh Anta Diop de Dakar, faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie, 138 p.
- [14] Brown K.H. (1991). "The importance of dietary quality versus quantity for weaning in less developed countries: a framework for discussion". In Food and Nutrition Bulletin, vol 13, n°2, pp.86-94.
- [15] FAO (1992). Nutrition et développement: une évaluation d'ensemble. Conférence internationale sur la nutrition 2.p. Rome, Italie.
- [16] Tchoko Z. J. V., Bouaffou K. G. M., Kouamé K. G. et Konan B. A. (2011). Etude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 80: 748-758.
- [17] Tchoko Z.J.V. (2005). Stratégies d'amélioration de farines infantiles à base de manioc et de soja de haute densité énergétique par incorporation de farine de maïs germé. Doctorat 3ème cycle non publié. Université de Cocody. Laboratoire de Nutrition et de Pharmacognosie, p. 1-126.

Impact de l'apprentissage mixte utilisant Google Classroom sur la formation initiale des futurs enseignants du secondaire

[Effect of blended learning using Google Classroom on the initial training of future secondary school teachers]

Youssef Nafidi¹, Hanane Afkar², Abdelghaffar El-Ammari³, and Bouchta El-Batri⁴

¹Laboratoire Education et Dynamiques Sociales, Faculté des Sciences de l'Education, Université Mohammed V Rabat, Morocco

²Centre Régional des Métiers d'Education et de Formation, Fès, Morocco

³Centre Régional des Métiers d'Education et de Formation, Tanger, Morocco

⁴LIRDIST, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Morocco

Copyright © 2021 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 improvement of initial training and the integration of Information and Communication Technologies (ICT) in Moroccan education system are among the priority projects for the implementation of the educational reform of the 2015-2030 strategic vision. In this context, we sought to assess the impact of using Google Classroom platform in the initial training of future secondary school teachers of Regional Centre for Education and Training Professions. This study was conducted with a sample of 128 trainee teachers in the Life and Earth Sciences, belonging to three CRMEFs through Morocco. The results revealed that the use of Google Classroom in the context of blended learning could be a promising solution to overcome many challenges related to initial training of future secondary school teachers in our country. Moreover, the use of Google Classroom platform by the trainee teachers has strongly motivated them to use this tool later in their future practices.

KEYWORDS: Google Classroom, blend learning, Life and Earth Sciences, future teachers.

RESUME: Le perfectionnement de la formation initiale et l'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans le système éducatif marocain ont figuré parmi les projets prioritaires de la mise en œuvre de la réforme éducative de la vision stratégique 2015-2030. Dans ce contexte, nous avons cherché à évaluer l'impact de l'usage de la plateforme Google Classroom dans la formation initiale des futurs enseignants des Centres Régionaux des Métiers d'Education et de Formation (CRMEF). Nous avons mené notre expérimentation auprès d'un échantillon de 128 enseignants stagiaires du secondaire relevant de la discipline des sciences de la vie et de la terre, appartenant à trois CRMEF. Les résultats obtenus permettent de conclure que l'usage de Google Classroom dans un contexte d'apprentissage mixte pourrait constituer une solution prometteuse pour relever de nombreux défis liés à la formation initiale des futurs enseignants au Maroc. Enfin, l'usage de Google Classroom par les enseignants stagiaires a par ailleurs fortement contribué à leur motivation pour utiliser, par la suite, cet outil dans leurs enseignements auprès des élèves.

MOTS-CLEFS: Google Classroom, apprentissage mixte, SVT, enseignants stagiaires, CRMEF.

1 INTRODUCTION

Aujourd'hui, grâce aux technologies de l'information et de la communication, les plateformes d'apprentissage en ligne semblent s'imposer comme étant le dispositif pédagogique, technologique et communicationnel le plus utilisé. Les plateformes sont pertinentes,

aussi bien pour les institutions et les centres de formation que pour les autres entreprises de tous domaines intéressés par les formules de formation à distance [1].

La plateforme Google Classroom est un service gratuit destiné aux établissements scolaires et à tout utilisateur disposant d'un compte Google personnel. Elle dispose d'une application mobile pour un accès facile à tout moment et en tout lieu [2, 3]. Elle permet également aux enseignants et aux apprenants de communiquer facilement [4]. Elle favorise les économies de temps et de papier, facilite la création des cours, la distribution des devoirs, et simplifie l'organisation du travail scolaire [5, 6]. Elle permet également de planifier des activités d'apprentissage actif et collaboratif [7] et de vérifier l'engagement dans les apprentissages [8, 9].

Par ailleurs, les recherches sur la formation hybride renvoient notamment à des dispositifs articulant à des degrés divers des phases de formation en présentiel et des phases de formation à distance, soutenues par un environnement techno-pédagogique comme une plate-forme de formation et une centration sur l'apprenant [10-14].

Ces dispositifs d'apprentissage mixte favorisent une individualisation des parcours d'apprentissage, en engageant les apprenants à construire leurs connaissances et à établir des connexions significatives entre elles [12]. Dans une telle perspective, l'apprenant devient donc le centre organisateur essentiel de son savoir [15], ce qui implique une démarche active d'apprentissage.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'analyse des pratiques éducatives d'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), et plus précisément des plateformes d'enseignement à distance, en tant qu'outils indispensables d'enseignement et d'apprentissage dans un contexte de formation hybride.

2 PROBLEMATIQUE

Le système éducatif marocain a fait l'objet de nombreuses réformes et de plusieurs programmes de mise à niveau pour améliorer la formation initiale des enseignants au Maroc:

- Le programme d'urgence (2009 et 2012): La réforme du système de formation initiale des enseignants est fondée fondamentalement sur la création de Filières Universitaires d'Enseignement (FUE), qui vont marquer le parcours des futurs enseignants, tout en leur offrant des formations solides, riches et axées sur les sciences de l'éducation et les techniques pédagogiques.
- Le décret 2.11.672 (BO 6018 du 2 février 2012 correspondant à la création des CRMEF comme établissement de la formation des cadres supérieurs a pour mission la qualification des futurs enseignants dans les différents cycles de l'enseignement dans l'objectif de développer leurs compétences.
- La vision stratégique de la réforme (2015-2030) du Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique (CSEFRS): Le perfectionnement de la formation initiale est figuré parmi les mesures et les projets prioritaires de la mise en œuvre de la réforme éducative. A travers le projet 9, la formation professionnalisante représente une condition d'accès au métier de l'enseignement dans les cycles préscolaire et scolaire. Elle est réalisée particulièrement dans les CRMEF et les établissements scolaires pour les stages dans chacune des régions [16].

Cependant, de nombreux dysfonctionnements ont été relevés au niveau des CRMEF:

- La formation est alternée selon le paradigme « Pratique-Théorie-Pratique », elle est répartie en modules dispensés au CRMEF et mises en situation professionnelle (MSP) dans les établissements d'accueil. Les orientations pédagogiques du référentiel de formation ont fixé des compétences de base à développer lors de la formation professionnalisante des enseignants stagiaires aux CRMEF: planification des apprentissages, gestion des apprentissages, évaluation des apprentissages... S'ajoute à cela le « complément de formation » qui vise à consolider les acquis en matières disciplinaires. En SVT, le complément de formation renvoie seulement à quatre modules: deux en biologie et 2 en géologie, ce qui est à l'origine d'une faible appropriation des contenus académiques.
- L'installation des formations universitaires d'éducation dans les Écoles Normales Supérieures (ENS) et les Ecoles Supérieures d'Education et de Formation (ESEF) pour développer des compétences disciplinaires, interdisciplinaires et préprofessionnelles (didactique des disciplines, sciences de l'éducation) se heurte à divers obstacles (textes, encadrement, stages...).
- Une faible coordination entre les établissements concernés par la formation des enseignants: CRMEF, ENS, ESEF et Universités [17].
- L'hétérogénéité des profils des enseignants stagiaires: licence FUE, licence d'enseignement fondamental et licence professionnelle [18]
- La formation initiale d'un grand nombre d'enseignants stagiaires ayant une licence d'enseignement fondamental ou une licence professionnelle, a priori non destinée au métier d'enseignement, ne répond pas aux prérequis des filières de la formation au niveau de ces CRMEF.

Compte tenu des dysfonctionnements enregistrés au niveau des centres régionaux des métiers d'éducation et de formation, qui influencent négativement sur le rendement et la qualité de la formation initiale préconisée auprès des enseignants stagiaires, nous nous sommes interrogés sur les questions suivantes:

- Le recours à la formation hybride (Blended Learning) ne pourrait pas constituer une alternative efficace et prometteuse pour surmonter ces dysfonctionnements ?
- L'usage de la plateforme Google Classroom dans la formation des enseignants stagiaires peut-il contribuer à améliorer et enrichir la qualité de leur formation et le développement de leurs compétences ?

3 METHODOLOGIE

Nous avons mené notre expérimentation auprès d'un échantillon de 128 enseignants stagiaires du secondaire relevant de la discipline sciences de la vie et de la terre, appartenant à trois centres régionaux des métiers d'éducation et de formation: CRMEF de Beni Mellal - Khénifra, CRMEF de Tanger – Tétouan – Al-Hoceima et CRMEF de Fès - Meknès. Cet échantillon représente plus de 20% de l'ensemble des enseignants stagiaires de SVT au cours de l'année universitaire 2019-2020. Sachant que tous les futurs enseignants bénéficient de la même formation partout dans les CRMEF et généralement dans les mêmes conditions (programmes, durée, évaluations...), cet échantillon nous semble donc représentatif. Tous les stagiaires ont bénéficié d'une formation sur l'intégration des TIC dans l'enseignement.

Les enseignants stagiaires, inscrits dans des classes virtuelles via Google Classroom, ont suivi un enseignement hybride à la manière des dispositifs conçus par Brudermann (2010) et par McAllister et Narcy-Combes (2011). En effet, l'accent est mis à distance sur des activités individuelles, voire différenciées, pour lesquelles l'apprenant dispose d'une certaine flexibilité, au moins dans la gestion de son temps, ce qui permet, en retour, d'accorder une plus forte place en présentiel à la réalisation de tâches collectives plus complexes ou à l'interaction orale par exemple. La figure ci-dessous présente un exemple de classe virtuelle créée en utilisant Google Classroom.

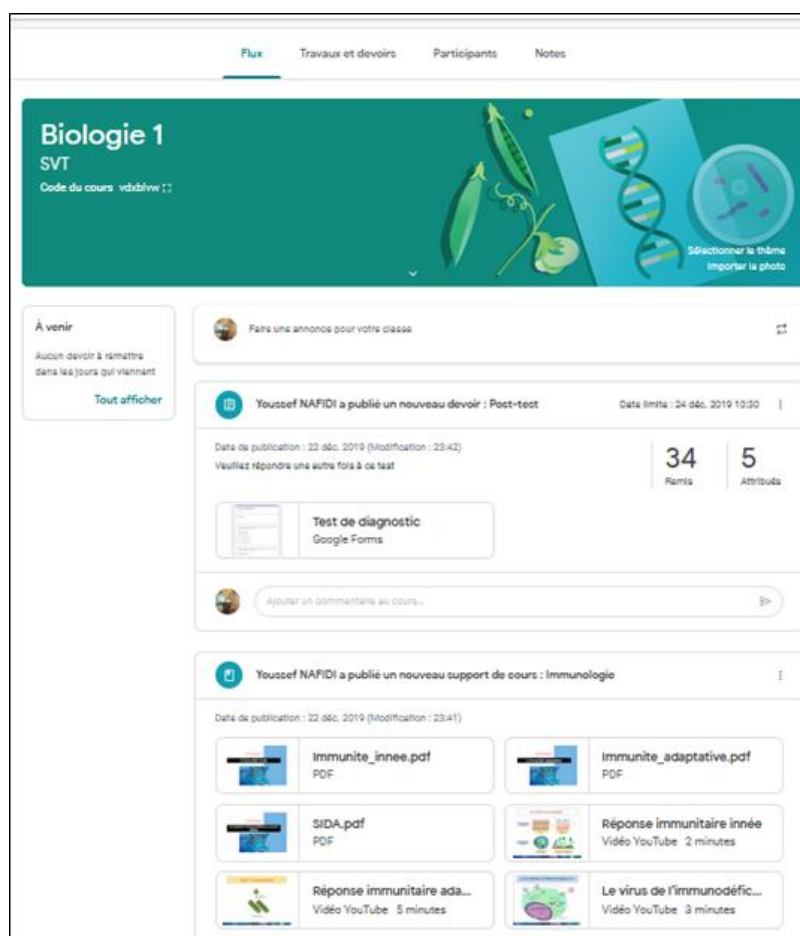


Fig. 1. Page d'accueil d'une classe virtuelle en ligne sur la plateforme Google Classroom

Pour répondre à notre problématique, et évaluer la pertinence de l'usage de la plateforme Google Classroom dans la formation initiale des enseignants stagiaires des sciences de la vie et de la terre au niveau des trois centres. Nous avons donc procédé à une enquête, à travers un questionnaire, que nous avons distribué à l'ensemble des enseignants stagiaires ayant suivi ladite formation hybride.

Le questionnaire a été élaboré et mis en ligne via Google Forms. Les futurs enseignants ont été invités à répondre au questionnaire par mail. Nous avons eu un taux de réponse de 80 %.

Le questionnaire était composé de questions ciblées relevant de six items:

- Item 1: Le profil académique des enseignants stagiaires.
- Item 2: Les usages des TIC et la disponibilité d'outils informatiques chez les stagiaires.
- Item 3: Les attitudes des enseignants stagiaires à propos de la formation hybride.
- Item 4: Les difficultés techniques rencontrées par l'enseignant stagiaire.
- Item 5: Le degré de satisfaction perçu par les enseignants stagiaires à l'issue de la formation hybride.
- Item 6: Propositions et suggestions des stagiaires suite à cette expérience de formation hybride.

Après le recueil des réponses des stagiaires au questionnaire, le traitement pour l'analyse des données a été réalisé à l'aide des logiciels **Sphinx** et Excel: ces derniers ont été utilisés essentiellement pour le traitement descriptif des répartitions des modalités des différents items du questionnaire.

4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 PROFILS ACADEMIQUES DES ENSEIGNANTS STAGIAIRES INTERROGES

Notre échantillon est composé de 128 enseignants stagiaires de la discipline SVT (45.4% hommes et 54.6 % femmes); on peut estimer que l'échantillon est presque équilibré du point de vue du genre. La quasi-totalité des stagiaires est encore jeune: 99,2% ont une moyenne d'âge située entre 20 et 30. Les diplômes et qualifications relevés dans l'échantillon sont assez hétérogènes: 66,4% ont une licence d'enseignement fondamental (LEF), 14,1% ont une licence professionnelle (LP) et 19,5 % seulement ont une licence relevant de Filières Universitaires d'Enseignement (FUE) (Figure 2).

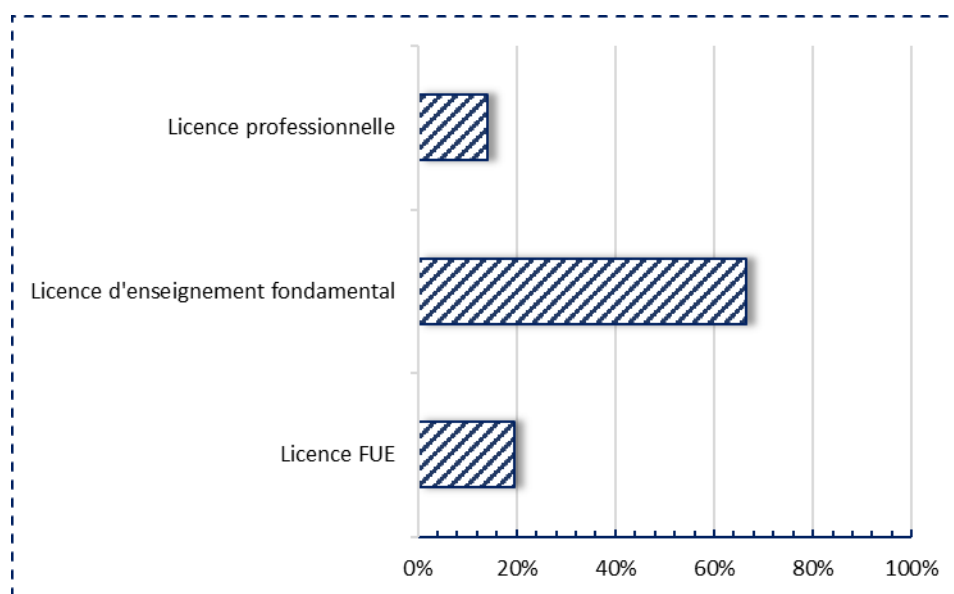


Fig. 2. Diplômes des enseignants stagiaires

Sachant que les CRMEF ont été créés pour accueillir les titulaires d'une licence FUE. Le constat est que seulement, 20% des candidats répondent à ce critère, alors que le reste (80 %) est titulaire d'une licence universitaire, a priori non destinée au métier d'enseignement

D'autre part, cela explique clairement le caractère hétérogène du point de vue de la qualification des stagiaires de la discipline de SVT en formation initiale aux CRMEF. Par conséquent, les besoins de ces stagiaires à propos de contenus d'enseignement en SVT sont très différents. Il était donc légitime de penser, à concevoir un dispositif de formation hybride

4.2 DISPONIBILITE DES OUTILS INFORMATIQUES ET USAGES DES TIC

Les résultats obtenus (Figure 3) montrent que 91.40% ont un ordinateur personnel et 82% ont un smartphone. Encore plus, 82,81% ont une connexion internet. Ce qui traduit une disponibilité satisfaisante des outils informatiques chez les stagiaires pour bénéficier d'un enseignement à distance.

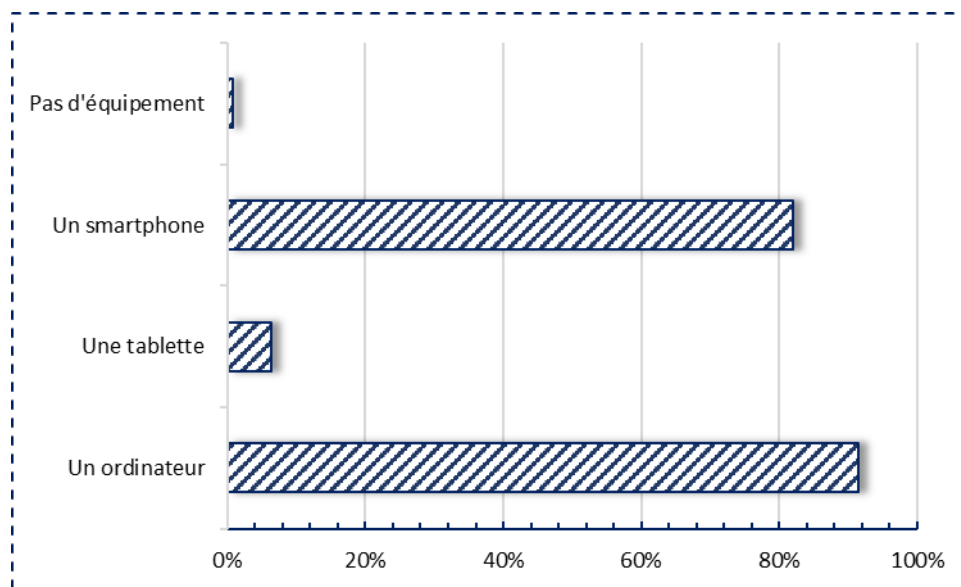


Fig. 3. Disponibilité des outils informatiques

Quant aux usages personnels des TIC (Figure 4), on constate qu'ils relèvent essentiellement de moyens d'échanges à travers les réseaux sociaux (89,8%), de bureautiques (81,3%) et de recherches documentaires (73,4%).

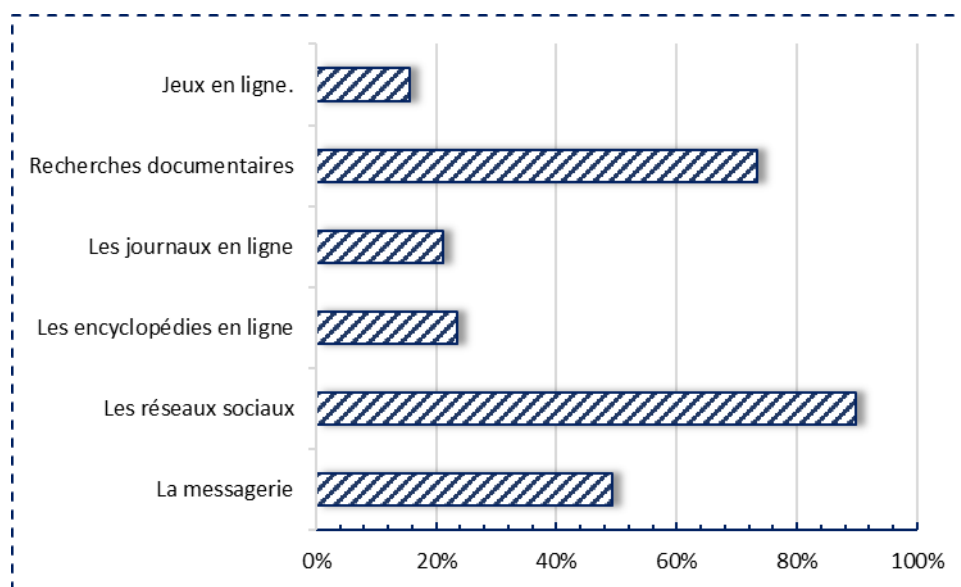


Fig. 4. Usages personnels des TIC par les enseignants stagiaires

Par ailleurs, le niveau de maîtrise des TICE par les futurs enseignants (Figure 5) est globalement bon (81,3%). Ce résultat représente en soi un atout majeur en faveur de faciliter le travail dans le cadre des formations en ligne [20-22].

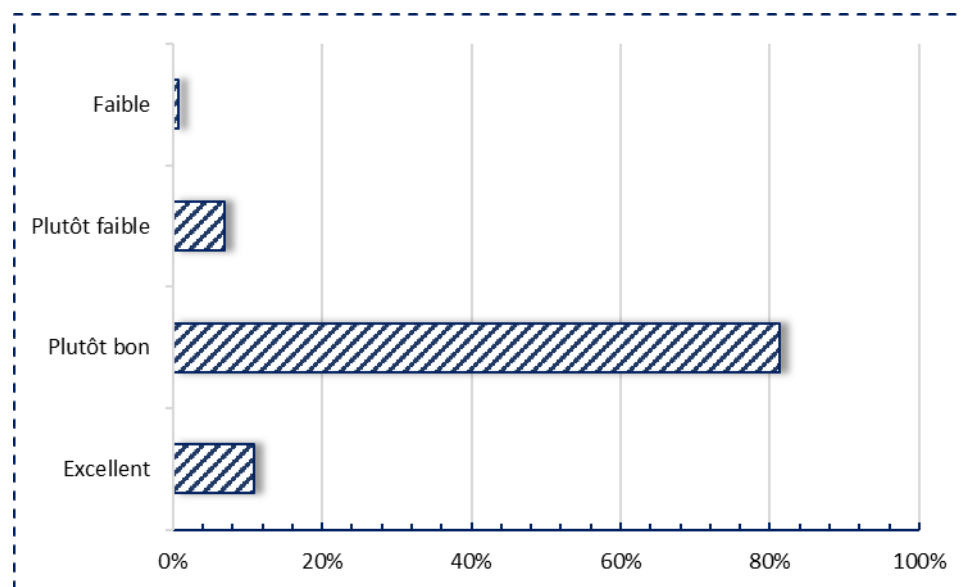


Fig. 5. Niveau de maîtrise des TICE

4.3 LES ATTITUDES DES ENSEIGNANTS STAGIAIRES À PROPOS DE L'APPORT DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE EN COMPLEMENT DE L'APPRENTISSAGE PRESENTIEL

Pour cet item, nous avons retenu 9 modalités qui représentent les caractéristiques standards d'un enseignement à distance. Chaque modalité a été associée à une notation de 1 à 4 selon l'échelle de Likert, pour laquelle l'enseignant stagiaire doit faire un choix et un seul de notation: 1 pour « Tout à fait d'accord », 2 pour « Plutôt d'accord », 3 pour « Plutôt pas d'accord » et 4 pour « Pas d'accord du tout ».

Le tableau suivant regroupe les réponses obtenues selon ces modalités:

Tableau 1. Attitudes des enseignants stagiaires à propos des apports de EAD

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas d'accord du tout
Favoriser l'autonomie dans l'apprentissage	38,10%	50,80%	7,10%	4,00%
Augmenter la motivation et l'incitation à être plus actif	50,80%	40,50%	7,10%	1,60%
Stimuler davantage la communication	45,20%	44,40%	8,70%	1,60%
Bénéficier de la richesse des ressources éducatives	65,90%	28,60%	4,80%	0,80%
Faciliter l'évaluation des apprentissage	52,00%	32,00%	11,20%	4,80%
Respecter le rythme individuel d'apprentissage	48,80%	28,80%	16,00%	6,40%
Améliorer et augmenter le temps d'étude et de lecture	45,60%	35,20%	12,80%	6,40%
Encourager la production et la créativité	56,30%	38,10%	2,40%	3,20%
Améliorer la qualité de l'encadrement	46,80%	38,10%	8,70%	6,30%

Ces résultats obtenus montrent que généralement, en moyenne, presque de 50% des enseignants stagiaires sont tout à fait d'accord et 37,39 % sont plutôt d'accord avec l'ensemble des critères standards retenus pour le jugement de l'enseignement à distance. Les critères qui ont reçu un jugement très favorable (plus de 90%) relèvent de la richesse et diversité des ressources, l'encouragement de la production et de la créativité et de la motivation et de l'incitation à être plus actif. Nous pouvons donc à ce titre conclure que les enseignants stagiaires ont des attitudes très favorables en faveur de l'enseignement à distance. Ce dernier résultat peut être expliqué par l'introduction du module TIC dans le dispositif de formation initiale au niveau des CRMEF.

4.4 DIFFICULTES TECHNIQUES

La majorité des enseignants stagiaires (89%) déclarent ne pas avoir eu de difficultés particulières lors de l'utilisation de Google Classroom (Figure 6). Ce résultat corrobore le fait que Classroom est facile à utiliser, comme le rapportent Iftakhar (2016), Jordan et coll. (2018) et Louiz (2020). Cette facilité d'utilisation est en faveur de profiter pleinement de cette excellente plateforme d'apprentissage et d'échange.

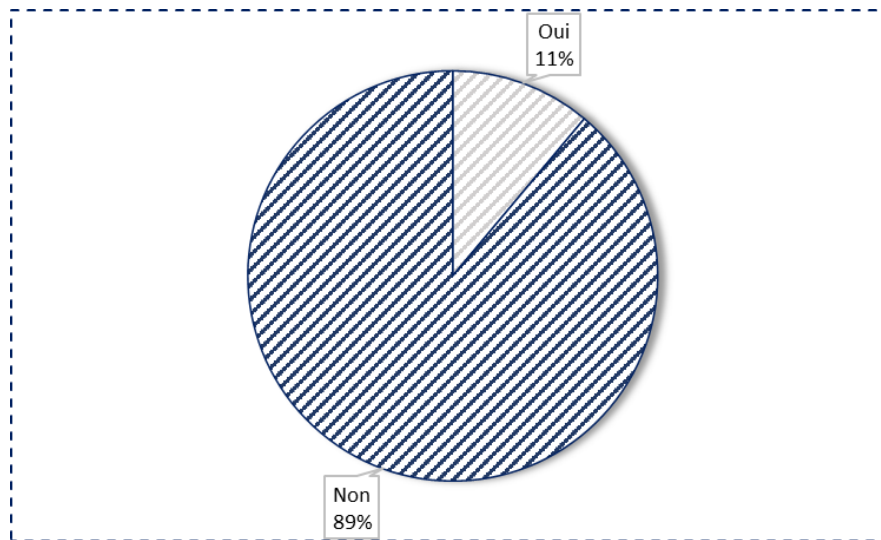


Fig. 6. Difficultés techniques rencontrées lors de l'utilisation de Google Classroom

4.5 DEGRE DE SATISFACTION PERÇU PAR LES ENSEIGNANTS STAGIAIRES VIS-À-VIS DE L'ATTEINTE DES OBJECTIFS PEDAGOGIQUES DE L'USAGE DE GOOGLE CLASSROOM

Les résultats obtenus (Figure 7) indiquent que les objectifs pédagogiques de l'usage de Google Classroom en contexte hybride sont pleinement atteints: 80,7% des enseignants stagiaires déclarent être satisfaits de l'utilité de l'utilisation de google Classroom pour acquérir des savoirs et savoir-faire concernant l'enseignement des SVT, 84% affirment que la formation hybride suivie a permis de pallier le problème de la durée insuffisante de la formation initiale préconisée par les CRMEF, et enfin 79,9% des stagiaires déclarent que l'apprentissage en ligne via Google Classroom a été un moyen efficace pour surmonter le problème de leurs profils hétérogènes (seuls environ 5% ne sont pas d'accord du tout).

Tableau 2. Degrés de satisfaction des enseignants stagiaires à propos de l'atteinte des objectifs pédagogiques de l'usage de Google Classroom en formation initiale

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas d'accord du tout
Utile pour faire acquérir des savoirs et des savoir-faire	33,60%	46,40%	16,00%	4,00%
Utile pour résoudre le problème de la durée insuffisante de la formation initiale dans les CRMEF	50,40%	33,60%	12,00%	4,00%
Utile pour résoudre le problème d'hétérogénéité des formations antérieures des enseignants stagiaires	32,30%	47,60%	14,50%	5,60%

D'un autre côté, comme l'indique la figure ci-dessous, une forte majorité (77%) des stagiaires est ressortie, à l'issue de cette formation hybride, avec le sentiment que la plateforme Google Classroom a facilité leur apprentissage, car elle a fortement contribué à l'amélioration et à l'enrichissement de la qualité de leur formation initiale au sein des trois CRMEF. Ce résultat soutient les recherches qui ont montré que Google Classroom a facilité le processus d'enseignement et d'apprentissage [8, 25].

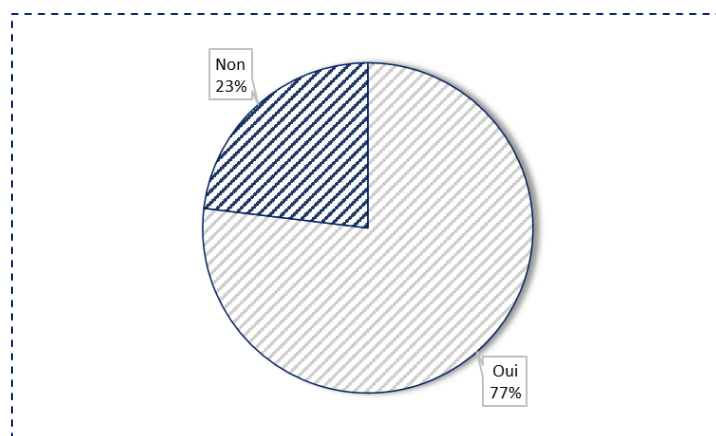


Fig. 7. Perception par les stagiaires de valeurs ajoutées en termes d'apprentissage grâce à Google Classroom

Par ailleurs, la grande majorité (72,8%) des futurs enseignants déclarent avoir une forte motivation pour l'utilisation plus tard d'une plateforme Google Classroom lors de leurs enseignements de SVT auprès des élèves (Figure 9). Ce résultat est en accord avec celui obtenu par Heggart et Yoo (2018), indiquant que 87,5% des futurs enseignants du primaire désireraient utiliser Google Classroom dans l'avenir.

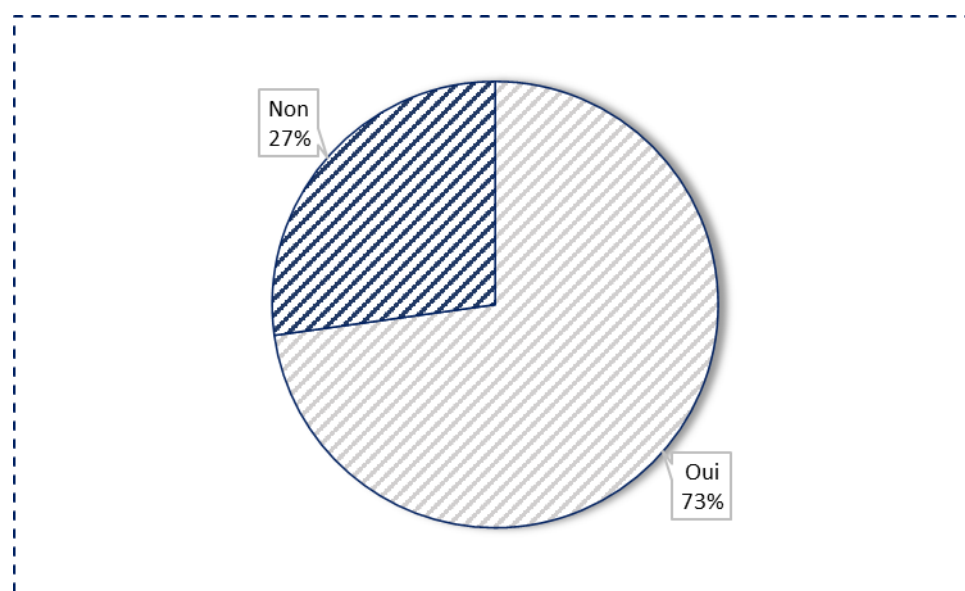


Fig. 8. Motivation des futurs enseignants pour l'utilisation d'une plateforme dans leurs enseignements

Ainsi, nous pensons fortement que l'expérience réussite de l'utilisation de google Classroom dans la formation initiale, vécue par les futurs stagiaires, est en fait à l'origine d'une forte motivation de ces stagiaires pour l'utilisation de Google Classroom et par conséquent des TIC dans leurs futurs enseignements, et que la plupart d'entre eux souhaiteraient dupliquer ultérieurement cette même expérience auprès de leurs élèves au secondaire.

4.6 SUGGESTIONS DES ENSEIGNANTS STAGIAIRES À L'ISSUE DE LA FOAD

Les suggestions relevées auprès des enseignants stagiaires se résument selon les points suivants:

- Suivre une formation dans la conduite de l'enseignement à distance.
- Avoir des équipements matériels suffisants
- Renforcer le soutien et l'accompagnement pour résoudre les problèmes techniques.
- Renforcer l'interaction et la collaboration à l'aide des applications compatibles avec Google Classroom.
- Mettre tous les contenus et ressources dans Classroom pour minimiser au maximum l'usage de papier.
- Différencier les apprentissages dans Classroom en adressant différentes tâches à différents groupes de besoins.

Ces recommandations et suggestions sont très pertinentes pour faire adhérer au mieux les futurs enseignants à l'enseignement à distance en contexte hybride.

5 CONCLUSION

La problématique initiale de cette recherche était d'évaluer l'impact de l'utilisation de la plateforme Google Classroom en contexte de formation hybride sur la qualité de la formation initiale des enseignants stagiaires au sein des CRMEF, sachant que d'une part, les profils des candidats entrant à ces centres de formation étaient très hétérogènes, et d'autre part la durée de la formation initiale suivie en présentiel était très insuffisante.

Les résultats obtenus des enquêtes menées auprès des enseignants stagiaires des sciences de la vie et de la terre relevant de trois CRMEF du Maroc, permettent de conclure que l'usage d'une plateforme Google Classroom pourrait constituer une solution idéale et bien adaptée pour relever de nombreux défis liés à la formation initiale des futurs enseignants au Maroc.

L'exploitation de Google Classroom a permis aux stagiaires de se familiariser avec ce nouveau mode d'enseignement hybride et a développé leur autonomie quant aux constructions du savoir. Par ailleurs, une forte majorité des enseignants stagiaires souhaiteront utiliser cet outil dans l'enseignement auprès des élèves. Ainsi, cette expérience a permis de sensibiliser de manière très forte ces futurs enseignants sur la question de l'intégration des TIC dans l'enseignement.

Toutefois, Google Classroom ne peut pas encore complètement remplacer une plateforme LMS, car il ne dispose pas encore d'outils de tracking permettant d'avoir une vision complète du parcours de l'utilisateur.

En général, Google Classroom est mieux adapté à une expérience d'enseignement hybride plutôt qu'à un enseignement entièrement en ligne.

REFERENCES

- [1] Brunel, S., P. Girard, and M. Lamago. Des plateformes pour enseigner à distance: vers une modélisation générale de leurs fonctions. in AIP Primeca 2015. 2015.
- [2] Ventayen, R.J.M., et al., Usability evaluation of google classroom: Basis for the adaptation of gsuite e-learning platform. Asia Pacific Journal of Education, Arts and Sciences, 2018. 5 (1): p. 47-51.
- [3] Sorolla Labrador, M., Médiation numérique des savoirs: analyse d'un dispositif info-communicationnel à l'école primaire en Espagne. 2018.
- [4] Iftakhar, S., Google classroom: what works and how. Journal of Education and Social Sciences, 2016. 3 (1): p. 12-18.
- [5] Zhang, M., Teaching with Google Classroom. 2016: Packt Publishing Ltd.
- [6] Al-Marouf, R.A.S. and M. Al-Emran, Students Acceptance of Google Classroom: An Exploratory Study using PLS-SEM Approach. International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2018. 13 (6).
- [7] Shaharane, I.N.M., J.M. Jamil, and S.S.M. Rodzi. Google classroom as a tool for active learning. in AIP Conference Proceedings. 2016. AIP Publishing LLC.
- [8] Latif, S., Learning Engagement in Virtual Environment. International Journal of Computer Applications, 2016. 148 (11).
- [9] Azhar, K.A. and N. Iqbal, Effectiveness of Google classroom: Teachers' perceptions. Prizren Social Science Journal, 2018. 2 (2): p. 52-66.
- [10] Charlier, B., N. Deschryver, and D. Peraya, Apprendre en présence et à distance. Distances et savoirs, 2006. 4 (4): p. 469-496.
- [11] Nissen, E., Scénarios de communication en ligne dans des formations hybrides. Le Français dans le monde. Recherches et applications, 2006: p. 44-58.
- [12] Brudermann, C., Analyse de l'efficacité des stratégies de travail d'étudiants Lansad à distance dans un dispositif hybride—Étape d'une recherche-action. Alsic. Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication, 2010. 13.
- [13] Deschryver, N., et al., Dispositifs hybrides, nouvelle perspective pour une pédagogie renouvelée de l'enseignement supérieur. 2012.
- [14] Freund, F., Pratiques d'apprentissage à distance dans une formation hybride en Lansad—Le juste milieu entre contrôle et autonomie. Alsic. Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication, 2016. 19 (2).
- [15] ASTOLFI, J. and M. DEVELAY, La didactique des sciences Paris: Presses Universitaires de France. Que sais-je, 1989 (2448).
- [16] CSEFRS, Vision stratégique de la réforme 2015-2030. Pour une école de l'équité, de la qualité et de la promotion. 2015.
- [17] OUASRI, A., La formation des enseignants des sciences au Maroc: historique, état des lieux et perspectives. Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair, 2019.
- [18] Nafidi, Y., et al., Open and distance learning in the initial education of trainee teachers. International Journal of Education Learning and Development, 2015. 3 (9): p. 53-64.

- [19] McAllister, J. and M.-F. Narcy-Combes, Étude longitudinale d'un dispositif hybride d'apprentissage de l'anglais en milieu universitaire—Le point de vue des étudiants. Alsic. Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication, 2015. 18 (2).
- [20] Jawadi, N. and A. El Akremi, Articles in French-II: E-Learning Adoption Determinants: A Modified Technology Acceptance Model. Communications of the Association for Information Systems, 2006. 18 (1): p. 2.
- [21] Ong, C.-S. and J.-Y. Lai, Gender differences in perceptions and relationships among dominants of e-learning acceptance. Computers in human behavior, 2006. 22 (5): p. 816-829.
- [22] Ngai, E.W., J. Poon, and Y.H. Chan, Empirical examination of the adoption of WebCT using TAM. Computers & education, 2007. 48 (2): p. 250-267.
- [23] Jordan, M.M. and N.D. Duckett, Universities confront 'Tech Disruption': Perceptions of student engagement online using two learning management systems. The journal of public and professional sociology, 2018. 10 (1): p. 4.
- [24] LOUIZ, D., Enseigner à distance via «google classroom» au temps de la Covid-19: partage d'une expérience. Langues, cultures et sociétés, 2020. 6 (2): p. 96-105.
- [25] Sukmawati, S. and N. Nensia, The Role of Google Classroom in ELT. International Journal for Educational and Vocational Studies, 2019. 1 (2): p. 142-145.
- [26] Heggart, K.R. and J. Yoo, Getting the most from google classroom: A pedagogical framework for tertiary educators. Australian Journal of Teacher Education, 2018. 43 (3): p. 9.

Contribution à l'amélioration du rendement du cotonnier (*Gossypium hirsutum*) à Banikoara (Nord Bénin) dans un contexte de variabilité/changement pluviométrique

[Contribution to improving the yield of cotton (*Gossypium hirsutum*) in Banikoara (North Benin) in a context of variability/change in rainfall]

B. Ahamide¹, K. M. Tode¹, V. J. F. Ballo², and G. M. Kawoun Alagbe³

¹Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, BP: 01BP 526 Cotonou, Benin

²Institut National de l'Eau, Université d'Abomey Calavi, BP: 01BP 526 Cotonou, Benin

³Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Université d'Abomey Calavi, Benin

Copyright © 2021 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: Agriculture in Benin mainly rainfed has experienced a disruption in relation to the agricultural calendar due to the effects of climate variability. The objective of this work is to contribute to the improvement of cotton yield by an appropriate choice of the sowing period in the Municipality of Banikoara. To achieve this, climatic data covering the period from 1981 to 2015 were collected and processed using different software (Excel spreadsheet, Khronostat).

It emerges from this work that there is a strong variation in rains and temperatures during the period 1981 to 2015 with a downward trend in the rainy season. Thus, the favorable periods for cotton cultivation are those where the start of the cycle is between the periods of June 10 to 30. Regarding the sowing date of June 15, a significant yield of 1987.5 kg / ha was recorded. At the same date, a significant improvement in the phenological parameters was observed, the largest size of the cotton plant being estimated at 67.25 cm and the diameter of the pod is 2.85 cm.

As a result, improving cotton yield in the study area must go through the reorganization of the cropping calendar.

KEYWORDS: Cotton, sowing, rainfall disturbance, Banikoara.

RESUME: L'agriculture au Bénin essentiellement pluviale a connu une perturbation par rapport au calendrier agricole en raison des effets de la variabilité climatique. L'objectif visé par le présent travail est de contribuer à l'amélioration du rendement du cotonnier par un choix approprié de la période de semis dans la Commune de Banikoara. Pour y parvenir, les données climatiques couvrant la période de 1981 à 2015 ont été collectées et traitées à l'aide de différents logiciels (Tableur Excel, Khronostat).

Il ressort de ces travaux qu'il y a une forte variation des pluies et des températures durant la période 1981 à 2015 avec une tendance à la baisse de la saison pluvieuse. Ainsi, les périodes favorables à la culture du cotonnier sont celles dont le début du cycle est compris entre la période du 10 au 30 juin. En ce qui concerne la date de semis du 15 juin, il a été enregistré un rendement important de 1987,5 kg/ha. A la même date, il a été observé une amélioration importante des paramètres phénologiques dont la taille la plus importante du pied du cotonnier est estimée à 67,25 cm et le diamètre de la gousse est de 2,85 cm.

Il en résulte que l'amélioration du rendement du cotonnier dans la zone d'étude doit passer par la réorganisation du calendrier cultural.

MOTS-CLEFS: Coton, semis, perturbation des pluies, Banikoara.

1 INTRODUCTION

Selon GIEC (2007), le changement climatique est caractérisé par la recrudescence des phénomènes extrêmes comme les sécheresses et les inondations, la hausse des températures, la variabilité accrue de la pluviométrie et des caractéristiques des saisons. Il constitue une menace majeure pour tout l'environnement et le développement agricole mondial et surtout africain. De ce fait, le continent africain est soumis à un climat fortement variable et imprévisible, ce qui fragilise les systèmes agricoles qui ne répondent plus aux pressions actuelles du climat (Yegbemey *et al.*, 2014a). Les travaux menés par Gnanglè *et al.*, (2011) sur l'évolution des facteurs climatiques entre 1960 et

2008 des trois zones climatiques du Bénin, ont montré une augmentation significative de la température moyenne de plus de 1°C, une diminution perceptible de la pluviométrie de 5,5 mm/an en moyenne et du nombre moyen annuel de jours de pluie.

Cependant, il est à souligner que la plupart des écosystèmes des différentes régions agro-écologiques en l'occurrence ceux de la partie septentrionale sont marqués aujourd'hui par une dégradation du fait de la forte variabilité climatique associée à une plus grande fréquence des phénomènes extrêmes tels que la sécheresse, l'augmentation des températures, les sols très secs et moins fertiles avec pour effets directs sur la production agricole et l'élevage (Katé *et al.*, 2014). Ainsi, la recrudescence des fortes pluies dues au changement climatique a entraîné la destruction de 25.000 ha de cultures vivrières et 1.204 ha de champs de coton avec environs 53 674 producteurs touchés et des dégâts estimés à 9,4 milliards de FCFA (DANIDA, 2008).

Ainsi, l'option des stratégies d'amélioration du rendement des cultures du cotonnier s'imposent aux producteurs de Banikoara face aux contraintes climatiques. Ce contexte a permis de juger de la nécessité de mettre au point un calendrier cultural plus adapté en définissant de nouvelles périodes et dates propices pour les semis. Ce qui a justifié la faisabilité de la présente étude visant à contribuer à l'amélioration du rendement du cotonnier au travers d'un choix approprié d'une période de semis. L'atteinte de cet objectif, passe par la caractérisation de la variabilité climatique de la Commune de Banikoara, l'analyse des effets des variabilités climatiques sur la saison culturale du cotonnier et l'établissement des périodes de semis favorables à la culture du cotonnier

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est la Commune de Banikoara. Elle couvre une superficie de 4397,2 km². Le choix de cette zone est dû la production active du coton graine dans la Commune (voir figure 1).

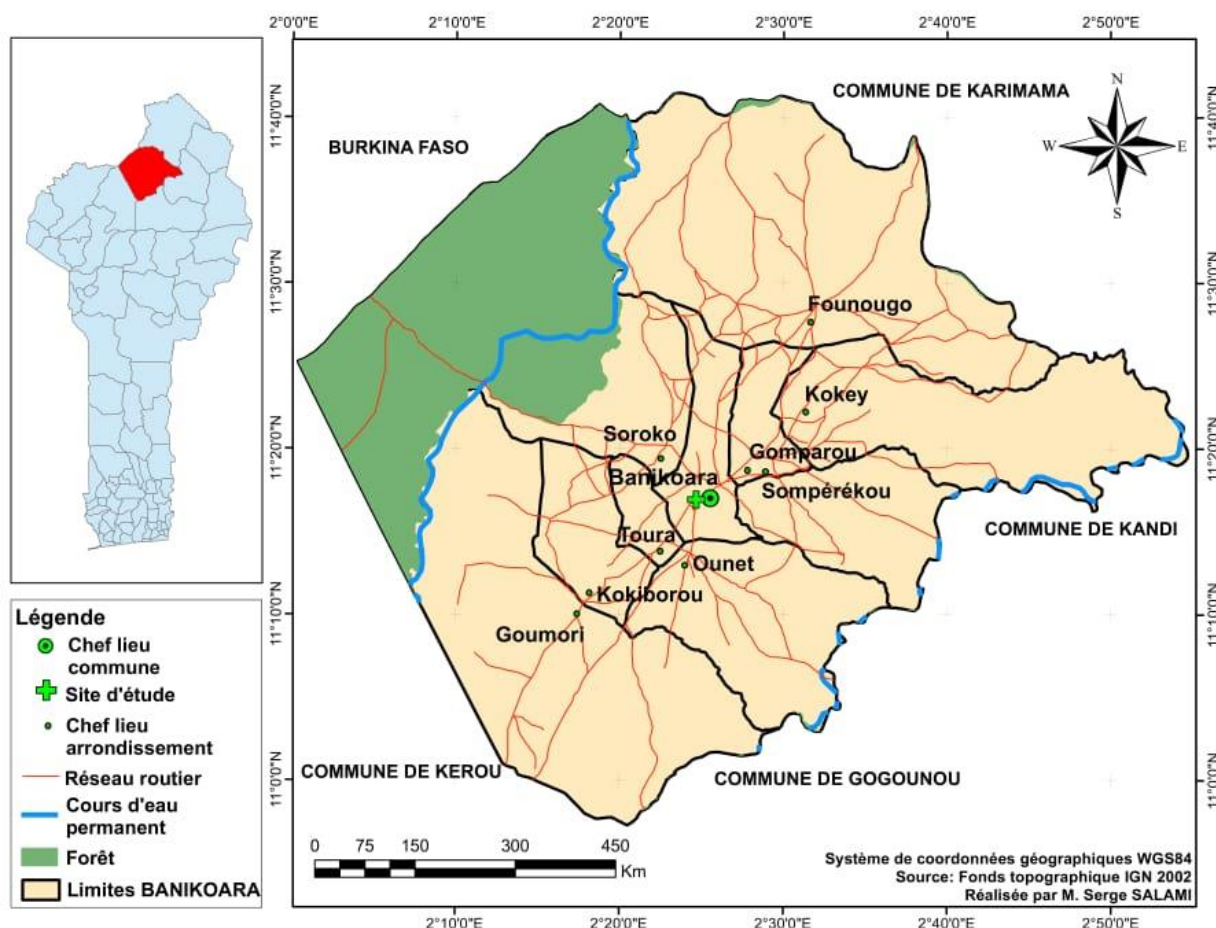


Fig. 1. Carte de la commune de Banikoara

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel végétal utilisé a été le cotonnier (*Gossypium hirsutum*). Les graines utilisées sont celles distribuées par l'usine de la Société d'Egrenage de Coton (SODECO) de Banikoara avec un taux de germination de 98 %. Les principaux outils de mesure utilisés pour

l'exécution des travaux sur le terrain ont été les suivants: un pluviomètre à lecture directe pour l'enregistrement des précipitations tombées pendant la période d'étude; un décamètre pour le chainage du site expérimental; un centimètre pour la mesure des paramètres phénologiques; des plaques indiquant les différents les différents traitements; une balance électronique de précision pour la pesée des échantillons et les produits récoltés.

L'étude est basée sur les données climatiques de la période de 1981 à 2015 et les paramètres phénologiques des plants. Il s'agit entre autres de la pluie, de la température, de l'évapotranspiration et la hauteur des plants, le diamètre des capsules, le nombre de feuilles, le nombre de capsules suivant la méthode de Rodriguez (2012).

La caractérisation du climat s'est faite à travers les étapes suivantes:

- Variabilité interannuelle des pluies

La détermination des tendances pluviométriques sur la période de 1981-2015 a été faite à l'aide de la méthode de régression avec les cumuls pluviométriques:

- Détection de rupture;
- Variabilité interannuelle des températures et des etp;
- Indices centrés réduits (IPS).

Les débuts, fins et longueurs des saisons pluvieuses sont déterminées à l'aide de la méthode de (Sivakumar 1988; Balme et al., 2005; Stern et al., 2006) par le logiciel Instat + V.3.037 (Stern et al., 2006).

La détermination des périodes favorables à la culture du cotonnier a passé par deux étapes à savoir:

- Construction du Diagramme de Franklin;
- Ajustement du cycle de la culture du cotonnier en tenant compte des dates de semis vulgarisées par des structures au diagramme de Franklin de la Commune de Banikoara.

L'expérimentation en milieu réel a permis d'obtenir une date propice à la culture du cotonnier par: Identification des dates de levée et de floraison et mesure de croissance, le comptage du nombre de feuilles, la détermination de la date d'apparition des fleurs, la récolte et traitement statistique des données collectées. Le dispositif expérimental ayant servi à la production du cotonnier comporte 16 parcelles distantes de 2 m l'une de l'autre sur une superficie de 320 m² (16 m x 20 m) en Bloc Aléatoire Complet. Le dispositif expérimental est entouré d'une bande de bordure de 1 mètre de largeur, et les blocs à leur tour de deux (2) mètres dans le souci d'éviter les effets de bordures.

Les traitements utilisés sont les différentes dates de semis à savoir: 1^{er} juin, 15 juin, 1^{er} juillet et 15 juillet.

La figure 2 a présenté le dispositif expérimental des différentes dates de semis.

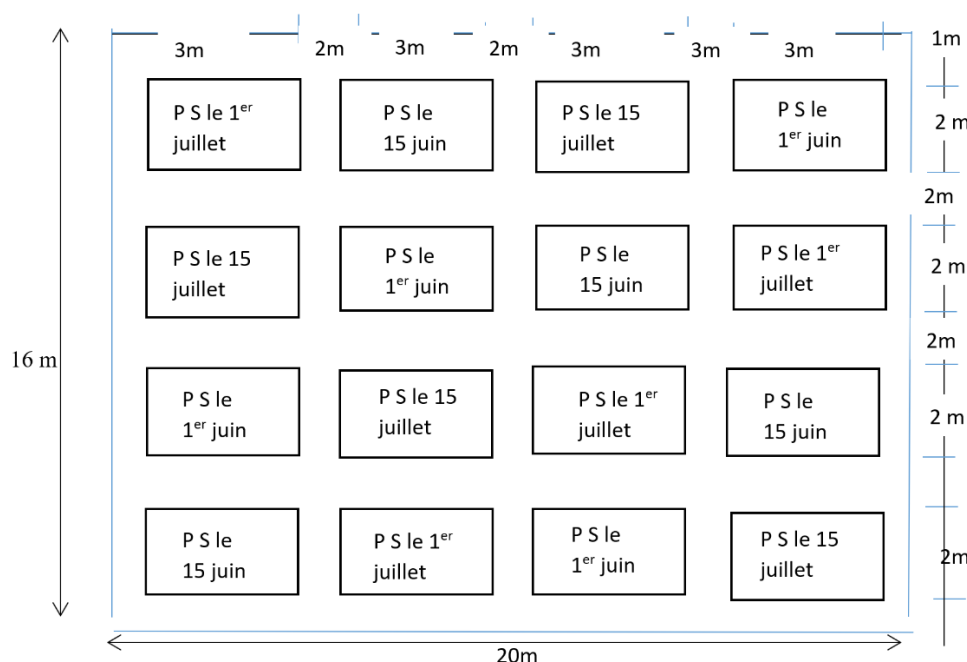


Fig. 2. Périmètre expérimental de dates de semis

Une portion de 1 m² est mis en place au milieu de chaque parcelle pour les mesures de paramètres phénologiques.

- Détermination du rendement à la récolte

A la maturité, les produits de cette surface unitaire ont été récoltés et pesés (en kg). Le rendement du carré (Rdtc) est calculé à partir de l'équation suivante:

$$Rdtc = \frac{Pu}{Su} \quad \text{Eq n°1}$$

Le rendement de chaque parcelle (Rdtp) sera déterminé par la relation suivante:

$$Rdtp = \frac{Pu}{Su} \times Sp \text{ (Marc, 2012)} \quad \text{Eq n°2}$$

Pour connaître le rendement à l'hectare (Rdt), la relation suivante a été utilisée

$$Rdt = \frac{Pu}{Su} \cdot 10000 \quad \text{Eq n°3}$$

Avec :

Rdtp rendement d'une parcelle en kg/m²
 Pu = masse des produits du carré de rendement en kg
 Su = surface unitaire ou surface du carré de rendement en m²
 Sp = surface d'une parcelle en m².
 Rdtc= rendement du carré en kg/m²

Pour chacun des quatre traitements, le rendement est obtenu en faisant la moyenne des valeurs de parcelles de même nature.

- Traitement statistique des données collectées

Le tableur Excel a été utilisé pour saisir et conserver les données après chaque mesure sur le terrain. Les données ont ensuite été traitées dans le logiciel R. la statistique descriptive a permis de caractériser les paramètres mesurés. Les effets des dates de semis sur les paramètres phénologiques et sur le rendement de coton ont été analysés en employant la méthode d'Analyse de Variance. Le test de LSD (plus faible différence significative) au seuil de 5% a été utilisé pour discriminer les moyennes des paramètres étudiés.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 CARACTÉRISATION DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE DE LA COMMUNE DE BANIKOARA

Les indices centrés réduits sont présentés dans la figure 3.

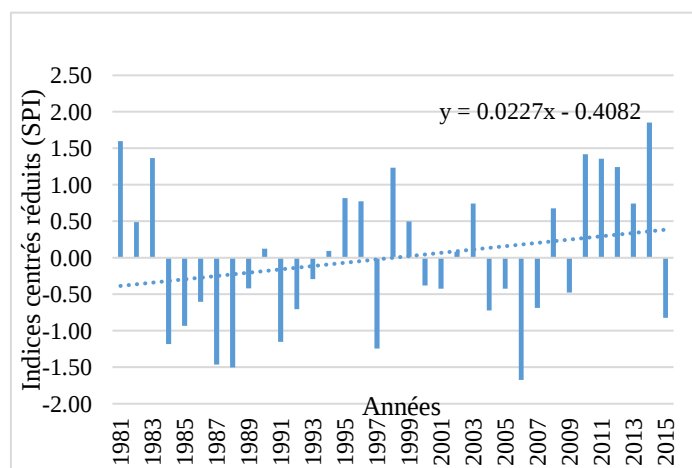


Fig. 3. Indices centrés réduits

L'analyse de la figure 3 a montré qu'il y a une forte variabilité des hauteurs de pluie avec une tendance à la hausse.

La figure 4 a présenté la variation de la température pour la période de 1981 à 2015.

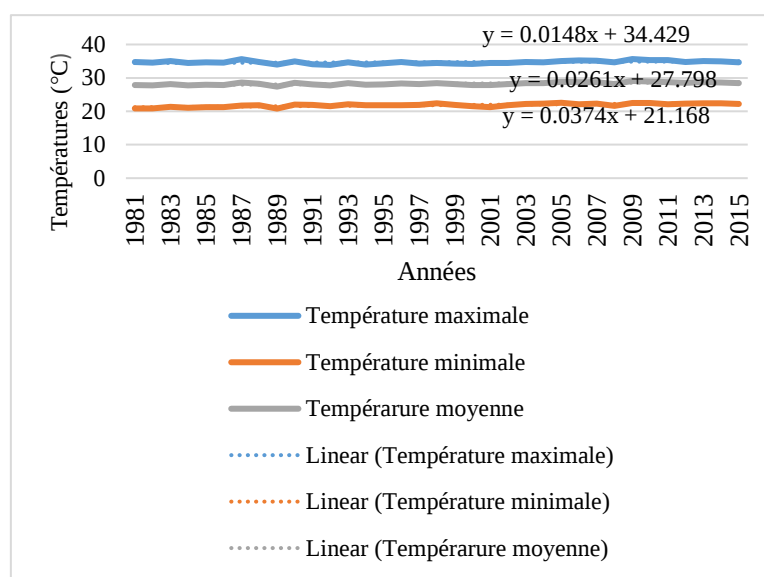


Fig. 4. Evolution des températures

L'analyse de la figure 4 a fait remarquer une forte variation des températures avec une tendance à la hausse. La température maximale a fluctué autour de 35°C, la température moyenne est restée en dessous de 30°C et la température minimale au-dessus de 20°C. Les températures maximale, minimale et moyenne ont augmenté respectivement de 1,76 °C; 1,74 °C et 1,71 °C.

La figure 5 a présenté l'évolution de l'Évapotranspiration Potentielle (ETP) pour la période 1981 à 2015

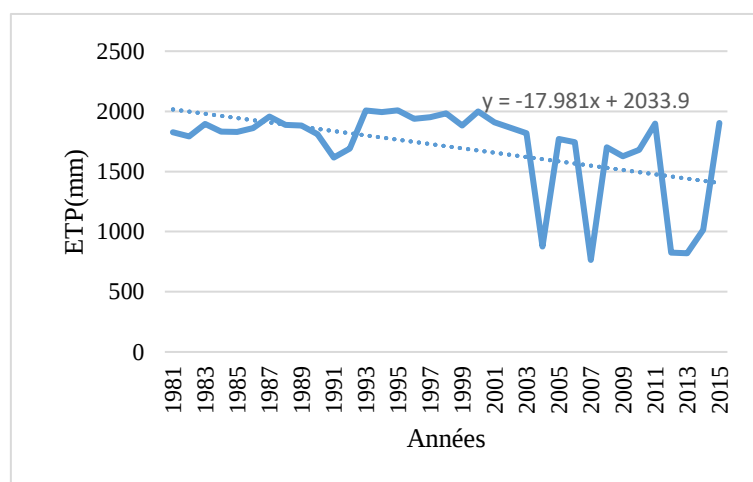


Fig. 5. Evolution des ETP

L'analyse de la figure 5 a montré une variation des ETP avec une tendance à la baisse. Ainsi on a constaté que de 1981 à 2002, une faible variation à la hausse des ETP. On remarque au contraire, de 2003 à 2015, une variation à la baisse mais en dent de scie des évapotranspirations de 2002 à 2015.

4.2 ANALYSE DES EFFETS DE LA VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE SUR LA SAISON CULTURALE OU SAISON DES PLUIES UTILES

La figure 6 présente les effets de la variabilité pluviométrique sur la période culturale.

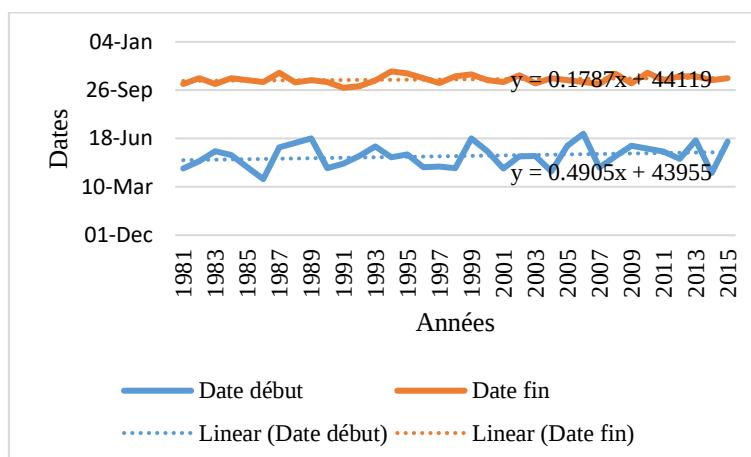


Fig. 6. Variabilité pluviométrique sur la période culturale

L'analyse de la figure 6 a montré une forte variation avec une tendance à la hausse des dates de début et de fin de la période culturale. Les dates de début des saisons pluvieuses sont observées entre le mois d'avril et le mois de juin. Les dates de fin des saisons pluvieuses par contre se sont manifestées généralement entre les mois d'octobre et de novembre.

La figure 7 a présenté la durée des saisons pluvieuses.

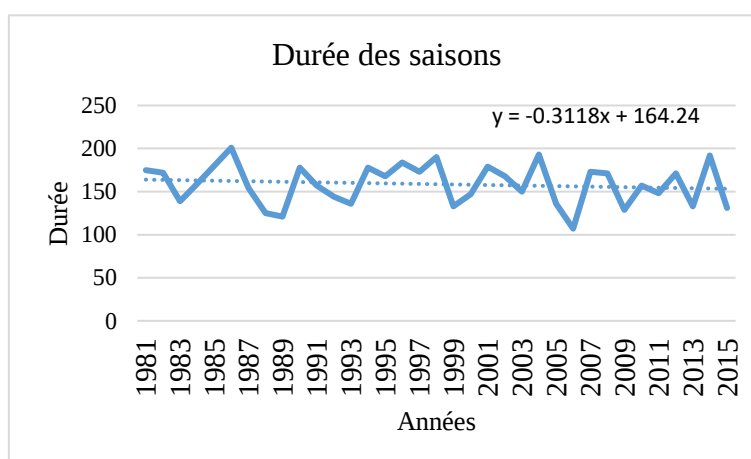


Fig. 7. Durée des saisons pluvieuses

De l'analyse de la figure 7, il est ressorti une variation de la durée de la saison des pluies avec une tendance à la baisse. Cette situation a impacté négativement le démarrage des activités agricoles

La figure 8 présente le diagramme climatique de la Commune de Banikoara.

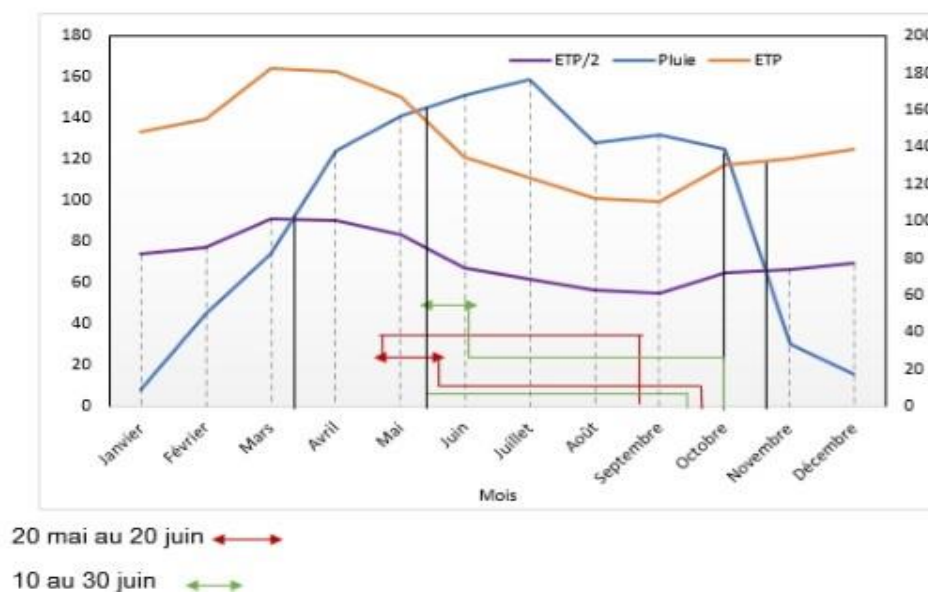


Fig. 8. Diagramme climatique de la Commune de Banikoara

L'analyse de la figure 8 a montré que la sous-période de 20 au 30 mai ne permet pas une bonne récolte, elle n'est donc pas propice pour la culture du cotonnier. Le semis réalisé le 10 Juin a permis de boucler le cycle du cotonnier au 10 octobre (période post-humide) où les pluies ne sont plus abondantes. La période critique est située dans la période humide. De même, un semis réalisé le 30 juin permettra une récolte le 30 octobre. La période du 10 au 30 Juin est plus propice à la culture du cotonnier, ce qui permet à la plante de boucler son cycle à la fin de la saison des pluies. Les périodes favorables à cette culture sont celles dont le début du cycle est une date comprise dans la période du 10 au 30 juin. Il est alors possible de proposer une date de semis qui serait dans cette période.

La figure 9 montre la date propice de levée du semis.

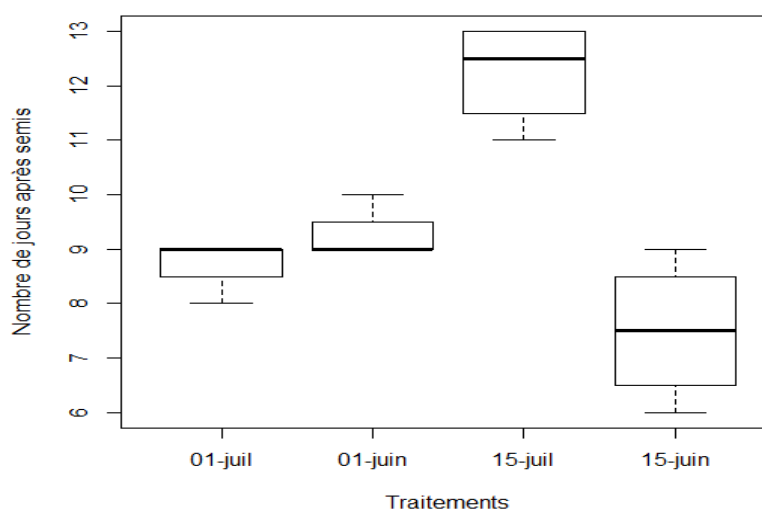


Fig. 9. Nombre de jour avant la levée

D'après la figure 9, il ressort que les cotons semés le 15 juin et le 1^{er} Juillet ont enregistré une levée rapide par rapport à ceux semés le 1^{er} Juin et le 15 Juillet. Les semis du 15 juin ont mis un temps plus court de levée. Les semis du premier juin au 1^{er} juillet ont pratiquement enregistré le même nombre de jours pour la levée. Le semis de 15 juillet a mis un temps important pour la levée.

La figure 10 a présenté l'effet des dates de semis sur le nombre de feuilles.

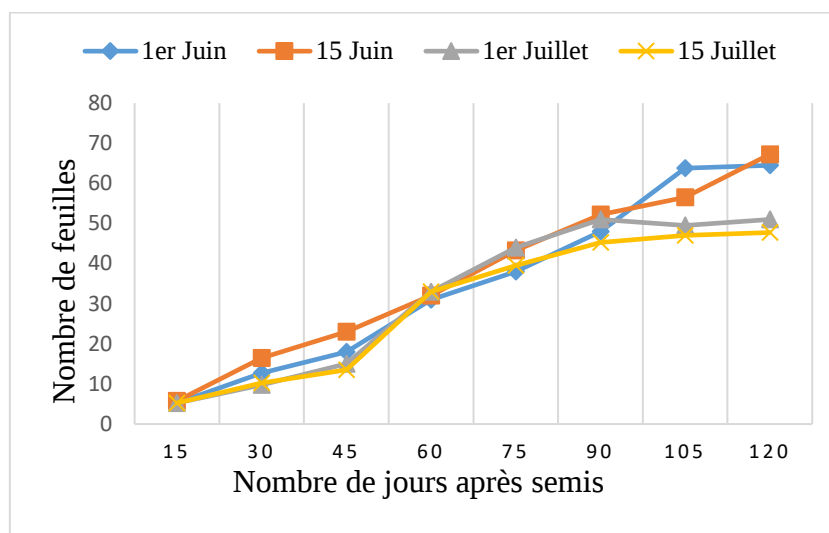


Fig. 10. Effet des dates de semis sur le nombre de feuilles

L'analyse de la figure 10 révèle une évolution en nombre de feuilles plus rapide pour la date de 15 juin par rapport aux autres dates (1^{er} juin, 1^{er} Juillet et 15 Juillet), la deuxième date à laquelle les feuilles croissent plus vite est le 1^{er} juin.

La figure 11 montre l'effet de la date de semis sur le diamètre des capsules.

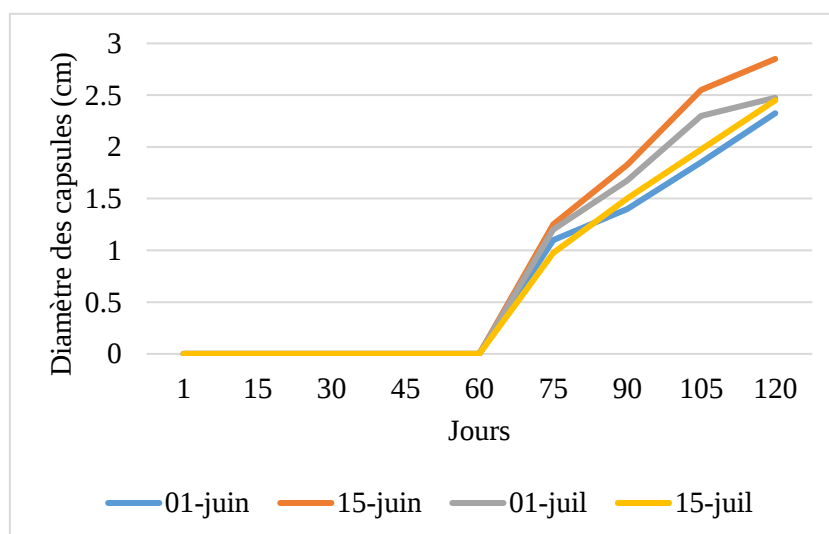


Fig. 11. De la date de semis sur le diamètre des capsules

De l'analyse de la figure 11, il est ressorti que la date du 15 juin a enregistré une croissance de capsules plus élevée que celle des capsules des autres dates de semis.

La figure 12 présente l'effet de la date de semis sur le rendement.

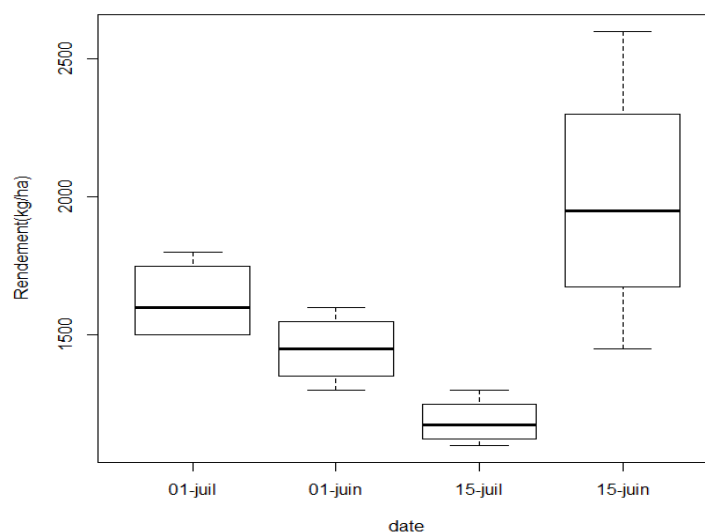


Fig. 12. Effet de la date de semis sur le rendement

L'analyse de la figure 12 a montré qu'il existe une différence hautement significative entre les rendements des différentes dates de semis (Prob = 0,001). Le coton semé le 15 Juin et 1^{er} Juillet donnent des rendements élevés respectivement 1987,5 kg/ha et 1625 kg/ha que ceux semés le 1^{er} juin et 15 juillet avec une différence significative au seuil 0,05. Les rendements de 15 juin et de 1^{er} juillet se rapprochent et sont les plus évolués par rapport aux deux autres rendements.

L'analyse des résultats a révélé qu'au niveau de la variabilité interannuelle des pluies qu'il y a une forte variation des pluies avec une tendance à la hausse au cours de la période 1981 à 2015. Ceci a bouleversé le calendrier cultural du cotonnier, qui a corroboré les résultats de Katé (2015) dans la commune de Banikoara où il a montré à travers son étude portant sur l'évolution des pluies les 30 dernières années en 2015 que la hauteur d'eau a été, pour la période de ces dernières années, très fluctuante. Cette période est marquée par la présence d'années déficitaires et excédentaires. La pluie moyenne est de 915,95 mm, avec un minimum de 705,74 mm et un maximum de 1099,95 mm. Ces résultats ont concordé avec ceux de Batamoussi (2015) qui a montré que la hauteur pluviométrique moyenne annuelle a oscillé entre 850 mm et 1150 mm, les extrêmes varient entre 780,83 mm et 1108,8 mm/an. On observe 40% d'années excédentaires, 51,43 % d'années déficitaires et 8,57 % années normales. Ce fait a permis d'affirmer la mauvaise répartition des précipitations dans la Commune.

Les températures ont quant à elles subi une forte variation avec une tendance à la hausse; la température minimale est restée au-dessus de 20°C pendant que la maximale a oscillé autour de 35°C. Ce résultat est conforme à celui d'Amoussou (2013) qui a fait remarquer que le pays a connu depuis les années 1950 une hausse significative des températures, notamment durant la période 1980-2010. Ce même résultat a été confirmé les travaux de Katé (2017) qui ont montré une augmentation des températures au cours de la période de 1981 à 2015 dans la zone de recherche.

Pour ce qui est de l'évapotranspiration, il a été enregistré une évolution à la hausse durant la sous période 1981 à 2002 contrairement à la sous période 2003 à 2015 où il a été observé une variation en dent de scie se traduisant par une baisse comparativement à la première sous période. Ce qui est en adéquation avec les travaux de Djohy réalisés en 2015 qui ont fait mention d'une alternance d'années déficitaires et excédentaires due à la variabilité climatique.

Plusieurs d'autres auteurs ont confirmé cette hypothèse comme Paraiso *et al.*, (2012) et Gnanglè *et al.*, (2011). L'hypothèse selon laquelle la commune de Banikoara est caractérisée par une forte variabilité climatique est confirmée. Les cultures agricoles n'étant pas aussi exemptées des effets de la variabilité climatique, plusieurs travaux se sont penchés sur la question. Ainsi, la présente étude a révélé que la durée moyenne des saisons de pluie est de 159 jours et la saison des pluies a souvent débuté dans le mois de mai et a pris fin en octobre traduisant une récession pluviométrique. Ces résultats corroborant ceux d'Aboki (2019) qui a trouvé que les pluies sont enregistrées durant les mois de mai à octobre dans les zones agro-écologiques 4 et 5 du Bénin.

Les dates de début et de fin ont subi de variation avec une tendance à la hausse. Cette variation a entraîné une instabilité dans le démarrage des activités agricoles, ce qui n'a pas de ce fait permis le respect du calendrier cultural. Quant à la durée des saisons pluvieuses, elle a varié avec une tendance à la baisse subissant donc un raccourcissement. Cela a été confirmé par les résultats de Katé *et al.* (2015): le nombre de jours de pluies est passé de 60 jours à 50 jours. Selon une enquête réalisée par Aboki (2019) dans l'Ouest de l'Atacora, 74 % des enquêtés ont révélé que la saison pluvieuse est devenue de plus en plus courte et perturbée. Cette même enquête a indiqué que la saison des pluies est devenue de plus en plus courte et perturbée dans la zone agroécologique 5 (zone cotonnière du

centre Bénin). Cette pluie malgré qu'elle soit en augmentation, est répartie sur une courte durée. Il ressort donc une instabilité des pluies dans la commune qui peut constituer une expression des changements et variabilités climatiques à Banikoara. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Djohy (2015) et Edja (2019) qui trouvent qu'il y-a une instabilité du principal paramètre climatique de la zone soudanienne qui est la pluie et que cette instabilité constitue une expression des changements et variabilités climatiques au Nord-Bénin.

On remarque une variation au niveau des paramètres climatiques, ce qui a d'impact négatif sur l'installation des activités agricoles principalement la réalisation des semis, la production et le rendement des cultures. L'interruption de la pluie en pleine saison de pluie a amené à faire des ressemés (Aboki, 2019). Ainsi, selon Ayanlade *et al.*, (2010), le régime pluviométrique est le facteur le plus important qui a influencé les activités agricoles. Ce qui a justifié l'hypothèse selon laquelle: La variabilité climatique a affecté la saison culturale de la commune de Banikoara.

L'étude de la variation des saisons a montré une première période peu humide qui s'étend de mai à juin et la seconde qui est de juillet à octobre, traduisant la période humide dont le mois le plus humide est juillet où les cultures comme le cotonnier ont atteint leur état de maturité. Ces résultats correspondent à ceux de Katé (2015) dans la commune de Banikoara. La période de semis de 10 au 30 Juin est donc favorable à la culture du cotonnier, l'hypothèse est vérifiée.

Il ressort de l'essai portant sur l'étude des dates de semis que la variation des dates de semis a d'effet sur les paramètres phénologiques et le rendement du cotonnier. Ainsi, la date de semis de 15 juin a permis une croissance rapide en hauteur, en nombre et en diamètre des capsules, et a donné de meilleurs rendements. La date de 15 juin est donc propice pour maximiser la consommation en eau des plants du cotonnier et leur permettre de boucler le cycle dans la période post-humide. Cette date est comprise dans la période optimale de semis obtenue par Katé (2016) qui a prouvé que la période optimale propice de semis du cotonnier de 120 jours est du 10 au 30 juin. Ce même résultat est plus ou moins en conformité avec le période (1^{er} au 20 juin) vulgarisée par le CARDER/Banikoara aujourd'hui appelé ATDA. Ces résultats justifient alors l'hypothèse qui stipule: Le semis de 15 Juin donne un bon rendement de coton avec une valeur moyenne estimée à 1987,5 kg/ha. Cette même date a permis d'observer une amélioration importante des paramètres phénologiques. Pour ce faire, la taille la plus importante est estimée à 67,25 cm, la plus grande valeur de diamètre des capsules est de 2,85 cm.

5 CONCLUSION

De toutes les analyses, une différence significative s'observe sur le nombre de feuilles, la durée avant levée, le nombre de jours avant floraison, le nombre de capsules, le diamètre des capsules et sur le rendement. Ce qui n'est pas le cas sur la hauteur des plants. La variation des dates de semis est donc importante pour l'étude de proposition d'une date de semis.

De tout ce qui précède, on constate qu'il y a une forte variation des paramètres climatiques. La saison pluvieuse démarre en Avril puis termine en septembre. La pluie moyenne est de 915,95 mm, la minimale est de 705,74 mm et la maximale, 1099,95 mm. La variabilité des dates de début et de fin des saisons pluvieuses perturbe les dates de semis, ce qui peut amener à faire une étude pour déterminer une date de semis du cotonnier. Cette date est le 15 juin, obtenue au cours de l'essai. Il est important que cette étude se répète plusieurs années pour une meilleure connaissance d'une date appropriée à la culture du cotonnier face aux effets de la variabilité climatiques. Cette approche est nécessaire au regard de la modification du calendrier agricole afin de permettre aux producteurs une meilleure adaptation face à la variabilité climatique dans la zone d'étude.

REFERENCES

- [1] ABOKI L. A., 2019 Analyse de la variabilité des saisons de pluies dans les zones agro-écologiques 4 et 5 du Bénin pour une amélioration de la résilience des producteurs agricoles.
- [2] AMOUSSOU E., BOKO M., E., TOTIN H. ET SEJAME A. R., 2013. Climate change and the availability of water resources in Bénin. *Brazilian Journal of Climatology*, 10, 7-19.
- [3] CAUQUIL J., 1990. Nouveaux développements dans la protection contre les ravageurs du cotonnier en Afrique francophone au sud du Sahara. *Coton et Fibres Trop.* 45-48.
- [4] DJOHY G.L., 2015, Variabilité climatique et production cotonnière dans la commune de kandi. P. 325.
- [5] GBAGUIDI G. N. C., 2014. Adaptation des périodes de semis aux changements climatiques dans la Commune de Banikoara. Mémoire de Master Professionnel, Centre Interfacultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED), Université d'Abomey-Calavi, p 69.
- [6] GNANGLE P. C., GLELE KAKAI R., ASSOGBADJO A. E., VODOUNON S., YABI J. A. ET SOKPON N., 2011. Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin. *Climatologie.*, 8: 26-40.
- [7] PARAISO A. A., SOSSOU G. C. A., DAOUDA Iz. H. YEGBEMEY N. R. et SANNI A., 2012 « perceptions and adaptations of beekeepers and honey hunters to climate change, the case of Natitingou and Tanguéta in Northwest of Bénin ». *African Crop Science Journal*, 20: 523-532pp.
- [8] KATE S., 2016. Nouvelle période de semis du coton adaptée aux changements climatiques dans la Commune de Banikoara au Nord du Bénin.
- [9] KATE S., HOUNMENOU C. G., AMGNIDE A., SINSIN B. 2015. Effets des changements climatiques sur les activités agricoles dans la commune de Banikoara (Nord Bénin) p 15.

Diagnostic study of the conservation of yam tubers varieties in four communes of the Abidjan district (Côte d'Ivoire)

Camara Brahim, Ganemtore Souleymane, Traore Ibrahim, Kamara Adjata, and Kone Daouda

UFR Biosciences, UPR Physiologie et Pathologie Végétales, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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: Yam (*Dioscorea spp.*) occupies an important place in the diet of the populations of Côte d'Ivoire. However, during storage, significant losses due to fungi are observed. The objective of this work was to know if traders are aware of the difficulties they encounter during the storage of yam tubers. To do this, a survey was conducted in four communes in the District of Abidjan. It was found that more than 94% of traders encounter enormous difficulties, particularly rotting during the storage of yams before sale. This mainly soft rot (93.75%) causes the loss of 10 to 20% of stocks according to 56.25% of traders. Although 87.5% of the traders felt they knew the causes of the rots, fungi were not mentioned at all. This study is a preliminary study that could be a database for a possible study on the identification and control of these fungi responsible for post-harvest rots.

KEYWORDS: yam, fungi, rots, storage, survey.

1 INTRODUCTION

Yam (*Dioscorea spp.*) is a major food crop in many tropical countries in Asia, South America, Africa and especially West Africa [1]. Yam production in Côte d'Ivoire is divided between *Dioscorea alata* (60%), which accounts for almost all family consumption, and *Dioscorea cayenensis* (40%), which is intended for marketing [2]. The yam tuber is rich in starch, and thus provides a basic supply of energy. According to [3], yam (*Dioscorea spp.*) cultivation contributes to the food security of 300 million people in tropical countries.

In Côte d'Ivoire, yam occupies an important place in food crop agriculture because it alone accounts for 63.72% of the food crop area with a production of about 5.7 million tons [4]. It is also the leading non-cereal food crop with a yield of over 5.5 million tons in 2011 achieved on an area of over 830,000 ha [4]. Annual per capita consumption has increased from 105 to 120 kg over the last decade [5]. This nutritional function can only be fulfilled if its availability is guaranteed by an adapted conservation for a long period.

Unfortunately, many ecological and pest constraints prevent yams from making a significant contribution to the diet of people in many developing countries [6]. Losses during

storage are caused by external agents such as insects, rodents and moulds. In addition, the high water content of the tubers associated with the wounds that they undergo after harvest, expose them to microorganisms [7]. Work by [8] in Togo revealed that 80% of rotting occurs during traditional storage. According to [9], post-harvest rots of yam tubers are estimated at about 20-30% in Côte d'Ivoire. Yam rots due to microscopic fungi cause the greatest losses during storage [10].

Many traders sell yams in the markets of the communes of the District of Abidjan, where a significant amount of yams are rejected due to fungal rots [10].

The general objective of this work was to find out whether traders are aware of the difficulties they encounter when storing yams.

Specifically, it was about:

- Identify the difficulties encountered by traders when storing yams in stores;
- Identify types of yam tuber rots;
- Establish the relationship between yam varieties and types of rots;
- Estimate losses due to rot.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

The survey took place during the month of September 2019 in four communes located in the South of the District of Abidjan namely, Treichville, Marcory, Koumassi and Port-Bouët. This District has 13 communes and is characterized by a humid tropical climate with four seasons including two rainy and two dry. Temperatures vary between 25.3 and 32.5°C. An average of 1,784 mm of rain falls per year.

2.2 MATERIALS

The material used for the survey consisted of a questionnaire with 17 questions on yam storage and the traders themselves, a pen and a white coat

2.3 METHODS

2.3.1 CONDUCT OF THE SURVEY

The data was collected in the markets of four communes of the District of Abidjan, namely: Treichville, Marcory, Koumassi and Port-Bouët. The following criteria were used to define the sample of yam traders: be a yam trader, have a store dedicated to the marketing of yams in the commune selected for the study, and be available to answer questions. Based on these criteria, 16 traders from these four communes were selected and interviewed. Several data collection techniques were used, including direct observation, formal individual interviews via the trader survey questionnaires, and informal individual interviews or open discussions. The questions were asked directly to the traders and the answers were recorded as they were received. They were translated into Bambara for traders who could not speak French. The simplest questions were the first to be asked because some of them made traders reluctant. In order to allow traders to identify the parasitic constraints encountered during the storage of yams, we used a determination key, and the data collected during this survey were used to establish an Excel database. The data collected during the survey was used to create an Excel database. The conformity of the data sheets to the database was verified in order to reduce the risk of data entry errors. The analysis of the data was done with **Excel 2007** software.

3 RESULTS

3.1 PROFILE OF YAM TRADERS

The interviews revealed a high male dominance of 93.75% among yam traders, compared to only 6.25% for women (Table 1).

CHARACTERIZATION OF THE POST-HARVEST CONSERVATION SYSTEM FOR YAM INTENDED FOR MARKETING

The storage of yams in the stores of the four communes visited is almost traditional in small areas (stores). Several varieties of yams are stored in the same compound for marketing.

3.2 MARKETING RATE OF DIFFERENT YAM VARIETIES

During the surveys, it was found that the most marketed yam varieties were Kponan (100%), Assawa (100%), Bètè Bètè (90%), Klenglè (about 94%) and Florido (75%). The other seven varieties, namely Bana, Ya Assawa, Dindin, Abéka, Tréla, Lokpa and Korodougou, had the lowest marketing rates (Figure 1).

3.3 DIFFICULTIES ENCOUNTERED BY TRADERS IN STORING YAMS

This survey revealed that more than 94% of traders encounter enormous difficulties in preserving yams before sale (Figure 2). They mainly mentioned rotting. Only 6% felt that they did not encounter any difficulties.

3.4 LINKS BETWEEN DIFFICULTIES ENCOUNTERED BY TRADERS AND YAM VARIETIES

Nearly 70% of traders believe that yam rots are related to the variety against 25% who do not think so, 6% did not give any answer. Regarding the most resistant or susceptible varieties, opinions differed from one trader to another (Figure 3).

Table 1. Distribution of yam traders by gender

	Workforce	Confidence interval
Male	15	[0,6875; 1,1875]
Female	1	[-0,1875; 1,1875]
Total	16	

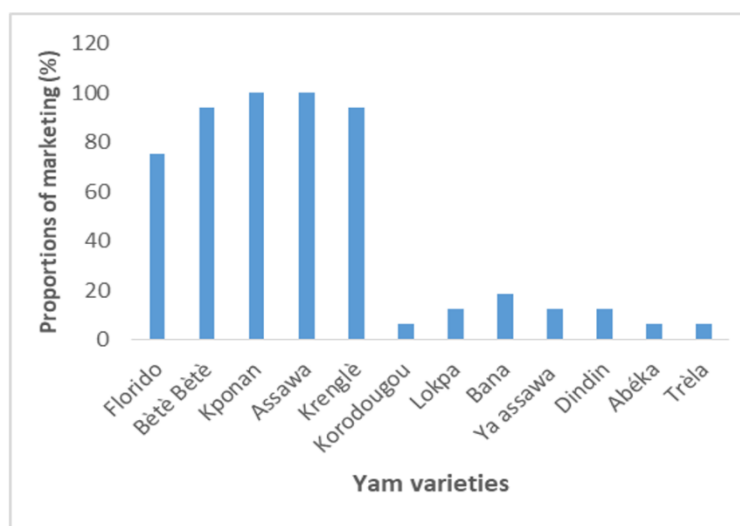


Fig. 1. Marketing rate of different varieties of yams in the markets of the communes of Treichville, Marcory, Koumassi and Port-Bouët

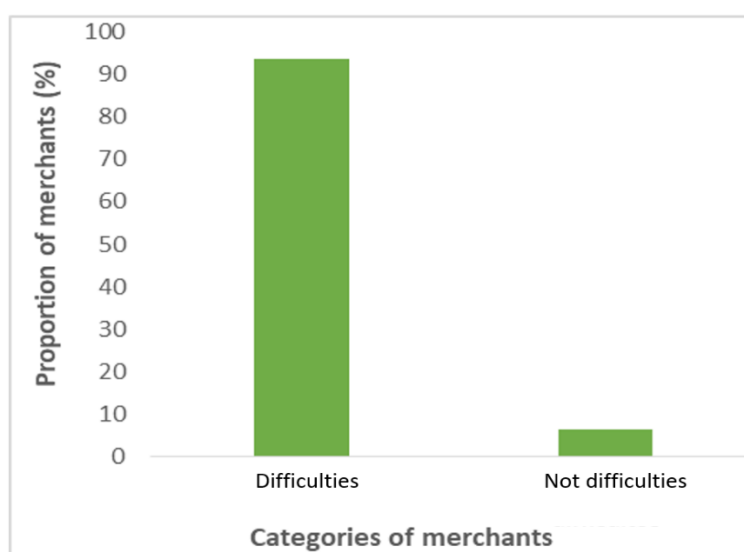


Fig. 2. Proportion of traders experiencing difficulties or not during yam storage

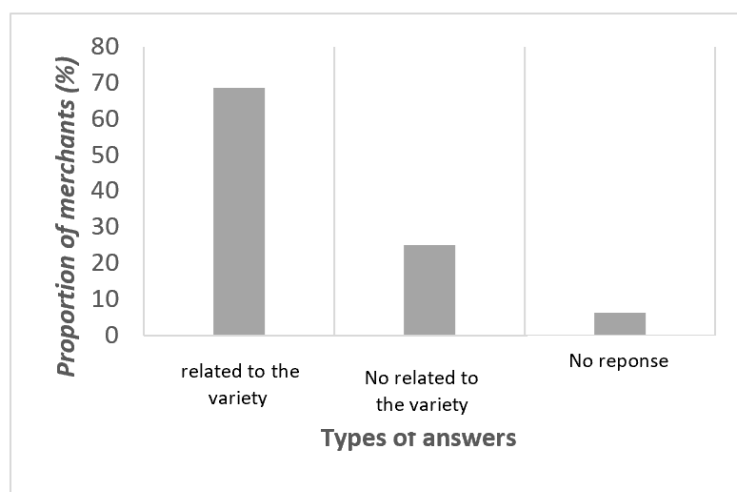


Fig. 3. *Proportion of traders who believe that difficulties are related or not to the variety of yam*

3.5 TIME OF APPEARANCE OF THE FIRST SIGNS OF ROT IN YAM VARIETIES

Forty-four percent of traders believe that some yams arrive with rot on unloading, compared to 25% who believe that yams rot after two weeks to a month of storage (Figure 4). Only 6.75% said that yams can be stored for three months.

3.6 TYPES OF ROTTENNESS MENTIONED BY THE MERCHANTS

The rots most encountered by yam traders were soft rots at 93.75% (Figure 5). Only 6.25% of them consider the rots to be dry.

3.7 LOCATION OF ROTS IN YAM TUBERS

Of the traders interviewed, 68.75% felt that yam rots do not have a preferred area (Figure 6). They can start at the "tail", head or middle of the yam. Only 31.25% of traders indicated that rots start at the head of yams.

3.8 TRADERS' KNOWLEDGE OF THE CAUSES OF ROT

Regarding traders' knowledge of the causes of rot, 87.5% felt that they knew about them, compared to 12.5% who did not (Figure 7).

3.9 FACTORS OF YAM ROTS

Several causes of rot were mentioned by traders during this survey. All traders (100%) felt that rot was caused by heat. Pesticides and synthetic fertilizers used by producers in the field were mentioned by 58% of them, and injuries during harvest came in third place with nearly 29% of traders (Figure 8). In contrast, fungi were not mentioned by traders as a cause of yam rot.

3.10 ESTIMATED LOSSES DUE TO ROT

A proportion of 56.25% of traders revealed that they lost 10 to 20% of their inventory during storage, while 37.5% of them estimated it to be less than 10%. Those who lost less than 20% were in the order of 6.25% (Figure 9).

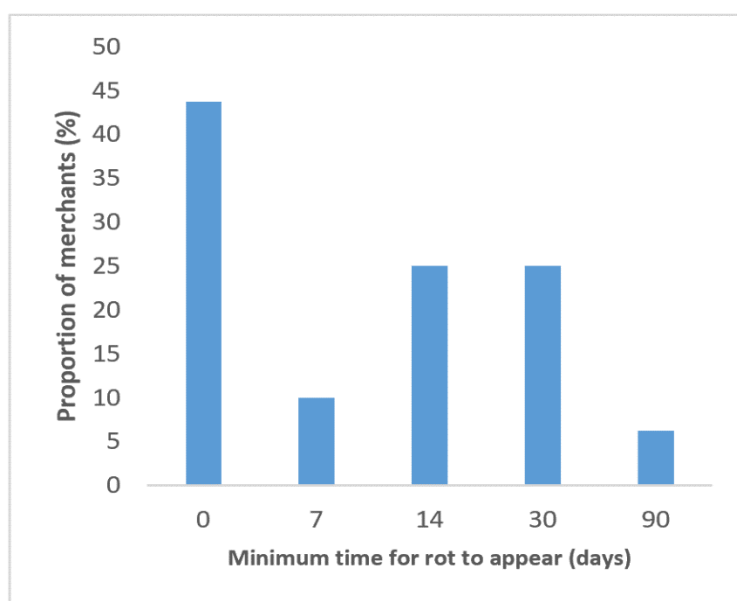


Fig. 4. Minimum storage time of yams rotting appears according to the traders

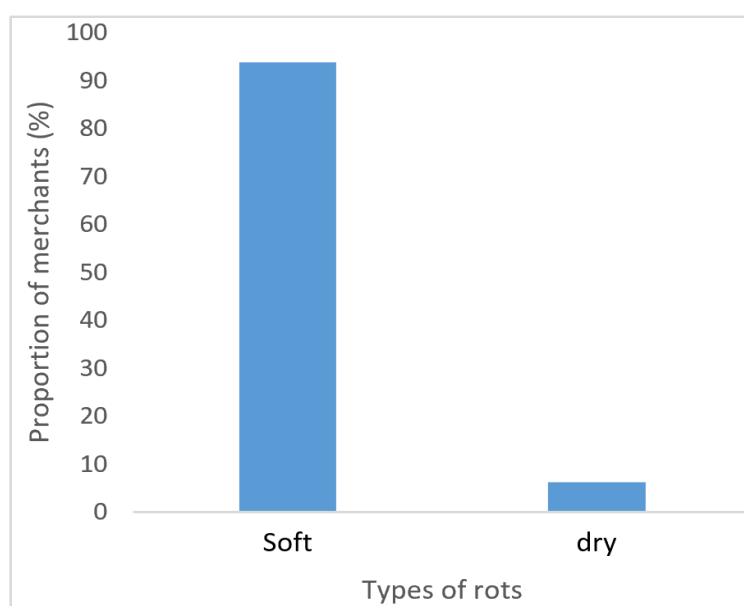


Fig. 5. Types of yam rots encountered by traders

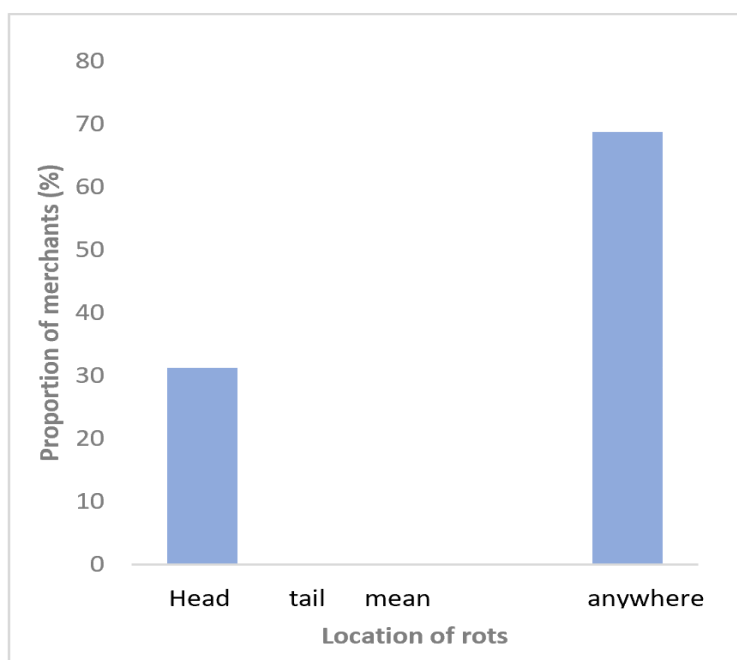


Fig. 6. *Parts of the tuber where rot starts according to the traders*

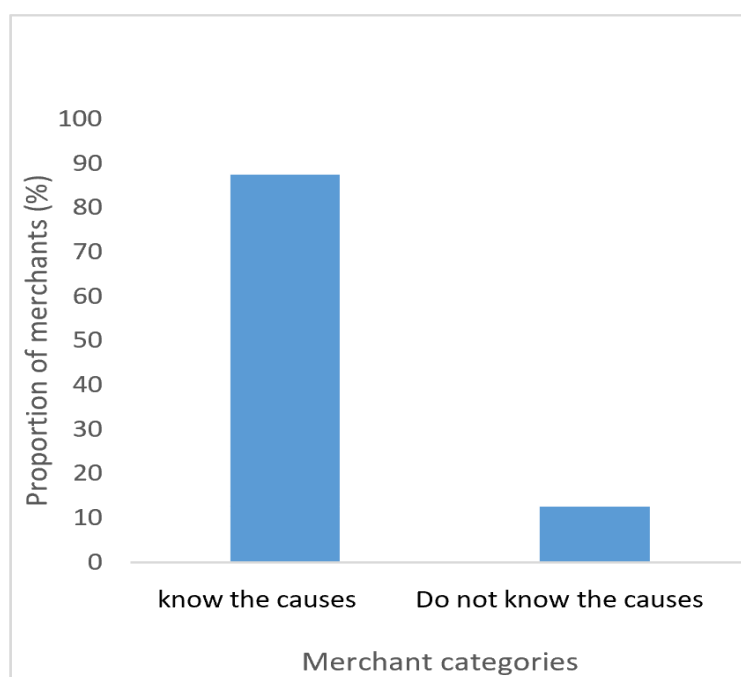


Fig. 7. *Proportion of traders who know or do not know the causes of yam rots*

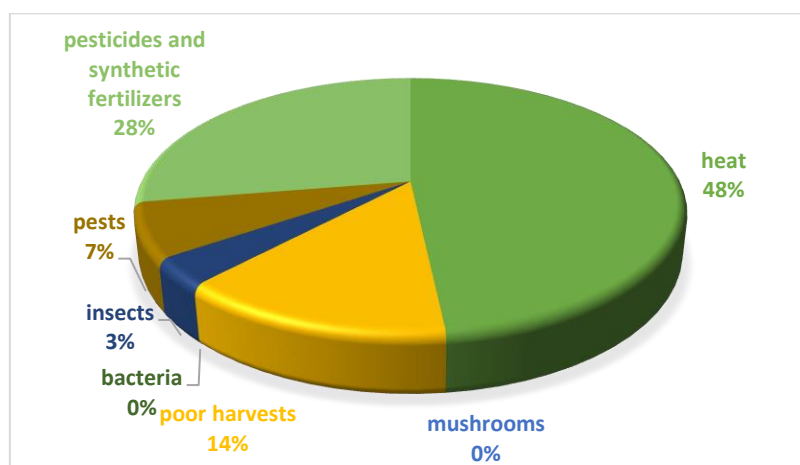


Fig. 8. Causes of yam rot according to traders interviewed

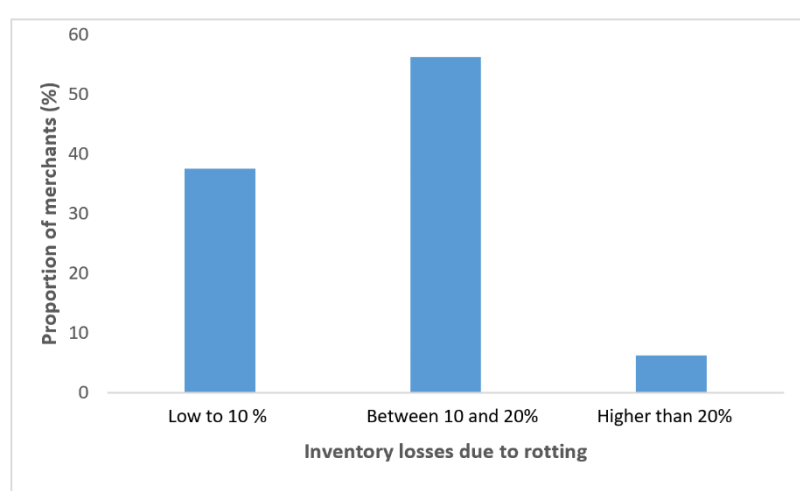


Fig. 9. Estimated losses due to yam rots according to traders interviewed

3.11 RATE OF USE OF YAM PRESERVATION TECHNIQUES BY TRADERS

The survey showed that 56.25% of traders used yam preservation techniques, compared to 43.75% who did not (Figure 10).

3.12 DIFFERENT TECHNIQUES OF YAM CONSERVATION BY TRADERS

Fifty-seven percent of the yam traders surveyed use ventilation as a technique to combat heat, which they believe is the main cause of yam rot (Figure 11). Thirty-eight percent of them use wall partitions to ventilate their rooms. Only 5% of the traders surveyed sprayed their stores with insecticides.

3.13 REGION OF ORIGIN OF YAMS SOLD BY TRADERS

Yam traders indicated that the regions of origin of the yams sold in their communes are Bondoukou, Bouna, Bouaké, Kouassikouassikro, Korhogo, Tanda and Agnibilékro. Among these areas, Bondoukou and Bouna are in the lead with 68.75% and 81.25% respectively. Next, the zones of Bouaké, Korhogo, Tanda and Agnibilékro came next with 50, 18.75, 12.5, 6.25, and 6.25 percent of yams sold, respectively (Figure 12).

3.14 LINK VARIETY OF YAM ROTS

Traders' responses on the relationship between yam rot types and variety are recorded in Figure 13. Nearly 70% believe that rots are related to yam variety, compared to 30% who believe the opposite.

3.15 LINK BETWEEN ZONES OF ORIGIN AND YAM ROT FREQUENCY

Figure 14 presents traders' estimates of yam rots in relation to areas of origin. They estimate that 40% of yams from Bouna have more rot, compared to 20% for Bondoukou, Bouaké and Kouassikouassikro.

3.16 TRADERS' EXPECTATIONS OF RESEARCHERS

The expectations of traders from researchers regarding yam rot control are shown in Figure 15. 50% of traders felt that they did not expect anything from researchers on this issue. A total of 26.66% wanted yam producers to use pesticides and synthetic fertilizers in their plantations in a rational manner. Only 23.33% of them felt that they were waiting for a product to be developed to treat yam rots in their stores.

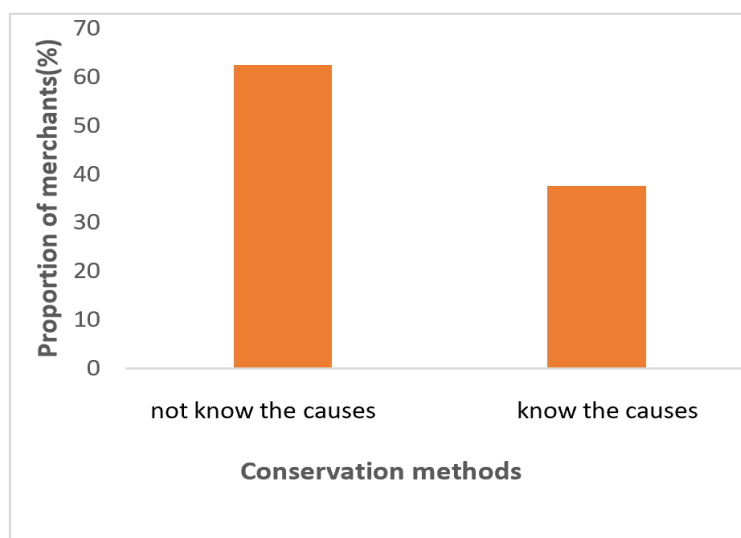


Fig. 10. Proportion of traders using or not using techniques during yam storage

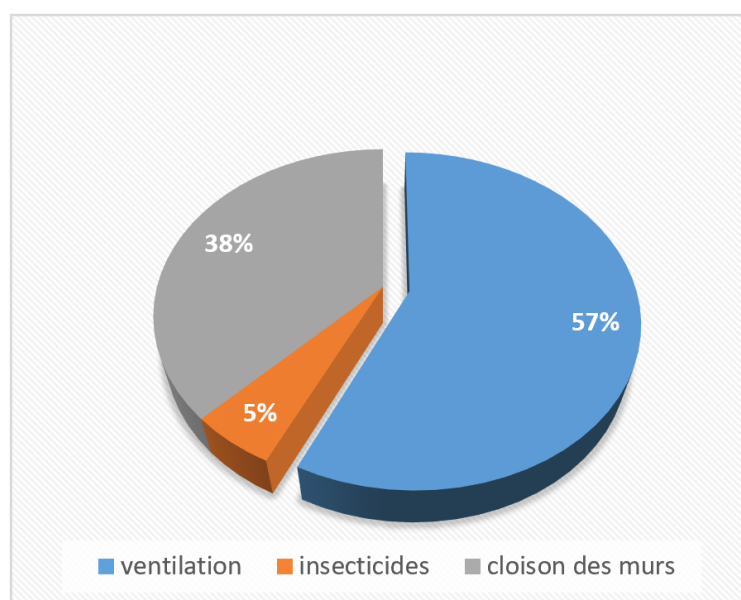


Fig. 11. Different techniques used by traders to preserve yams

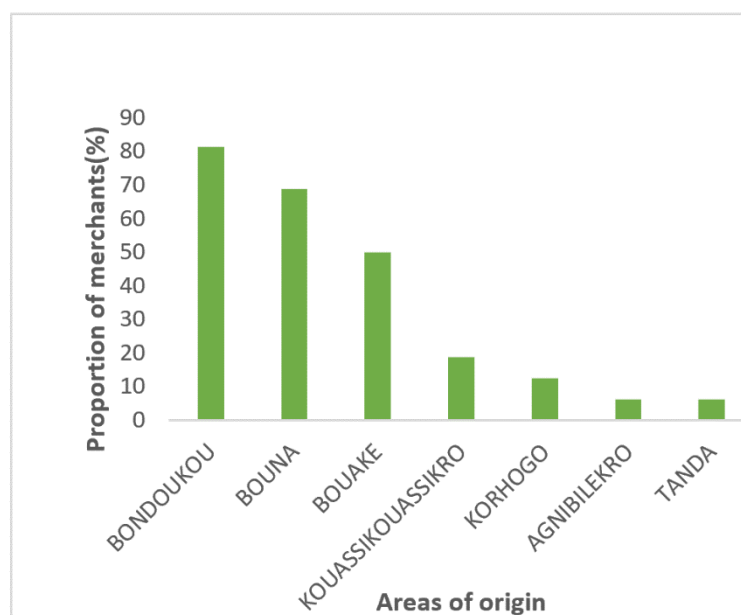


Fig. 12. Area of origin of yams sold by traders in the markets of Treichville, Marcory, Koumassi and Port-Bouët

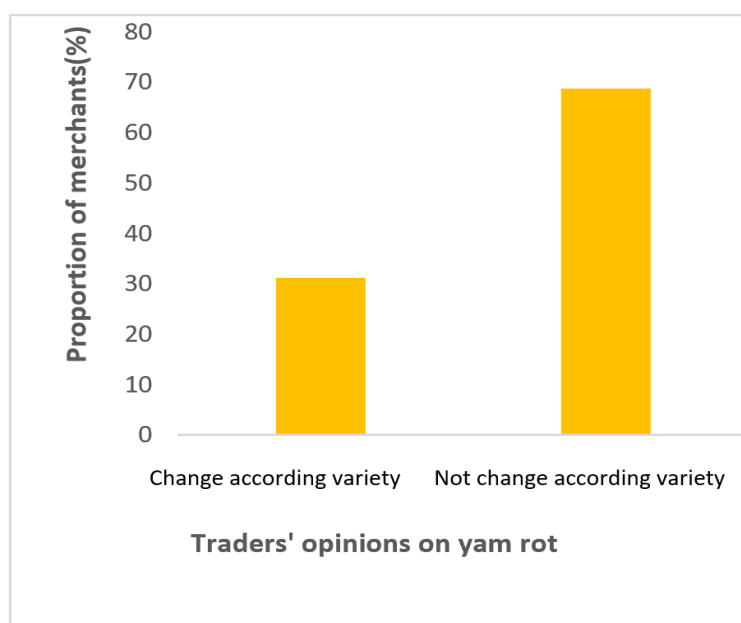


Fig. 13. Link between yam varieties and types of rots according to traders

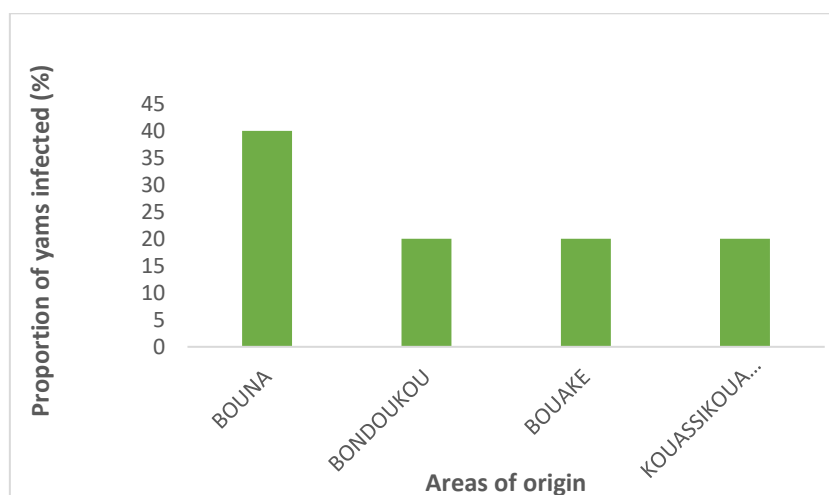


Fig. 14. Areas with the most infected yams according to traders

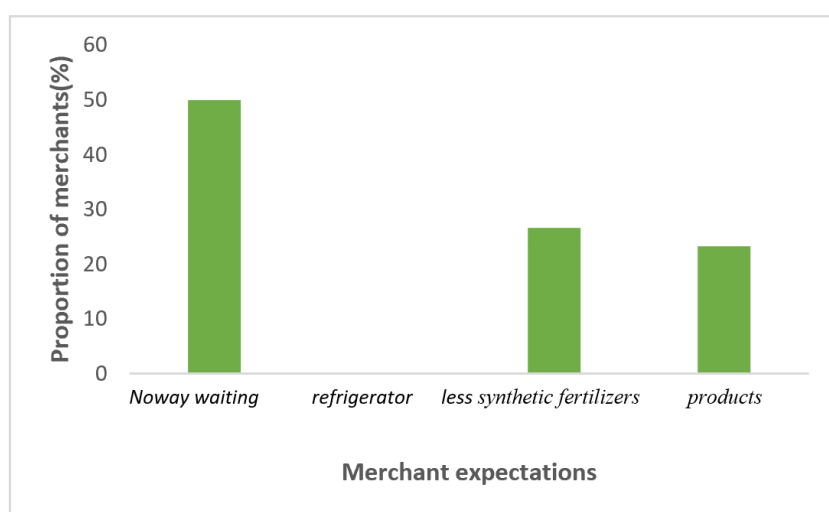


Fig. 15. Expectations of yam traders towards researchers

3.17 EDUCATION LEVELS OF TRADERS

The surveys provided information on the educational level of yam traders (Figure 16). There is a diversity of educational levels among traders (ddl = 3) (Table II). The most common level of education is illiterate with a frequency of 45%, followed by secondary education (37%). Those with a higher level of education represent 13%. The lowest frequency is observed among traders who have a primary level (6%).

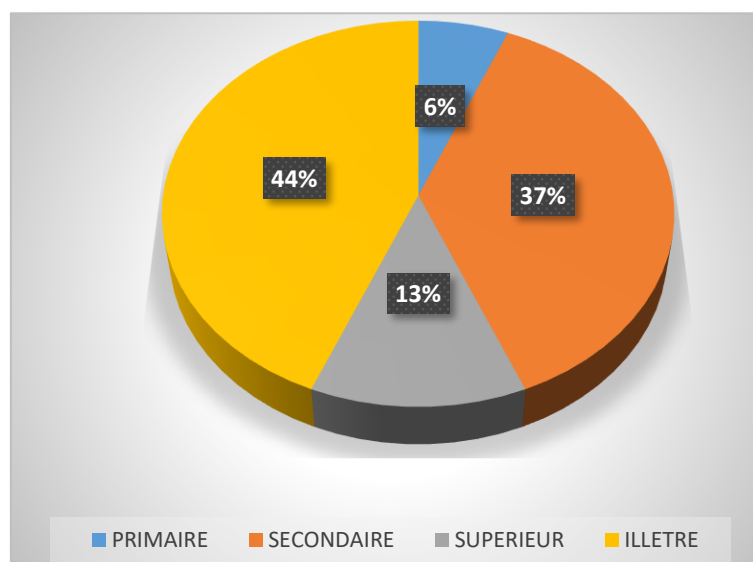


Fig. 16. Education levels of yam traders in Treichville, Marcory, Koumassi and Port-Bouët

Table 2. Distribution of yam traders by education level (N=16)

Level	Workforce	Confidence interval
PRIMARY	1	[-0,1875; 0,3125]
SECONDARY	6	[0,125; 0,625]
SUPERIOR	2	[-0,125; 0,375]
ILLETRATE	7	[0,1875; 0,6875]
Total	16	

4 DISCUSSION

This study showed that the yam varieties most sold in the communes of Treichville, Marcory, Koumassi and Port-Bouët are Kponan, Assawa white and yellow, Krenglè, Bètè Bètè and Florido, compared to the varieties Fassadjô, Bana, Ya assawa, Trèla, Dindin, Korodougou and Abéka. According to traders, the latter are generally sold in small quantities and are not known by most consumers. Kponan is the most marketed variety because it is highly appreciated in all its culinary forms by consumers [11].

Almost all traders report difficulties in preserving yams. This is due to the fact that most traders, even those who think they know, do not know the real causes of yam rot. Heat was mentioned by all traders as the main cause of rot, with pesticides and fertilizers coming in second place, followed by poor harvesting. No trader mentioned microorganisms (fungi and bacteria) as a cause.

The vast majority of traders believe that rots are related to the variety. Opinions on which varieties are more resistant or susceptible vary from one trader to another. While some believe that Bètè Bètè rots very quickly, others maintain that this variety keeps well and for a long time. This second opinion is shared by the work of [12]. Florido was described by the majority of traders as resistant, and therefore keeps better. [13] noted that the Florido variety occupied a more important place on the market than Bètè bètè. As for Krenglè, more than a third of traders said that it is the most resistant but does not withstand dehydration. The Kponan and Assawa varieties were cited as the most sensitive because of their high water content. According to these traders, the yellow Assawa keeps better than the white. As for the Lokpa variety, all traders suggested that the Baule use this name to designate either Kponan or Assawa. This may be explained by the fact that the term Lokpa often encompasses all early two-harvest varieties [12].

The minimum storage time of yams is variously appreciated among traders. For some of them, symptoms of rot are observed even during the reception of the stocks. This is undoubtedly due to injuries during harvesting, poor handling during transport, and the synthetic pesticides and fertilizers used by producers, as mentioned by traders as the cause of rotting. In addition, the high water content of the tubers, associated with the injuries they suffer at harvest or afterwards, expose them to microorganisms [12]. Women traders who receive yams from the village estimate that some resistant varieties can be stored for three months.

Some traders believe that if storage conditions are well controlled, yams can last two weeks to a month before showing the first signs of rot. These conditions include aeration of the store, low humidity, and isolation of already affected tubers. This opinion is also shared by [12] according to whom, the modification and adaptation of traditional techniques have shown their potential to reduce qualitative and quantitative losses during yam storage. According to [14], forced ventilation could significantly reduce fresh material losses, even when applied to traditional storage. After 44 weeks of storage, losses on racks or in shaded enclosures were 90%, whereas with continuous or intermittent forced ventilation they were only 18.5% and 15.7%. The latter method may be of interest to wholesalers who have access to electricity. Soft rot is the most common method mentioned by traders. According to them, since the advent of fertilizers, dry rots are very rare. Similar observations were also made by [15] on *Dioscorea alata* var. Bètè-bètè and *Dioscorea cayenensis-rotundata* variety Krenglè in two markets in the District of Abidjan (in the communes of Adjamé and Abobo). The rots observed by these authors on the tubers were mostly soft. The rots do not have a fixed area of predilection in yam tubers. All parts are exposed and rots only appear on tubers that have been injured during harvesting and/or transport. However, about 30% of traders said that rots start at the "head" of the yam. The latter view is supported by a report by [16] that the "head" region of the tuber is more susceptible to rot than the middle and terminal (tail) regions. Most traders lose 10-20% of their stock during storage while 6.25% lose more than 20% due to rots. This was confirmed by [17] who stated that fungal rots cause the greatest storage losses. Also, it is known that yam, as well as other roots and tubers such as cassava and taro, suffer high post-harvest losses fluctuating between 25 and 60% [18], [19], [20]. According to [9], post-harvest rots of yam tubers are estimated at about 20-30% in Ivory Coast.

As for the techniques used during storage, 56% of traders use them. Among these techniques, ventilation (57%) and wall partitions (38%) are used to control heat, as pathogenic fungi of yam tubers thrive at high relative humidity and temperatures between 25 and 30°C [6]. Only 5% of traders use insecticides in the stores. The low proportion is explained by the fact that most traders think that nothing can be done about yam rots. Also, they are unaware of the real causes of rots, as 44% are illiterate.

Bondoukou, Bouna and Bouaké are the main cities of origin of yams with 81.68 and 50% of traders respectively. [21] stated that the Centre-East region represents one of the most important yam production basins in Côte d'Ivoire. It includes the pre-forest savannah zone and the Sudan savannah zone immediately adjacent to the mesophilic forest. Bouna is designated by 40% of traders as the area with the most infected yams. This could be explained by the long distance to the marketing areas. The two main varieties currently found on the market have the following prices per kilogram: 350-400 F CFA for Kponan and 250-300 F CFA for Assawa. This difference is explained by the fact that Kponan is more appreciated in all its culinary forms by consumers than Assawa [11].

Half of the traders admitted that they were not expecting any solutions to the difficulties they encounter in preserving yams. This is because, according to them, yam is a perishable commodity and nothing can stop it from rotting. Twenty-six percent (26%) of traders wanted producers to use fewer pesticides and fertilizers in the field to reduce the fragility of yams and reduce losses. About 24% expect that a product will eventually be made available to them to control rots. These traders are probably the ones who know the real causes of the difficulties they face.

5 CONCLUSION

This study provided a profile of yam traders in the communes of Treichville, Marcory, Koumassi and Port-Bouët and the difficulties they encounter when storing yams. The major difficulty mentioned concerns rotting during storage. The work carried out in this study is far from exhaustive and could lead us to carry out other in-depth research, including: isolating and identifying to species level the different fungi associated with these rots; developing control methods against these fungi; and evaluating the incidence of pathogens.

REFERENCES

- [1] M. Demont, A. Houedjoklounon, J. Houhouigan, A. Mabyao, G. Orkwor, J. Tessens, E. Tollens, M. Touré, Etude comparative des systèmes de commercialisation d'igname en Côte d'Ivoire, au Bénin et au Nigéria, Katholieke Universiteit heuven working paper, n°79, p20, 2003.
- [2] MINAGRA (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales) Annuaire des statistiques Agricoles, Côte d'Ivoire: 23 p, 1991.
- [3] T. Babaleye, An important success story of the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) which has existed in Nigeria since its inception 36 years ago, is that of raising the status of the yam, a major food crop in West Africa. ANB-BIA SUPPLEMENT ISSUE/EDITION. n° 463, 3p, 2003.
- [4] FAO. 2013. <http://www.fao.org>, Consulté le 16 février 2020.
- [5] K. Sylla, Yam production and socio-economic environment. Agronomie Africaine, 4: 177-185, 2003.

- [6] T. Ikotun, Pourriture microbienne post-récolte des tubercules d'igname au Nigeria. *Fitopatologia Brasileira*, 8: 1-7, 1983.
- [7] A. Tschannen, Controlling postharvest losses of yam (*Dioscorea* spp.) by application of gibberillic acid. Dissertation n°14942, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, 138 p, 2003.
- [8] FAO. 1988. Les cultures de racines et tubercules, les plantains et les bananes dans les pays en développement. Challenges and opportunities. Document de la FAO sur la production et la protection des plantes, n° 87 Anonyme Rome, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- [9] P. Vernier & N. Bricas, Perspectives for the yam sector: the Cossette system removes several constraints. *Bulletin du Réseau Technologie et Partenariat en Agroalimentaire* 18: 8-12, 2000.
- [10] M.O. Otusanya & M.J. Jeger, Effect of *Aspergillus niger* on shoot emergence and vine development in fieldsown yams (*Dioscorea* spp.) and rot development under long-term storage conditions. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38: 89-100, 1996.
- [11] C. Nindjin, Study of the sensory qualities of *Dioscorea alata* yam tubers in conservation. Diplôme d'Etudes approfondies (D.E.A.), Department of Biochemistry, National University of Côte d'Ivoire 50 p, 1994.
- [12] O. Girardin, Technologie après récolte de l'igname: étude de l'amélioration du stockage traditionnel en Côte d'Ivoire. Thèse n° 11710. Ecole Polytechnique Fédérale de Zürich, Suisse 136p, 1996.
- [13] S. Doumbia, The adaptation of producers to the demands of commercial demand: The case of yam in Côte d'Ivoire. In: Griffon M, ed. *Économie des filières en régions chaudes-Formation des prix et changes agricoles* Montpellier, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) P29, 1990.
- [14] O. Mozie, Effect of air flow on weight losses and sprouting of white yam tubers (*Dioscorea rotundata* Poir) stored in the conventional barn. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter*, 12 and 13: 32-37, 1982.
- [15] K.P. Assiri, A.H. Diallo & S. Aké, Evaluation of the antifungal potential of palm wine against fungi causing yam tuber rots (*Dioscorea* spp.) during field storage. *Journal of Applied Biosciences*, 29: 1753-1765, 2010.
- [16] D.G. Coursey, *Yams*. Longmans London, 230 pp, 1967.
- [17] M.O. Otusanya & M.J. Jeger, Effect of *Aspergillus niger* on shoot emergence and vine development in fieldsown yams (*Dioscorea* spp.) and rot development under long-term storage conditions. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38: 89-100, 1996.
- [18] D.G. Coursey & R.H. Booth Post-harvest problems of non-grain staples. *Acta Horticulturae*, 53, 23-33, 1977.
- [19] P.A. Lancaster & D.G. Coursey Traditional post-harvest technology of perishable tropical staples. FAO, Rome. 74 p, 1984.
- [20] J.J. Asiedu, *Yams. Processing and physical / chemical properties of tropical products*. Anonymous pp.379-398, 1986.
- [21] J. Miège, The economic importance of yams in Côte d'Ivoire. Distribution of crops and main varieties. *Rev Int Bot Appl*, 353-354, 144-155, 1952.

Étude comparative sur la qualité de l'eau produite aux usines de la REGIDESO du centre de Kolwezi à celle distribuée aux abonnés: Cas du quartier Mununka dans la commune de Manika, Ville de Kolwezi, RD Congo

[Comparative study on the quality of the water produced at REGIDESO factories in the center of Kolwezi with that distributed to customers: Case of the Mununka district in the commune of Manika, City of Kolwezi, DR Congo]

Patrick Mbweb Katshil¹, Nissi Nansong Yav², and Jean Luc Kashala¹

¹Commissariat Général à l'Energie Atomique, Ministère de la Recherche Scientifique - Lubumbashi, RD Congo

²Institut Supérieur des Techniques Appliquées ISTA, Kolwezi, RD Congo

Copyright © 2021 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: Water, a simple molecule which is essential for the life and development of the population. The distribution of this drinking water of good sanitary quality and the maintenance of the quality during its distribution is a permanent concern of REGIDESO (Water Distribution Authority). The quality aspect deserves special attention in terms of microbiological and physicochemical balance. The water from the Regideso; distributed in the town of Kolwezi to part of the population may have a poorer quality at the outlet of the tap compared to that produced in factories because of the dilapidated drinking water distribution network in the town. Thus our study will focus on the knowledge of the microbiological quality (mesophilic aerobic flora, total coliforms, *Escherichia coli*, salmonella and shigella, faecal streptococcus, clostridium perfringens) and physicochemical (pH, turbidity, residual chlorine, etc.) of the water, flowing from the Regideso tap. To do this, a research method and technique based on experimentation as well as documentation in order to compare the results obtained in the laboratory according to international standards for the quality of water intended for human consumption and carried out by the tests of 'guidelines for evaluating the final quality of water intended for human consumption. After the orientation tests focused on physico-chemical analyzes only. We carried out microbiological analyzes to identify pathogenic germs in the water of the factories as well as at the level of the distribution network for the proper assessment of the quality of the latter. After analysis, we found the following:

- The physico-chemical analyzes of the water taken at the outlet of the treatment plants show values below the limits of the standards published in 2011 by the WHO;
- A deterioration in the quality of the water caused by the obsolescence (piping pierced in certain places and corrosion of the piping) of the distribution network at certain sampling points; this situation is observed in the MUNUNKA district located in the commune of MANIKA. The degradation influences the turbidity of the water drawn from the taps as well as the reduction in the concentration of the residual chlorine level (i.e. 12.40 NTU against the WHO standard: 0-5 NTU and 0.1 mg / l of Chlorine against the WHO standard: 0.2 - 1mg / l);
- And finally, the microbiological analysis shows that there is an absence of all the pathogenic germs sought except in raw water which has an excess of aerobic mesophilic flora (ie 591 CFU / 100ml against the WHO standard: < 100 ml). To maintain good water quality, REGIDESO will need substantial resources to rebuild its distribution network without forgetting the renewal of equipment.

KEYWORDS: Degradation, quality, water, network, distribution, center, RÉGIDESO, Kolwezi.

RESUME: L'eau, molécule simple qui est indispensable à la vie ainsi qu'au développement de la population. La distribution de cette eau potable de bonne qualité sanitaire et le maintien de la qualité au cours de sa distribution est une préoccupation permanente de la REGIDESO (Régie de Distribution d'Eau). L'aspect qualité mérite une attention particulière en termes d'équilibre microbiologique et physico-chimique.

L'eau de la Regideso; distribuée sur la ville de Kolwezi à une partie de la population peut avoir une qualité moins bonne à la sortie du robinet par rapport à celle produite aux usines à cause de la vétusté du réseau de distribution d'eau potable dans la ville.

Ainsi notre étude portera sur la connaissance de la qualité microbiologique (flore aérobie mésophile, coliforme totaux, *Escherichia coli*, salmonella et shigella, streptocoque fécaux, clostridium perfringens) et physico-chimique (pH, turbidité, chlore résiduel...etc.) de l'eau, qui coule au robinet de la Regideso. Pour bien ce faire une méthode et technique de recherche basée sur l'expérimentation ainsi que la documentation en vue de comparer les résultats obtenus au laboratoire suivant les normes internationales en matière de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et procédé par les essais d'orientations en vue d'évaluer la qualité finale de l'eau destinée à la consommation humaine. Après les essais d'orientations focalisées sur les analyses physico-chimiques seulement. Nous avons effectué les analyses microbiologiques pour identifier les germes pathogènes dans les eaux des usines ainsi qu'au niveau du réseau de distribution pour la bonne évaluation de la qualité de cette dernière.

Après analyse, nous avons constaté ce qui suit:

Les analyses physico-chimiques des eaux prélevées à la sortie des usines de traitement présentent des valeurs inférieures aux limites des normes éditées en 2011 par l'OMS;

Une dégradation de la qualité de l'eau causée par la vétusté (tuyauterie percées à certain endroit et corrosion de la tuyauterie) du réseau de distribution sur certains points de prélèvement; cette situation est observée dans le quartier MUNUNKA situé dans la commune de MANIKA. La dégradation influe sur la turbidité de l'eau puisée aux robinets ainsi qu'à la diminution de la concentration du taux de Chlore résiduel (soit 12,40 NTU contre la norme OMS: 0-5 NTU et 0,1 mg/l de Chlore contre la norme OMS: 0,2 – 1mg/l);

Et enfin, les analyse microbiologiques montre qu'il y a absence de tous les germes pathogènes recherchés à part dans les eaux brutes qui présentent un excès des flores aérobies mésophiles (soit 591 UFC/100ml contre la norme OMS: < 100 ml).

Pour maintenir la bonne qualité de l'eau, la REGIDESO aura besoin des moyens conséquents pour refaire son réseau de distribution sans oublier le renouvellement des équipements.

MOTS-CLEFS: Dégradation, qualité, eau, réseau, distribution, centre, RÉGIDESO, Kolwezi.

1 INTRODUCTION

Dans la mesure où l'être humain a un besoin vital de consommer chaque jour un peu d'eau pour sa soif, dans la mesure où la plupart de ses activités économiques, sociales et culturelles utilisent celle-ci en quantité et qualité appropriées, les populations se sont toujours installées et développées là où elles pouvaient avoir aisément accès à cette précieuse ressource, près d'une rivière ou d'un lac, de source ou de puits ou encore au bord de mer.

L'eau est aussi indispensable à la nature qu'aux hommes; sans elle, point de vie possible pour la faune, la flore et les écosystèmes. Les hommes n'ont pas cessé de réaliser des aménagements hydrauliques, plus au moins importants, destiné à améliorer leurs conditions de vie et à illustrer leurs formes de culture et de civilisation. Pour ce faire, ils n'ont jamais hésité à mobiliser des grands moyens, humains et financiers, en faisant appel aux meilleurs capacités techniques disponibles de leur temps) académie eau org/ eau arts et civilisation 85 juin 2021; 09H56)

Les hommes ont mis en œuvre un système de distribution d'eau pour vaincre la distance qui les séparent de leurs ressources et ont mis en place des techniques pour l'améliorer la qualité de l'eau en vue d'épargner la population des certains germes pathogènes responsable des maladies (*Sanks, R.C., 1987*) et (*C.BECK et D. Cassard, 2002*). L'objectif ne pas tout simplement de produire une eau potable en quantité suffisante; mais d'assurer également le maintien de la qualité de cette dernière au cours de sa distribution dans le souci de préserver la sante publique; et cela est en fait la préoccupation majeure et permanente de la REGIDESO Centre de Kolwezi (Régie de Distribution d'eaux).

A cet effet, notre travail consiste à faire une « *étude comparative sur la qualité de l'eau produite aux usines de la REGIDESO Centre de Kolwezi à celle distribuée aux abonnés (Cas du quartier Mununka dans la commune de Manika)* ».

Hormis, l'introduction et la conclusion, notre travail est constitué de deux grandes parties qui sont: la référence ainsi que l'expérimentation.

Dans les généralités sur l'eau, nous avons montré comment l'eau se présente dans la nature selon (*Brown E., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D., et Wright J., 1997; Sewater; 1997*). La dégradation de la qualité de cette dernière lorsqu'elle est dans les réseaux de distribution sans oublier l'état de lieu des installations de la REGIDESO (Régie de Distribution d'eaux) qui sont en mauvais état; ce qui contribuerait sur la dégradation de la qualité de l'eau après traitement et distribution (*BERNE.F et COORDONNIER J.; 1991*).

Quant à l'obtention d'une eau de bonne qualité destinée à la consommation humaine, nous avons remarqué que, pour la (eau) produire suivant les normes de l'OMS (*ISO (2006) Norme ISO 5667-1 et (ISO (2006) Norme ISO 5667-5*), nous devons procéder par plusieurs étapes de traitement de cette eau en vue de se débarrasser des germes pathogènes et de diminuer de certains métaux ou non métaux en présence (*COULAIS J.M, 2002*), (*Henri Roque, 1990*), (*DEGREMONT, 2005*), (*C.Haslay, et H. Leclerc, 1993*)

2 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

2.1 MATÉRIELS ET PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

L'étude expérimentale consiste à faire des tests d'orientations sur les analyses physico-chimiques des eaux prélevées pendant 2 mois; puis de déterminer les paramètres pouvant nous permettre d'affirmer le niveau de la qualité microbiologique ainsi que les autres aspects physico-chimiques qui n'ont pas été évalués lors des tests d'orientations pour l'eau brute, traitée aux usines ainsi que celles puisées au robinet issue du réseau de distribution du quartier MUNUNKA/Commune MANIKA.

2.2 MODE DE PRÉLÈVEMENT

Dans tous les prélèvements, les procédures suivantes ont été respectées: Les échantillons ont été prélevés dans des bidons neufs de 5 litres puis transvasés dans des bouteilles neuves de 1 litre pour les analyses physico-chimiques et de 50 centilitres pour les analyses microbiologiques.

En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à un débit maximum de 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen de 2 minutes. Les bouteilles sont rincées 3 fois avec l'eau à analyser (eau brute, eau traitée des usines, eau de robinet issue du réseau des distributions de la cité MANIKA) puis remplies et fermées hermétiquement sans laisser des bulles d'air. Une fois le prélèvement terminé, les bouteilles sont étiquetées. Le pH et la température de l'eau ont été mesurés sur le lieu d'échantillonnage.

Les références que contiennent les étiquettes sont les suivantes:

- L'origine de l'eau;
- L'heure et la date de prélèvement.

Le transport et la conservation des échantillons sont assurés dans une glacière de 20 litres à une température de 4°C.

2.3 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

Les analyses physico-chimiques des eaux ont été réalisées au sein des usines de traitement des eaux de la REGIDESO centre Kolwezi. Qui nous a permis d'effectuer les analyses physico-chimiques ainsi que la prise des mesures du PH, de la température, la turbidité et chlore résiduel.

2.3.1 MESURE DU PH ET DE LA TEMPÉRATURE

Le pH et température sont mesurés à l'aide d'un appareil multi paramètre muni d'une électrode qui mesure le pH et un thermomètre qui détermine la température de l'eau.

❖ Matériels

- Un bécher da 100 ml
- Un appareil multi-paramètre muni d'une électrode qui mesure le pH et un thermomètre qui détermine la température de l'eau.

❖ **Mode opératoire**

- Nettoyer le bécher avec de l'eau à analyser
- Mettre de l'eau à analyser dans le bécher pour l'analyser
- Allumer et tarer l'appareil
- Plonger les deux électrodes dans le bécher
- Passer par la lecture de valeur indiquée par l'appareil après que cette dernière se stabilise.
- Interprétation des résultats obtenus.

2.3.2 MESURE DE LA TURBIDITÉ

La turbidité est mesurée par un appareil appelé turbidimètre qui étalonne d'avance à quatre points «0,02, 10, 100 et 1000 NTU ». C'est un indice apparent qui montre que l'eau contient des matières en suspension (débris organiques, argiles, organismes microscopiques ...etc.)

❖ **Mode opératoire**

- Enlever le couvercle de protection du turbidimètre
- Enlever et rincer le flacon en verre de 10 ml.
- Mettre l'eau à analyser dans le flacon
- Essuyer soigneusement le flacon en verre à l'aide du papier absorbant.
- Introduire le flacon dans la chambre cubique de l'appareil.
- Fermer le couvercle de l'appareil très vite
- Allumer et tarer l'appareil
- La lecture se fait sur l'appareil.
- Interprétation des résultats.

2.3.3 MESURE DU CHLORE RÉSIDUEL

Le chlore résiduel est mesuré à l'aide d'un appareil appelé comparateur de chlore et d'un tube à essais de 10 ml. Nous utilisons comme réactif le Diéthylpara-Phénylène Diamine (DPD).

❖ **Mode opératoire**

- Rincer le tube à essais avec l'eau à analyser;
- Mettre de l'eau à analyser dans le tube à essais jusqu'à un volume de 10 ml;
- Mettre un comprimé de DPD dans le tube à essais contenant l'eau à analyser;
- Observer la coloration de l'eau
- Comparer la coloration comme l'indique l'image en lisant la valeur.

2.4 ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX

L'ensemble de ces analyses bactériologiques sont effectuées au niveau du centre de recherche agro-alimentaire (CRAA) dans le laboratoire de microbiologie.

Les analyses effectuées sont basées sur la recherche et le dénombrement des coliformes suivants:

- Flore aérobie mésophile;
- Coliformes totaux;
- Coliformes fécaux;
- Eschérichia coli;
- Salmonella et Shigella;
- Streptocoque fécaux;
- Clostridium perfringens.

Identification de la flore aérobie mésophile

La flore aérobie mésophile total donne le nombre de colonie se développant pendant 48h à 37°C ou 72 heures à 22°C sur le milieu de culture (appelé gélose) ensemencé avec 1ml d'eau.

Identification des coliformes totaux et fécaux

En premier lieu l'échantillon doit être filtré sur une membrane d'ester de cellulose de porosité de 0.45µ. Les coliformes fécaux sont identifiés en comptant les colonies sur les boîtes de pétries incubées à 44°C pendant 24h alors que les coliformes totaux sont identifiés en comptant les colonies sur les boîtes des pétries incubées à 37°C pendant 24h. Il faut signaler que l'incubation à 44°C constitue un test présomptif d'*Escherichia coli*.

Identification des streptocoques fécaux

Le test qui peut confirmer la présence des streptocoques fécaux, constitue à filtrer l'échantillon sur la membrane et faire l'incubation à 37°C pendant 24h à 48h. Après l'incubation, toutes les colonies sont de coloration rouge, rose ou noir et sont dénombrées puisque les streptocoques fécaux sont plus résistants que les coliformes fécaux. Leur détermination constitue une information supplémentaire concernant la contamination par des matières fécales.

Détermination des salmonella et shigella

La présence des salmonella et shigella dans l'eau est signe d'une contamination par les matières fécales. Leur détection est très importante car leur présence rendrait l'eau impropre à la consommation. La détermination de Salmonella et Shigella se fait en trois étapes et chaque incubation se fait à 37°C pendant 24h.

3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DES TESTS D'ORIENTATIONS SUR LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU ANALYSÉES.

Sur une période de deux mois (soit du 03 juillet au 03 août 2020 et du 21 septembre au 21 octobre 2020), 154 échantillons ont été prélevés dont 14 à l'usine et 140 dans le quartier MUNUNKA, dans la Commune Manika. Les 154 échantillons ont été analysés sur le site de la REGIDESO-Centre Kolwezi.

Tableau 1. *Présentation des résultats des tests d'orientations des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés aux usines de traitement de la REGIDESO-Centre Kolwezi*

Date	Type d'eau prélevée						
	Eau brute			Eau traitée à la sortie des usines			
	Paramètres mesurés						
	pH	T (°C)	turb (NTU)	pH	T (°C)	turb (NTU)	CLR (mg/l)
6-juil.-2020	7,23	21,5	9,29	7,36	22,6	2,7	0,4
9-juil.-2020	7,67	20,4	12,7	7,5	20,5	4,23	0,2
14-juil.-2020	7,27	25,5	5,15	7,35	25,6	3,39	0,6
21-juil.-2020	7,66	23,6	4,49	7,68	24,5	1,69	0,8
24-juil.-2020	7,63	20,4	4,02	7,74	20,5	3,74	0,7
28-juil.-2020	7,46	21,2	4,8	7,48	21,5	2,01	0,8
31-juil.-2020	7,08	21,4	3,03	7,76	21,6	1,49	0,8
3-août-2020	7,23	20,5	4,81	7,32	20,6	1,47	0,8
21-sept.-2020	7,49	23,8	7,09	7,39	24,01	2,06	0,7
25-sept.-2020	7,53	23,8	2,85	7,57	22,9	0,8	0,6
29-sept.-2020	7,8	24,7	3,68	7,75	24,9	2,64	0,3
3-oct.-2020	7,12	21,5	5,89	7,06	21,6	1,49	0,8
6-oct.-2020	7,48	24,6	3,64	7,64	24,7	1,09	0,4
9-oct.-2020	7,74	24,1	2,55	7,7	23,8	1,99	0,7

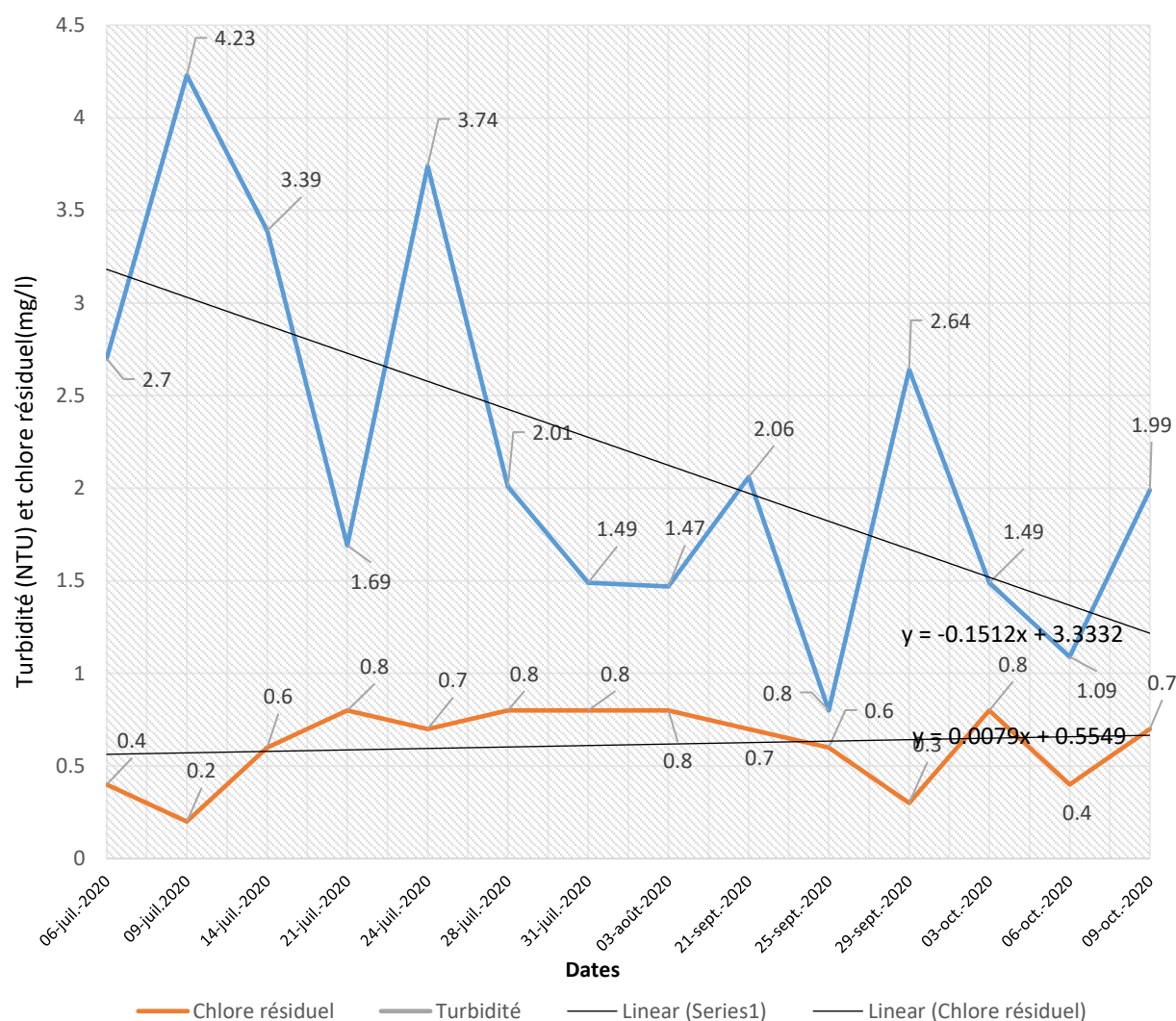


Fig. 1. La variation de la turbidité et du chlore résiduel des eaux traitées à la sortie des usines

Tableau 2. Présentation des résultats des tests d'orientations des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés au réseau de distribution sur l'axe MANIKA dans le quartier MUNUNKA

Date	ADRESSE	Eau traitée des robinets du quartier MUNUNKA			
		Paramètres mesurés			
		pH	T (°C)	turb (NTU)	CLR (mg/l)
6-juil.-2020	AV.MPOLO N°49	7,42	26,50	3,14	0,60
	AV. KALEMIE N°18	7,16	25,80	4,42	0,40
	AV. MANONO N°8	7,39	24,70	8,01	0,30
	AV. DE LA MISSION N°66	7,21	25,20	6,09	0,40
	AV. KINSHASA N°43	7,15	24,80	2,08	0,60
	AV.MUSONOI N°6	7,20	25,30	11,60	0,10
	AV. SANKURU N°39	7,44	25,00	1,80	0,70
	AV.LOMAMI N°18	7,36	25,60	7,97	0,20
	AV.MPOLO II N°20	7,25	24,10	3,90	0,60
	AV. KENYA N°16	7,18	25,20	5,25	0,40
09-juil.-2020	AV.KAFWANKUMBA N°40	7,43	25,30	4,40	0,40

	AV. KAMINA N°3	7,94	25,10	5,83	0,30
	AV. KABINDA N°20	8,08	24,70	9,92	0,20
	AV. KAPANGA N°14	7,97	25,40	4,63	0,40
	AV. MPOLO N°30	7,92	24,90	5,72	0,40
	AV. LUALANBA N°15	7,88	25,10	4,23	0,40
	AV. SANKURU N°5	7,99	24,50	3,88	0,60
	AV. KALEMIE N°3	7,80	25,60	4,14	0,60
	AV. MANONO N°12	7,95	25,30	5,29	0,40
	AV. KILASHI N°3	8,20	25,00	4,32	0,40
14-juil.-2020	AV. SANKURU N°1	7,60	24,20	3,04	0,20
	AV. KATANGA N°3	7,36	24,30	6,48	0,10
	AV. MPOLO N°47	7,20	24,60	2,56	0,60
	AV. LIKASI N°3	7,21	24,40	7,79	0,10
	AV. LOMAMI N°4	7,33	24,10	4,30	0,20
	AV. KALEMIE N°27	7,28	23,80	4,53	0,20
	AV. KASAI N°49	7,40	23,90	11,80	0,10
	AV. DE LA MISSION N°88	7,34	24,10	4,19	0,50
	AV. KABINDA N°18	7,12	23,70	19,70	0,10
	AV. MUSONOI N°10	7,27	24,10	3,44	0,60
21-juil.-2020	AV. FOYER N°6	7,48	23,80	4,86	0,40
	AV. MATADI N°52	7,39	24,20	3,12	0,80
	AV. KINSHASA N°6	7,47	23,90	3,28	0,70
	AV. BOMA N°1	7,49	24,20	1,86	0,80
	AV. LUBEFU N°20	7,42	23,80	6,35	0,30
	AV. KENYA N°5	7,38	24,10	7,91	0,30
	AV. DE LA MISSION N°71	7,40	24,30	5,08	0,40
	AV. KASONGO NYEMBO N°6	7,34	23,06	3,39	0,40
	AV. KABONGO N°10	7,36	23,90	20,60	0,10
	AV. TECHNIQUE N°29	7,30	23,80	1,72	0,80
24-juil.-2020	AV. KALEMIE N°11	7,56	21,90	9,49	0,50
	AV. TECHNIQUE N°29	7,34	22,00	9,15	0,60
	AV. BANANA N°3	7,24	23,20	3,87	0,70
	AV. OKITO N°11	7,35	22,30	5,39	0,70
	AV. MITWABA N°4	7,22	24,60	5,07	0,70
	AV. MPOLO N°30	7,28	22,20	4,91	0,60
	AV. DE LA VILLE N°8	7,35	21,90	7,19	0,10
	AV. LUSAMBO N°21	7,25	21,00	13,70	0,10
	AV. TABORA N°37	7,17	22,50	5,37	0,20
	AV. SAYO N°10	7,16	22,90	42,20	0,70
28-juil.-2020	AV. KIKWIT N°1	7,67	22,20	1,90	0,80
	AV. MPOLO N°31	7,44	22,70	3,50	0,80
	AV. TABORA N°8	7,66	22,40	5,98	0,60
	AV. TECHNIQUE II N°29	7,71	22,40	3,78	0,70
	AV. SAYO N°12	7,64	22,50	1,98	0,80
	AV. DE LA MISSION N°88	7,67	22,60	5,37	0,70
	AV. KINSHASA N°97	7,51	22,60	4,91	0,70
	AV. FOYER SOCIAL N°1	7,45	22,70	7,03	0,70
	AV. TSHOFA N°7	7,47	22,90	19,50	0,10
	AV. LIKASI N°49	8,19	22,70	6,40	0,70

31-juil.-2020	AV.MUNUNKA N°20	7,24	19,70	5,39	0,10
	AV.OKITO N°58	7,24	19,60	11,10	0,10
	AV. DE LA MISSION N°44	7,16	19,40	12,40	0,40
	AV. FOYER SOCIAL N°6	7,15	19,70	6,18	0,10
	AV. TECHNIQUE N°29	7,17	19,60	10,50	0,30
	AV. LIKASI N°49	7,24	19,90	8,17	0,70
	AV. MPOLO N°3	7,17	19,60	10,10	0,10
	AV. LUALABA N°24	7,24	19,50	7,04	0,80
	AV. KASENGA N°12	7,26	19,80	7,87	0,20
	AV. SANKURU N°23	7,19	19,40	9,41	0,70
3-août-2020	AV. KIKWIT N°25	7,28	23,50	2,11	0,60
	AV. LUALABA N°22	7,41	23,10	2,08	0,20
	AV. LIKASI N°780	7,33	23,90	3,90	0,70
	AV. KENYA N°13	7,15	22,10	7,20	0,40
	AV. LUSAMBO N°2	7,23	22,20	2,14	0,50
	AV. TABORA N°8	7,21	23,60	4,53	0,10
	AV. DE LA MISSION N°42	7,24	23,90	2,24	0,10
	AV. DU RAIL N°27	7,20	23,00	3,04	0,40
	AV. DE SPORT N°40	7,31	23,70	7,70	0,10
	AV. OKITO N°37	7,30	23,40	4,16	0,10
21-Sept.-2020	AV. KAPANGA N°14	7,37	24,40	2,86	0,70
	AV. LOMAMI N°18	7,24	23,90	3,60	0,30
	AV. LIKASI N°40	7,31	24,00	1,71	0,60
	AV. KASAI N°51	7,40	23,80	1,39	0,20
	AV. KABINDA N°18	7,29	24,20	1,74	0,30
	AV. KILASHI N°6	7,25	22,90	2,52	0,70
	AV. OKITO N°52	7,27	23,00	1,61	0,40
	AV. KALEMIE N°01	7,37	24,50	3,78	0,30
	AV. DE LA MISSION N°41	7,28	23,10	4,58	0,70
	AV. MPOLO N°21	7,45	22,30	2,08	0,20
25-Sept.-2020	AV. SAKANIA N°9	7,53	22,90	0,87	0,50
	AV. KASONGO NYEMBO N°6	7,60	23,20	1,80	0,70
	AV. MUNUNKA N°23	7,47	22,80	0,86	0,30
	AV. MANONO N°9	7,38	23,10	1,49	0,80
	AV. MPOLO N°30	7,37	24,00	2,17	0,80
	AV. MITWABA N°2	7,34	22,60	0,98	0,70
	AV. FOYER SOCIAL N°4	7,36	22,50	1,26	0,70
	AV. KENYA II N°16	7,28	22,40	3,15	0,20
	AV. KALEMIE N°38	7,79	22,80	2,52	0,30
	AV. KASENGA N°14	7,13	23,50	1,29	0,30
29-Sept.-2020	AV. LUBEFU N°12	7,58	24,50	1,51	0,40
	AV. TECHNIQUE II N°4	7,68	25,80	2,66	0,50
	AV. MPOLO II N°3	7,73	22,70	1,16	0,60
	AV. KENYA N°21	7,39	23,40	4,20	0,40
	AV. FOYER SOCIAL N°5	7,56	23,90	3,14	0,30
	AV.DE LA MISSION N°51	7,61	24,20	2,78	0,30
	AV.KANDAK N°2	7,74	25,30	4,95	0,50
	AV.TECHNIQUE I N°18	7,60	25,00	1,94	0,60

	AV.FOYER SOCIAL N°11	7,04	25,70	3,29	0,20
	AV. TECHNIQUE I N°31	7,62	24,10	5,37	0,60
03-octobre.-2020	AV. KASONGO NYEMBO N°23	7,13	23,50	2,14	0,50
	AV. MITWABA N°20	7,18	23,10	5,32	0,80
	AV. MANONO N°47	7,21	23,40	9,92	0,80
	AV. SANKURU N°23	7,30	23,10	4,25	0,10
	AV. FOYER SOCIAL N°14	7,07	23,80	3,77	0,70
	AV. KILASHI N°33	7,12	23,00	2,71	0,30
	AV. KASAI N°93	7,35	23,70	4,04	0,60
	AV. OKITO N°25	7,04	24,10	7,21	0,80
	AV. KAPANGA N°16	7,01	23,09	2,45	0,80
	AV. DU RAIL N°26	7,11	23,60	3,54	0,70
06-octobre.-2020	AV. DE LA MISSION N° 18	7,51	25,30	1,94	0,30
	AV. MUSONOÏ N°08	7,46	26,40	3,13	0,40
	AV. LOMAMI N°16	7,79	25,00	4,99	0,20
	AV. DE LA MISSION N°42	7,30	25,70	2,52	0,10
	AV. KALEMIE N°65	7,88	24,50	3,29	0,30
	AV. SANKURU N°43	7,19	24,30	4,98	0,40
	AV. TECHNIQUE N°24	7,24	24,10	5,37	0,30
	AV. DE LA VILLE N°5	7,53	26,60	1,76	0,10
	AV. MPOLO N°14	7,29	25,20	2,71	0,10
	AV. OKITO N°17	7,42	25,90	3,19	0,20
09-octobre.-2020	AV. KASENGA N°32	7,27	23,90	1,39	0,30
	AV. LUSAMBO N°15	7,59	23,70	0,59	0,60
	AV. DE SPORT N°01	7,44	24,20	0,44	0,70
	AV. MITWABA N°30	7,63	23,30	1,70	0,40
	AV. MPOLO N°70	7,98	23,80	5,48	0,60
	AV. MANONO N°2	7,47	22,70	2,00	0,70
	AV. KAFWAKUMBA N°20	7,58	22,60	6,86	0,40
	AV. KABINDA N°42	7,37	22,90	8,25	0,20
	AV. KAPANGA N°34	7,29	23,10	7,20	0,10
	AV. KIPANGA N°10	7,18	23,00	1,52	0,70

Tableau 3. Présentations des résultats des tests d'orientations sur les analyses physico-chimiques de l'eau des robinets

Paramètres analysés	UNITE	Eau des robinets du quartier MUNUNKA						Normes OMS
		AV. KASONGO NYEMBO N°23	AV. MITWABA N°20	AV. FOYER SOCIAL N°14	AV. OKITO N°25	AV. DU RAIL N°26	AV. MANONO N°47	
Couleur	Hazen	2	5	4	7	3	8	Max 5
Odeur	-							
Ph	-	7,13	7,18	7,07	7,04	7,11	7,21	6,5 - 8,5
Température	°C	23,5	23,1	23,8	24,1	23,6	23,4	< 25
Turbidité	NTU	2,14	5,32	3,77	12,40	3,54	9,92	< 5
Conductivité	µs/cm	224,4	294,0	270,6	326,8	249,7	361,50	≥200 et ≤1100
Alcalinité	mg/l CaCO3	196,3	218,5	168,1	264,7	173,6	27,8	200ppm
Chlore résiduel	mg/l	0,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,2-1

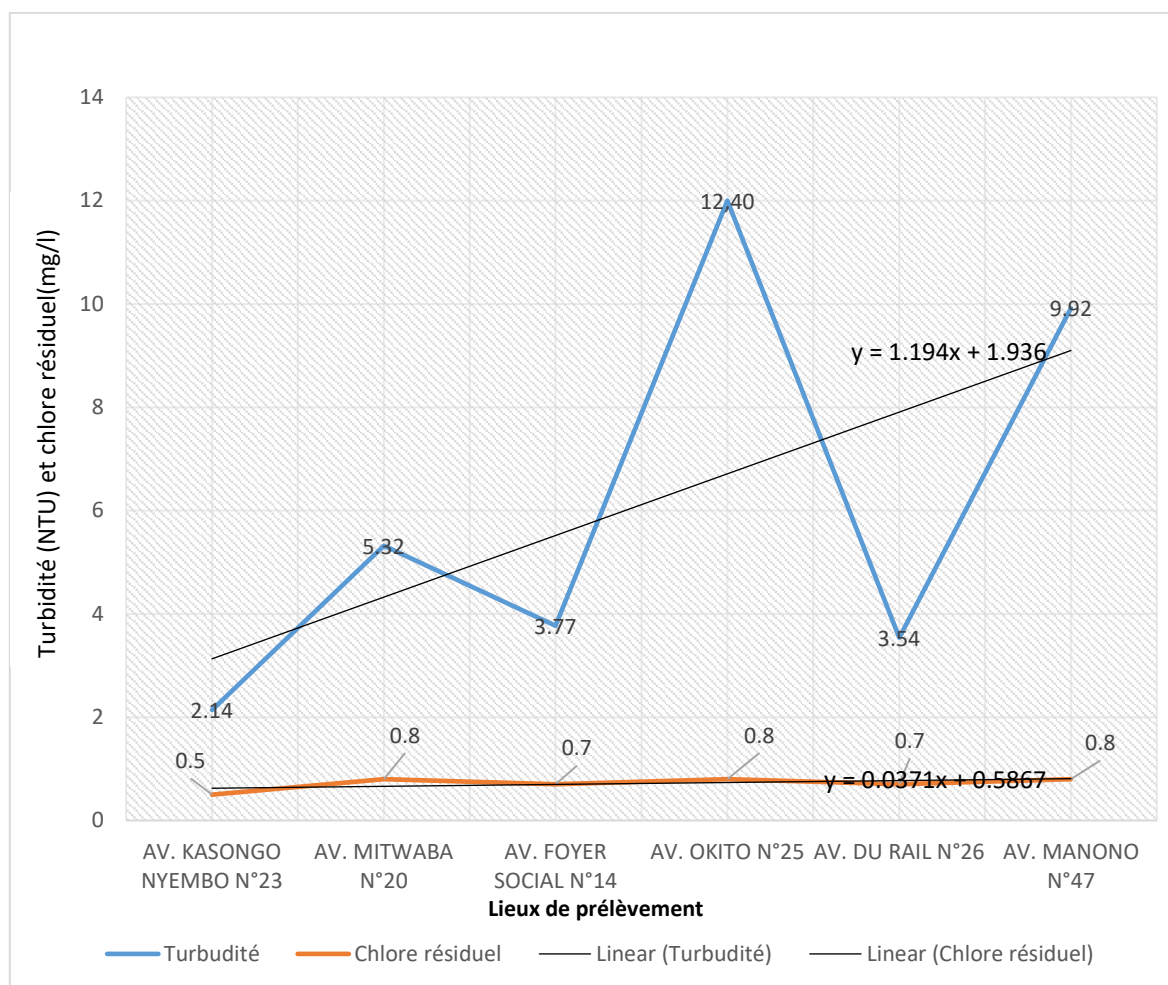


Fig. 2. Variation temporelle de la turbidité et du chlore résiduel en fonction des lieux de prélèvement d'échantillons d'eau

3.2 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES APRÈS TESTS D'ORIENTATION DE L'EAU (DEUXIÈME PHASE D'ANALYSE)

Le tableau 4. Présente les résultats des analyses physico-chimiques sur les échantillons prélevés à chaque point d'échantillonnage en se référant aux normes de l'OMS présentées dans la dernière colonne.

Tableau 4. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur (3) trois échantillons (eau brute, eau à la sortie des usines et eau traitée sur l'axe Manika)

Paramètre analysé		Type d'eau prélevée			Norme OMS
Type de paramètre	Unité	Eau brute	Eau à la sortie usine	Eau traité Axe Manika	
Goût	-	Insipide	Insipide	Insipide	Insipide
Couleur	Pt Co	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore
Odeur	-	Inodore	Inodore	Inodore	Inodore
Ph	-	7,41	7,45	7,13	6,5 - 8,5
Température	°C	25,1	25,6	22,7	< 25
Conductivité	μS/Cm	385,00	270,00	187,50	200-1100
Turbidité	NTU	4,40	2,35	12,40	0 – 5
Alcalinité total	mg/lCaCO3	270,00	271,00	197,50	200 ppm
Chlore résiduel	mg/l	-	1,14	0,1	0,2-1

Le tableau 5. Présente les résultats des analyses microbiologiques de prélèvements effectués à chaque point d'échantillonnage en se référant aux normes de l'OMS présentées dans la dernière colonne.

Tableau 5. Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur (3) trois échantillons

Germe recherchés	Unité	Type d'eau prélevée			Norme OMS
		Eau brute	Eau à la sortie usine	Eau traité Axe Manika	
Flore aérobie mésophile	UFC/100ml	591	0	0	< 100
Coliforme focaux	UFC/100ml	0	0	0	0
Escherichia Coli	UFC/100ml	0	0	0	0
Salmonella et Shigella	UFC/100ml	0	0	0	0
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	0	0	0	0
Clostridium perfringens	UFC/100ml	0	0	0	0

3.3 INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

3.3.1 INTERPRÉTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

- Les résultats des analyses d'orientations présentés dans les tableaux 1, 2 et 3 montrent que les paramètres tels que le pH, la température, le chlore résiduel trouvées sur l'eau de boisson que la **REGIDESO** centre Kolwezi distribue, admet pour la consommation (comparées aux normes de l'OMS) parce que, lorsque nous comparons aux normes de l'OMS, nous remarquons que, les valeurs trouvées sont inférieures par rapport à l'OMS. Mais le paramètre de la turbidité donne des valeurs largement supérieures à la norme de l'OMS à certains points d'échantillonnage pour l'eau prélevée sur l'axe Manika au quartier MUNUNKA; la grande valeur proviendrait d'infiltration des particules fines solides ainsi que des eaux usées domestiques riches en matières en suspension à travers les orifices des conduites perforées constatées sur certains points du réseau;
- Le tableau 4 présente, les mesures de la conductivité de l'eau brute ainsi que celle des usines effectuées après les tests d'orientations et montre que les valeurs sont supérieures à la norme de l'OMS (eau brute: 385,00µS/C, et l'eau sortie usine: 270 µS/Cm contre la norme OMS: 100 – 200). La turbidité et l'alcalinité de l'eau brute qui donnent des valeurs supérieures aux normes (soit 12,40 NTU contre la norme OMS: 0-5 NTU et 270,00 mg/lCaCO₃ contre la norme OMS: 200 ppm);
- Les deux droites linéaires à l'intérieures des courbes, de la figure 1 montrent l'allure générale de l'évolution de la turbidité et du chlore résiduaire à la sortie des usines; et à la figure 2, elles montrent l'allure générale de la turbidité ainsi que la concentration du chlore résiduaire chez certains abonnés du quartier MUNUKA.

3.3.2 INTERPRÉTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS DES PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES

- Les résultats présentés dans les tableaux 5 montrent que, le nombre de la Flore aérobie mésophile est plus élevée dans l'eau brute prélevée au niveau de l'usine de traitement de la REGIDESO, et exempte de tout autres germes recherchés hormis le cas énoncé ci-dessus. Après le traitement physique et chimique de cette eau, les résultats effectués sur les échantillons des eaux traitées et prélevées au niveau des usines et sur les réseaux de distribution de l'axe Manika au quartier MUNUNKA; montrent qu'il n'y a pas des germes recherchés.
- Et les analyses microbiologiques montrent qu'il y a absence de tous les germes pathogènes recherchés à part dans les eaux brutes qui présentent un excès de la flore aérobie mésophile (soit 591 UFC/100ml contre la norme OMS: < 100 UFC).

4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La qualité de l'eau produite au niveau des usines de traitement de la REGIDESO Centre de Kolwezi et celle distribuée au niveau des robinets des abonnés du quartier MANUNKA dans la commune de MANIKA ont fait l'objet de notre travail. A cet effet, Les résultats des analyses de notre travail présentent ce qui suit:

- L'eau que la REGIDESO distribue présente des valeurs normales après analyses physico-chimiques et microbiologiques; et montrent que ces dernières sont en-dessous des limites publiées dans la norme de l'OMS éditée 2011; telles que, nous l'avons présenté dans les tableaux 3;
- Les eaux brutes présentent des valeurs de la flore aérobie mésophile élevées (soit 591 UFC, par rapport à la norme de l'OMS: inférieure à 100 UFC) et la turbidité des eaux traitées du réseau de distribution sur l'axe MANIKA qui est de 12,40 NTU; cette dernière est supérieurs à l'intervalle comprise entre 0-5 NTU selon la norme de l'OMS;
- Le traitement des eaux se fait normalement sur le site de production; sauf que, les équipements sont vétustes et la tuyauterie du réseau de distribution pose quelques problèmes: tuyauterie Percée à certains points du réseau, l'eau qui stagne pendant beaucoup des jours corrode l'intérieure des conduites métalliques et est emportée par la nouvelle eau envoyée après coupure. Ce qui fait que, les habitants du quartier MUNUNKA ont de l'eau qui est trouble à la sortie de certains robinets lors de l'envoi de cette dernière après coupure. Donc, la REGIDESO a besoin des moyens conséquents pour le rétablissement de tous sont réseau de distribution;
- Au niveau de certains robinets du quartier MUNUNKA, dans la Commune de Manika, nous avons constaté une dégradation de la qualité de l'eau qui influence la variation de certains paramètres physico-chimiques, notamment la coloration; ce qui justifie une turbidité élevée dépassant les normes de l'OMS éditée en 2011;
- Nous avons constaté que, malgré cette dégradation sur les paramètres de la turbidité au niveau des robinets du quartier MUNUNKA; les paramètres microbiologiques sont restés intacts entre l'usine et l'eau au niveau des robinets du quartier MUNUNKA. Du point de vue microbiologique, l'eau est non contaminée.

En perspective, nous prions à la REGIDESO:

- D'adapter son flow-sheet de traitement des eaux en fonction des sites de captage qu'ils ont dans la ville pour distribuer cette dernière en permanence;
- D'avoir un bureau d'analyse qualité de contrôle de tous les paramètres liés à la production de l'eau;
- De faire le suivi de contrôle de la qualité de l'eau sur tout son réseau de distribution, c'est-à-dire faire beaucoup d'échantillonnages sur tout son réseau de distribution sans oublier au puits de captage et aux usines de traitement pour vérifier la variation des paramètres physico-chimiques, et autres. Nous signalons également, nous n'avons pas atteint un grand nombre d'échantillons dans la deuxième phase d'analyse, destinée aux analyses microbiologiques et physico-chimiques pour conclure définitivement, mais ces résultats trouvés, nous ont permis de comprendre certains problèmes que rencontre la REGIDESO.

REFERENCES

- [1] BERNE.F et COORDONNIER J., (1991), traitement des eaux, édition: TEC, P.6-14.
- [2] Brown E., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D., et Wright J., 1997; Sewater: Its composition, properties and behaviour, The open university, second edition.
- [3] C.BECK et D. Cassard, Ecole Internationale du Génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, 2002.
- [4] C.Haslay, et H. Leclerc, édition technique et Documentation, Lavoisier, 1993.
- [5] COULAIS J.M. (2002, Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Edition des Ateliers.
- [6] Degrément « Mémento technique de l'eau », première édition, (1952).
- [7] DEGREMONT, « Mémento technique de l'eau », Deuxième édition, Tome1 (2005) -39-50.
- [8] Encyclopédie. (2006), l'eau, édition Encarta.
- [9] Henri Roque, « Fondement théorique du traitement des eaux », Vol.I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990).
- [10] La Dégradation de la qualité de l'eau dans les Réseaux, Document technique FNDAE Hors serie, N°12, Ministère de l'Agriculture et Pêche.
- [11] MARSILY G., (1995). L'eau, édition: Flammarion, 128.
- [12] Mlle Fanny, Mémoire de DESS Biofilms et qualités biologiques de l'eau potable au cours de sa distribution, réalisé à l'Université de Picardie, 2001-2002.
- [13] Ramson B., Sheak. F, Burkett P.J, Benment R.H etBaurward R. (1998). Comparison of pelagic and nepheloid layer marine Snaw: Implications for carbon cycling Marine Geology 150 DESJARDINS (1990).
- [14] Raymond Desjardins, Editions de l'école Polytechnique de Montréal, 1998.
- [15] RODIER J. (2005), l'analyse de l'eau, Eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer, 8ème édition, Dunod, Paris.
- [16] RODIER J.et Al. (2009), l'analyse de l'eau,9ème édition Dunod, France, 1511P.
- [17] Sanks, R.C. Water treatment Plant Design for the PRATICING ENGINEER, Ann Arbor Science, USA, 1987.
- [18] Smethurst.G, Basic water treatment, Thomas Telford Ltd, London, 1979.

Informatisation du service de la police de circulation routière dans la ville de Kolwezi: Concepts et enjeux

[Computerization of the road traffic police service in the town of Kolwezi: Concepts and challenges]

Elam Kyungu Lukomba¹, Grâce Mwangal Kapend¹, Bertin Umba Nkulu¹, Trésor Chansa Kasongo², and Jean-Pierre Mutomb Kapend³

¹Département Informatique, Institut Supérieur de Statistique de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

²Département Informatique, Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kolwezi, Kolwezi, RD Congo

³Commissariat Général à l'Energie Atomique, Kolwezi, RD Congo

Copyright © 2021 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 approach to new information and communication technologies spares no area of life; road surveillance is one of the activities that requires special attention given the significant increase in the number of motor vehicles in circulation involving regular checks of on-board documents by elements of the traffic police.

In the context of the town of Kolwezi in the Democratic Republic of Congo where we observed numerous traffic jams caused by elements of the Road Traffic Police who, to identify the vehicles in order with the on-board documents, they must check for each vehicle stopped piece by piece, and this causes delays for the drivers in order who sometimes undergo the same check several times in a day at several checkpoints, to this is added the hassle during the check, which causes many incidents on the road. public highway.

Thus, through this study, we are proposing the computerization of the road traffic police service to solve the problems related to the control of on-board documents.

KEYWORDS: Control, vehicle document, surveillance, traffic jam, vehicle.

RESUME: L'approche des nouvelles technologies de l'information et de la communication n'épargne aucun domaine de la vie; la surveillance routière en est une des activités qui nécessitent une attention particulière vu, l'accroissement significatif du nombre des véhicules automobiles en circulation impliquant des contrôles réguliers des documents de bord par les éléments de la police de circulation routière.

Dans le contexte de la ville de Kolwezi en République Démocratique du Congo où nous avons constaté des nombreux embouteillages occasionnés par les éléments de la Police de Circulation Routière qui, pour identifier les véhicules en ordres avec les documents de bord, ils doivent vérifier pour chaque véhicule arrêté pièce par pièce, et cela cause des retards aux conducteurs en ordre qui subissent parfois le même contrôle plusieurs fois dans une journée sur plusieurs postes de contrôle, à cela s'ajoute la tracasserie lors du contrôle, ce qui cause beaucoup d'incidents sur la voie publique.

Ainsi, nous proposons à travers cette étude, l'informatisation du service de la police de circulation routière pour résoudre les problèmes liés au contrôle des documents de bord.

MOTS-CLEFS: Contrôle, document de bord, surveillance, embouteillage, véhicule.

1 INTRODUCTION

L'informatique reste un domaine incontournable dans l'automatisation des traitements et des tâches répétitives et fastidieuses auxquelles l'homme est soumis dans l'exercice de ses activités quotidiennes. De nos jours, toutes les organisations qui souhaitent se mettre à l'échelle de la modernisation intègrent l'outil informatique dans leur gestion afin d'accroître la productivité.

La surveillance routière dans la ville de Kolwezi en République Démocratique du Congo, reste un des domaines qui nécessitent une attention particulière car elle est l'objet de plusieurs incidents qui ont un impact sur la politique sécuritaire de la ville. Les éléments de la police de circulation routière violent délibérément les règles de contrôle de documents et d'arrestation suite au manque de moyen de suivi dans l'exercice de leurs fonctions, ce qui cause des embouteillages, des frustrations, voire des accidents occasionnés par certains éléments de la police de circulation routière.

A cela s'ajoute la tracasserie que subissent certains conducteurs automobilistes de la part des éléments de la police de circulation routière, pour d'autres, les pneus sont crevés pour les empêcher de fuir, ce qui viole complètement la loi sur la réglementation routière, sans oublier les retards que cela peut causer sur les conducteurs en ordre qui peuvent subir plusieurs contrôles en une même journée sur plusieurs postes de contrôle.

La présente étude a pour objet de mettre en lumière l'informatisation du secteur de surveillance routière par vidéosurveillance afin de résoudre les problèmes liés au contrôle des documents de bord.

C'est pourquoi, notre problématique tourne autour des questions suivantes: « **Comment réorganiser la surveillance routière dans le domaine de contrôle des documents de bord ? Quels moyens mettre à la disposition du service de police de circulation routière afin de résoudre les problèmes de gestion évoqués ci-haut ?** »

Au vu des préoccupations soulevées, nous pensons que le recours à la vidéosurveillance serait un moyen efficace pour résoudre les problèmes liés à la surveillance routière dans le domaine du contrôle de documents de bord.

2 METHODOLOGIE

L'adoption d'une démarche méthodologique est fondamentale. Les méthodes inductive et analytique sont au centre de nos réflexions. Cela permet l'orientation méthodique de la recherche à travers la collecte des données, de l'analyse et de la présentation des résultats. Nous nous pencherons aussi sur le langage UML.

3 MISSION DE LA POLICE DE CIRCULATION ROUTIERE (PCR)

Le Groupe de police de circulation routière a pour mission d'assurer la sécurité routière en faisant appliquer les dispositions du nouveau Code de la route. A ce titre, il est chargé de [1]:

- Prévenir et réprimer les infractions au Code de la route;
- Surveiller et sécuriser les voies publiques, notamment en garantissant une fluidité permanente du trafic routier;
- Participer aux escortes des délégations officielles en collaboration avec les services habilités;
- Participer à la sensibilisation des usagers de la route sur le respect du Code de la route.

Néanmoins, bien qu'elle soit présente sur tout le territoire national, tout ne se fait pas toujours comme prévu, il y a des irrégularités ici et là, ce qui cause souvent des incidents et des accidents emportant des vies humaines et causant des dégâts sur la voie publique.

La police de circulation routière intervient aussi dans le recouvrement forcé des documents de bord des automobiles, en envoyant ses éléments (officiers) pour assister les services de l'État qui sont habilités à faire le contrôle des documents; c'est dans ce cadre que nous intervenons, étant donné que ces agents procèdent à un contrôle régulier des documents de bord.

4 VIDEOSURVEILLANCE

La vidéosurveillance est un système de caméras et de transmission d'images, disposé dans un espace public ou privé pour le surveiller à distance; il s'agit donc d'un type de télésurveillance. Les images obtenues avec ce système, peuvent être traitées automatiquement et/ou visionnées puis archivées ou détruites. La surveillance a pour but de contrôler les conditions de respect de la sécurité, de la sûreté ou de l'exécution d'une procédure particulière [2].

Les systèmes de vidéosurveillance apportent une solution efficace aux problèmes liés à la surveillance routière auxquels sont confrontés tous les services chargés d'assurer la sécurité dans les organisations tant publiques que privées.

La surveillance s'effectue bien souvent sur des zones étendues ou plusieurs zones disséminées, mais est pilotée à partir d'un centre de contrôle centralisé, nécessitant le rapatriement des flux vidéo en temps réel et sans dégradation de l'image.

5 FONCTIONNEMENT DU SYSTEME INFORMATIQUE

Voici comment va fonctionner notre système:

Au début de chaque année, tous les services habilités d'octroyer les documents de bord, devront lancer la campagne de sensibilisation pendant laquelle les conducteurs doivent s'acquitter de leur devoir en obtenant tous les documents requis. Après enregistrement, tous les services devront centraliser leurs bases de données au service de la police de circulation routière qui va rattacher toutes les informations au numéro de la plaque qui va représenter l'élément de base d'identification d'un véhicule en ordre.

Ce système de vidéosurveillance aura pour objet de faire un contrôle automatique à partir des caméras IP qui vont capter les images des plaques d'immatriculation pour en faire une analyse à partir de la base de données centralisée au bureau de la police de circulation routière. Lorsqu'un véhicule n'est pas en ordre, le système devra envoyer un sms ou un e-mail aux agents affectés à chaque poste où sera installée une caméra IP, pour arrêter le véhicule et interpellé le conducteur sur les infractions lui reprochées.

Pour se faire, une mise en œuvre d'un système d'information serait nécessaire dans la mesure où le service de la police de circulation routière est non informatisé.

Un système d'information est un ensemble des ressources humaines, des ressources informatiques (équipement, logiciel, données) et de procédures permettant d'acquérir, de stocker, de traiter et de diffuser les éléments d'information pertinents au fonctionnement d'une entreprise ou d'une organisation [3].

6 CONCEPTION DU NOUVEAU SYSTEME

Le but du développement d'une application c'est avant tout celui d'assurer sa conception d'en faire un produit nouveau face aux utilisateurs. D'où les diagrammes ne sont que des jolies images et aucun utilisateur ne vous en remerciera car ce dont il a besoin, c'est d'un logiciel opérationnel [4].

Depuis longtemps, le recours à la modélisation reste une pratique indispensable au développement d'un logiciel, car tout modèle est prévu pour anticiper les résultats du codage. Associé au processus de développement, un modèle représente l'ensemble des vues sur une expression de besoins ou sur une solution technique [5].

Nous avons recensé les grandes fonctionnalités de notre système à l'aide du diagramme des cas d'utilisation, en distinguant trois acteurs principaux qui sont:

- Agent CCTV
- Administrateur
- PCR

Un acteur représente l'abstraction d'un rôle joué par une entité externe (utilisateurs, dispositif matériel ou autre système) qui interagit directement avec le système étudié [6].

Les cas d'utilisation constituent un moyen de recueillir et de décrire les besoins des acteurs du système. Ils peuvent être aussi utilisés ensuite comme moyen d'organisation du développement du logiciel, notamment pour la structuration et le déroulement des tests du logiciel [7].

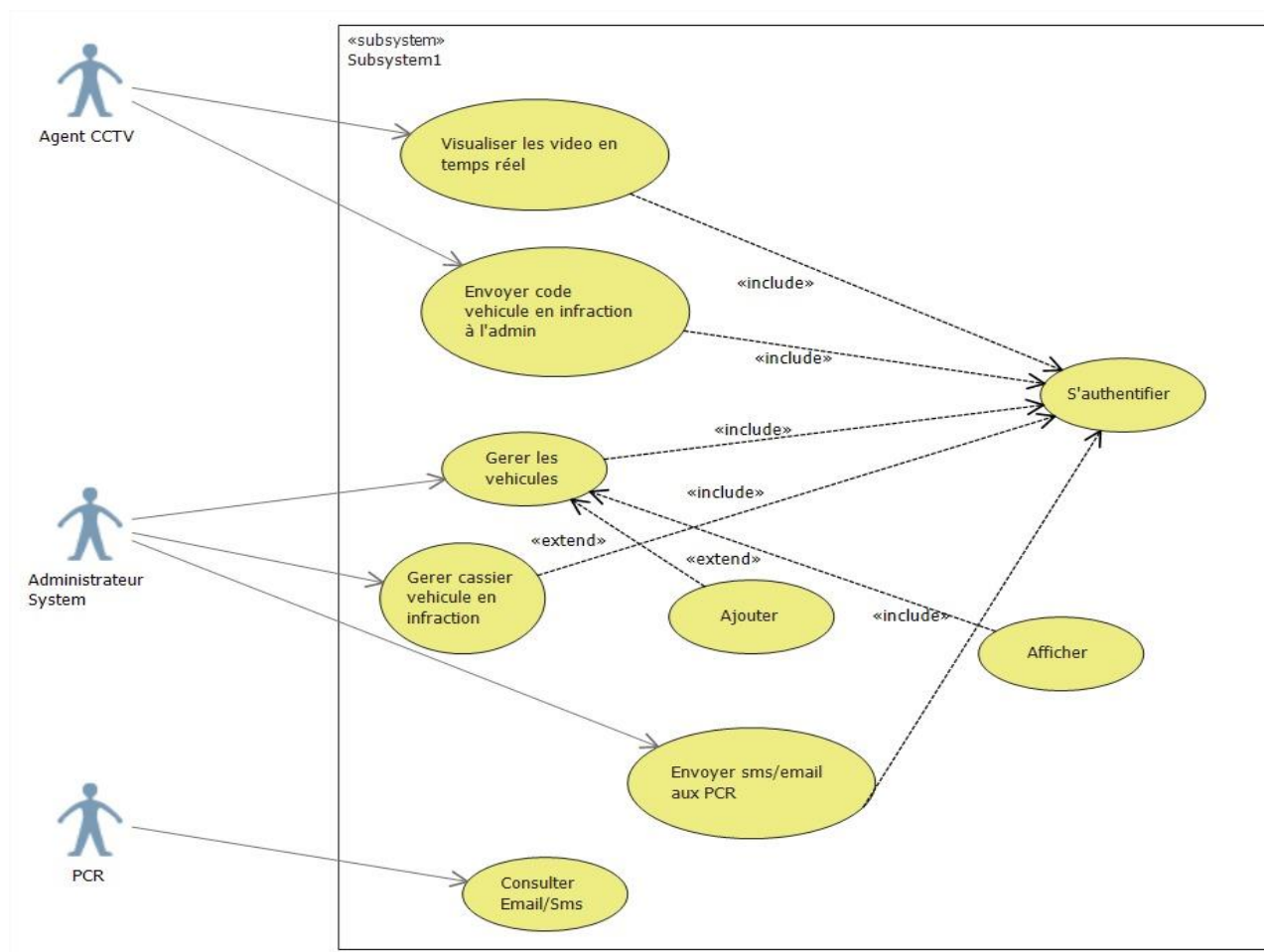


Fig. 1. Diagramme de cas d'utilisation système

Source: notre étude

7 ARCHITECTURE DU NOUVEAU SYSTEME

Notre champ d'investigation est la ville de Kolwezi, avec quatre sites stratégiques adaptés à la vidéosurveillance (Rond-point MALU, Rond-point MWANGEJI, Rond-point Maria-Polis et Rond-point de la Poste), vu, la forte densité de circulation observée sur ces lieux qui impliquent le contrôle permanent des documents de bord par les agents de la police de circulation routière. Nous pensons qu'avec l'automatisation de contrôle de ces sites, les autres sites peuvent être exploités au fur et à mesure que le besoin se fera sentir; néanmoins, la logique de couverture et d'interconnexion reste la même.

Dans le cadre de cette étude, l'accent sera mis sur le site du Rond-point MALU, qui fera l'objet d'une étude de faisabilité.

ROND-POINT MALU / PLACE DE L'INDÉPENDANCE



Fig. 2. Image rond-point MALU

Source: lualaba.gouv.cd

- **Installation des caméras**

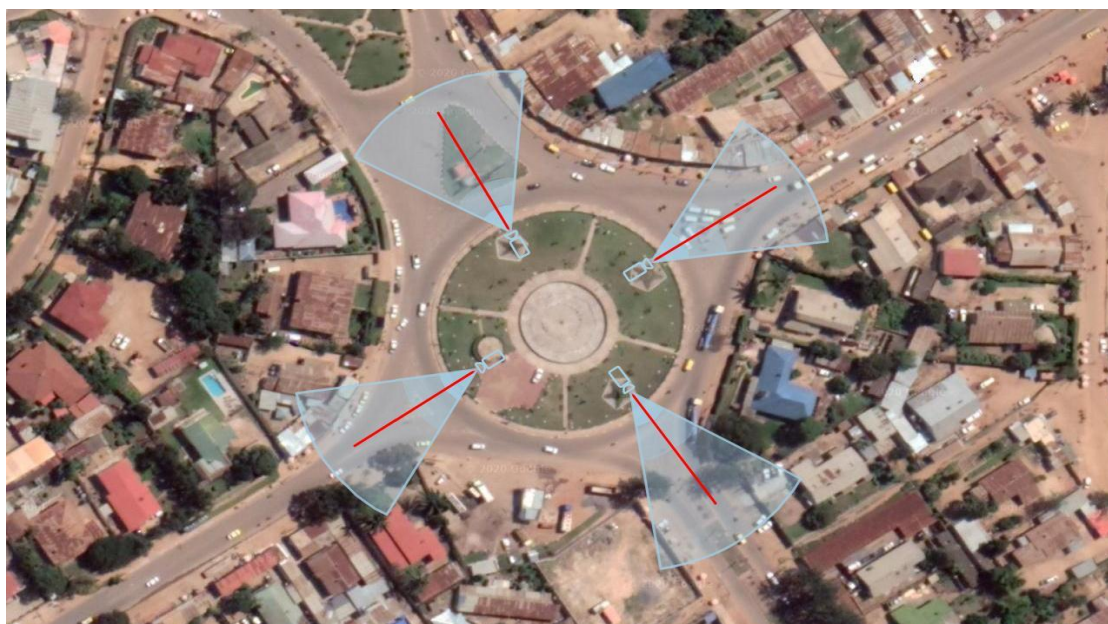


Fig. 3. Image rond-point MALU

Source: notre étude

VUE DU PREMIER ANGLE



Fig. 4. Image rond-point MALU

Source: notre étude

VUE DU DEUXIÈME ANGLE



Fig. 5. Image rond-point MALU

Source: notre étude

VUE DU TROISIÈME ANGLE



Fig. 6. Image rond-point MALU

Source: notre étude

VUE DU QUATRIÈME ANGLE



Fig. 7. Image rond-point MALU

Source: notre étude



Fig. 8. Image rond-point MALU

Source: notre étude

• Détails de l'interconnexion

Vu, la distance séparant les lieux stratégiques de notre étude, du centre principal (salle de serveurs), situé au bureau Police de circulation routière. Nous avons proposé de passer par une boucle locale radio. La distance entre le bureau de la Police de circulation routière (où seront logés les serveurs) et le rond-point MALU donne plus de 2Km. Une liaison de point à point pourra souffrir de défaut de visibilité, ensuite, la pose de la fibre optique va requérir des travaux de génie civil et sera très laborieux pour les maintenances en cas de panne; Nous avons proposé de passer par une boucle locale radio de Vodacom.

Du côté site de surveillance, nous placerons une antenne Alvarion VL6 qui, pour communiquer avec une BTS sera dotée aussi d'une antenne de VL6 raccordée à la partie Transmission.

8 INTERFACE DU NOUVEAU SYSTEME

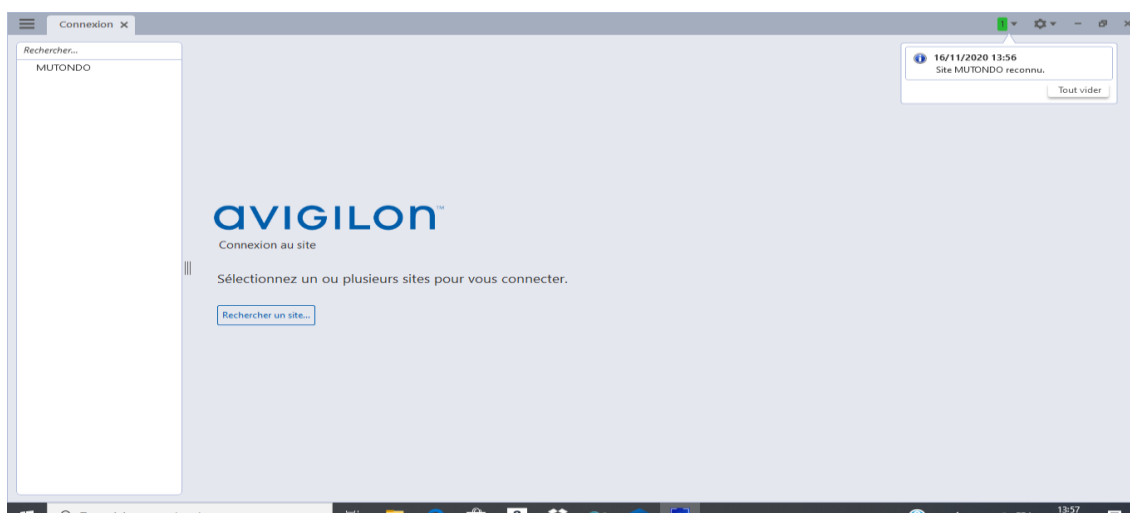


Fig. 9. Interface du nouveau système

Source: notre étude

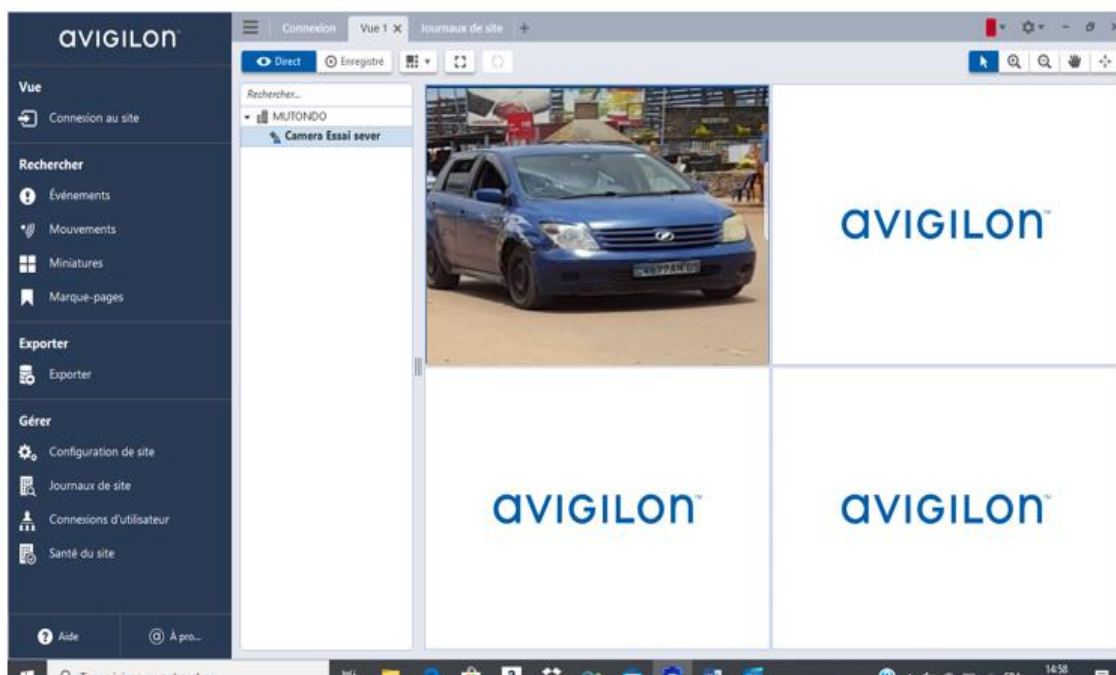


Fig. 10. Interface du nouveau système

Source: notre étude

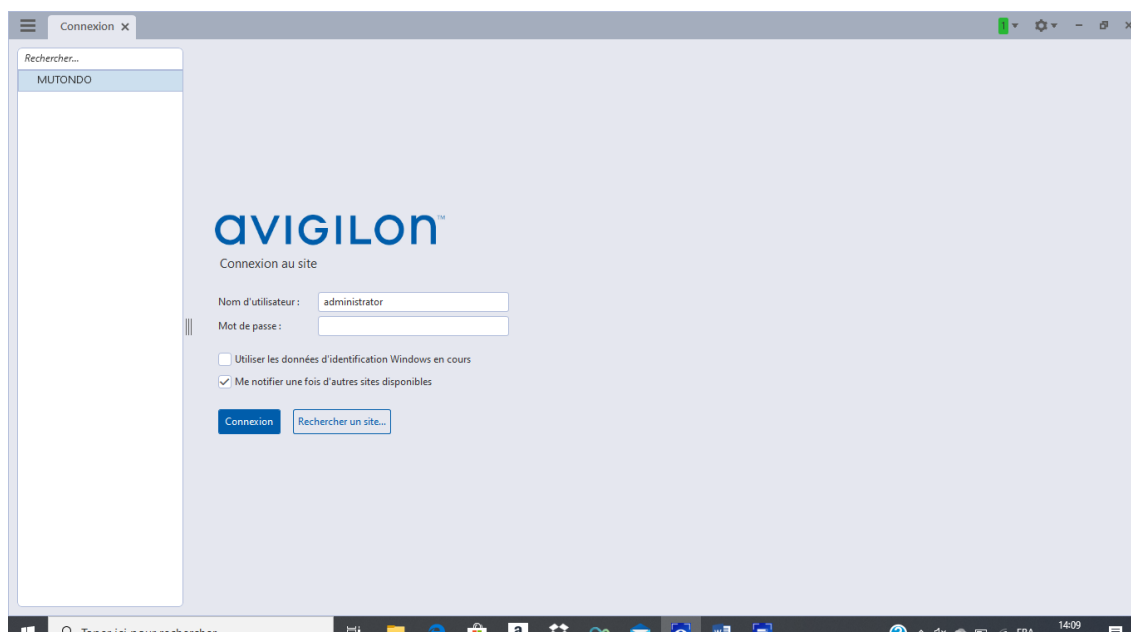


Fig. 11. Interface du nouveau système

Source: notre étude

9 CONCLUSION

Etant donné les incidents observés dans la ville de Kolwezi dans le domaine de surveillance routière, nous nous sommes focalisés sur le contrôle des documents de bord qui confronte à plusieurs reprises les conducteurs des véhicules automobiles aux agents de la police de circulation routière, en occasionnant parfois des embouteillages, des tracasseries, des accidents et

des incidents graves causant le trouble de l'ordre public; nous avons fait recours à l'informatique afin d'automatiser les différents traitements effectués dans le domaine de la surveillance routière.

Cette étude s'est concrétisée par la mise en œuvre d'un système de vidéosurveillance avec reconnaissance des plaques d'immatriculations pour résoudre les problèmes liés à la surveillance routière dans le domaine du contrôle des documents de bord.

Ainsi, nous pouvons affirmer que la mise en place d'un système de vidéosurveillance réduit considérablement les tâches manuelles des agents de la police de circulation routière et minimise ainsi considérablement les dangers qui guettaient les usagers de la voie publique en ce qui concerne la surveillance routière.

REFERENCES

- [1] Journal Officiel de la République Démocratique du Congo n°1 – I du 1^{er} janvier 2016, Article 34, p. 39.
- [2] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Vidéosurveillance>.
- [3] Giles ROY, Conception de base de données avec UML, éd. Presses de l'Université du Québec, 2009, p.8.
- [4] Martin FOWLER et Kendall SCOTT, UML, p.14.
- [5] Pascal ROQUES, Les cahiers du programmeur: UML 2 Modéliser une application Web, p.12.
- [6] Pascal ROQUES, UML 2 en action: De l'analyse des besoins à la conception, éd. Eyrolles, 2007, p.52.
- [7] Joseph Gabay et David Gabay, UML 2: Analyse et Conception, éd. Dunod, Paris, 2008, p. 62.

Spatial structure and interactions inter-and intragrowth stages of *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg (Iroko) in the semi-deciduous forest, north-east of Democratic Republic of Congo

N'tambwe Nghonda Dieu-donné¹, Langunu Serge¹, Kilela Mwanasomwe Jacques¹, Tshibungu Nkulu Alain¹, Sumbu Tshimanga Billy¹, Mashagiro Grace Queen¹, Kalunga Kasongo Aline², Katusi Lomalisa Roger³, and Nshimba Seya Wa Malale Hippolyte³

¹Department of Renewable Natural Resources Management, Faculty of Agricultural Sciences, University of Lubumbashi, B.P: 1825, Lubumbashi, RD Congo

²Department of Phytotechnic, Faculty of Agricultural Sciences, University of Kalemie, Kalemie, RD Congo

³Department of Ecology and Plants Resource Management, Faculty of Science, University of Kisangani, B.P: 2012, Kisangani, RD Congo

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to analyse spatial distribution and interactions that can exist between different Growth stages of *Milicia excelsa* (Iroko) and also, between its seedlings and adults of other species in order to provide to forest managers a tool for sustainable management of the natural population of this species. A full inventory was carried out in a semi-deciduous and anthropized forest of Central Africa in the north-east of DR Congo in six hectares with the Cartesian coordinates of all tree individual species taken. Data from this inventory were encoded and statistically analysed using the «ads» package of R Software to determine the point processes observed in this habitat. Results showed that Iroko trees have a random spatial distribution with low aggregations in the ecosystem. Individuals of the same growth stage live in aggregate while those of different growth stage have negative interactions (Competition - repulsion) on non-negligible radius. The diametric structure of its individuals is well balanced but showing a regeneration significantly low.

KEYWORDS: Spatial structure, interactions, Growth stages, *Milicia excelsa*, Iroko.

1 INTRODUCTION

Increasing degradation of tropical landscapes and the erosion of their biodiversity are currently one of the most crucial environmental problems. Scientists are concerned about this threatening degradation to tropical forests because of their importance in providing both ecological services and functions (production of wood, Non-Timber Forest Products, Carbon sequestration, etc.) that these ecosystems play [1].

According to [2, 3], 200 million hectares of forest are located in the Congo Basin. About 57% of this is covered by tropical rainforest, the second largest tropical forest area in the world after Amazonia. In DR Congo, these forests covered 99 million hectares, or 67% of the national territory with an area of approximately 2 345 000 km². This accounts for 60% of all forests in the Congo Basin [4].

But, it happens that about 83% of these DR Congo's forests are production forests, representing 65% of all Congo Basin production forests. Thus, commercial species have been intensively exploited in the last two decades [5]. Satellite monitoring data have shown that annual rate of deforestation and degradation have doubled in the Congo Basin since 1990 and there is evidence that forests in the basin may reach high rate of deforestation and forest degradation [6].

The sustainable management and preservation of these tropical rainforests is therefore greatly needed and therefore requires a good understanding of their functioning. All solutions which may be proposed today for conserving these forests, such as the setting up of biological reserves, sustainable logging, restoration of degraded forests, etc., necessitates information on the ecology and dynamic of forests populations in these ecosystems [3]. This dynamic integrates over time regeneration processes and can be describe by the diametric structure in their population cluster and range and can also be influenced by interactions between generations [7].

According to [8], the spatial structure of species shows the spatial arrangement of individuals in the forest and constitutes the main theme in forest ecology. Hence t spatial structure analysis can be used in forests descriptions and also gives a general view of population dynamic. Understanding the spatial structure of trees in heterogeneous forests leads to better knowledge of ecosystems and ecological

processes that are involved. Spatial information for each species is vital for foresters a to improve management strategies and / or conservation of tropical species.

About 34 species are logged yearly for timber in DR Congo, of which *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Afrormosia); *Entandrophragma cylindricum* Sprague (Sapelli) and *Milicia excelsa* (Welw.) C.C. Berg are one of the most important commercial trees in Africa [9].

Milicia excelsa, has been one of the most logged species for timber which warrant it to be added to IUCN Red List in 1994 as a endangered species. Restrictions and special laws were therefore put against it logging and commercialisation [10]. From 1998 to the present, this species has been considered as in danger of extinction [11]. From the family of *Moraceae*, this species is not widely studied despite its economic importance (i.e for bridges and railings constructions carpentry) and several functions are also derived from it (cultural, medicinal...). Scientific research on it is still fragmentary and several points poorly described. So far literature review shows that existing studies on it are mainly conducted in west and east African countries while Central Africa remains behind, as long as this region is considered today like the main region logging it [3].

The present study therefore aimed to analyze the spatial distribution and interactions that exist between Iroko growth stages; also, between its seedlings and adults' individuals of other species to provide to forest managers a useful tool in support of sustainable population management of this species. Specific objectives are: to determine the spatial structure of each growth stage of Iroko; to analyze the spatial relationships that may exist between the different development stage of the species, and between Iroko population and other tree species by analysing point-process.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The present study was conducted in a semi-deciduous forest of Central Africa at Biaro, 47 km from Kisangani. It's about 2 km of Babute village, crossing the railway. This forest is located on Ubundu Road, Bakumu-Mangongo Community, Ubundu Territory, Tshopo Province, Democratic Republic of Congo (Figure 1).

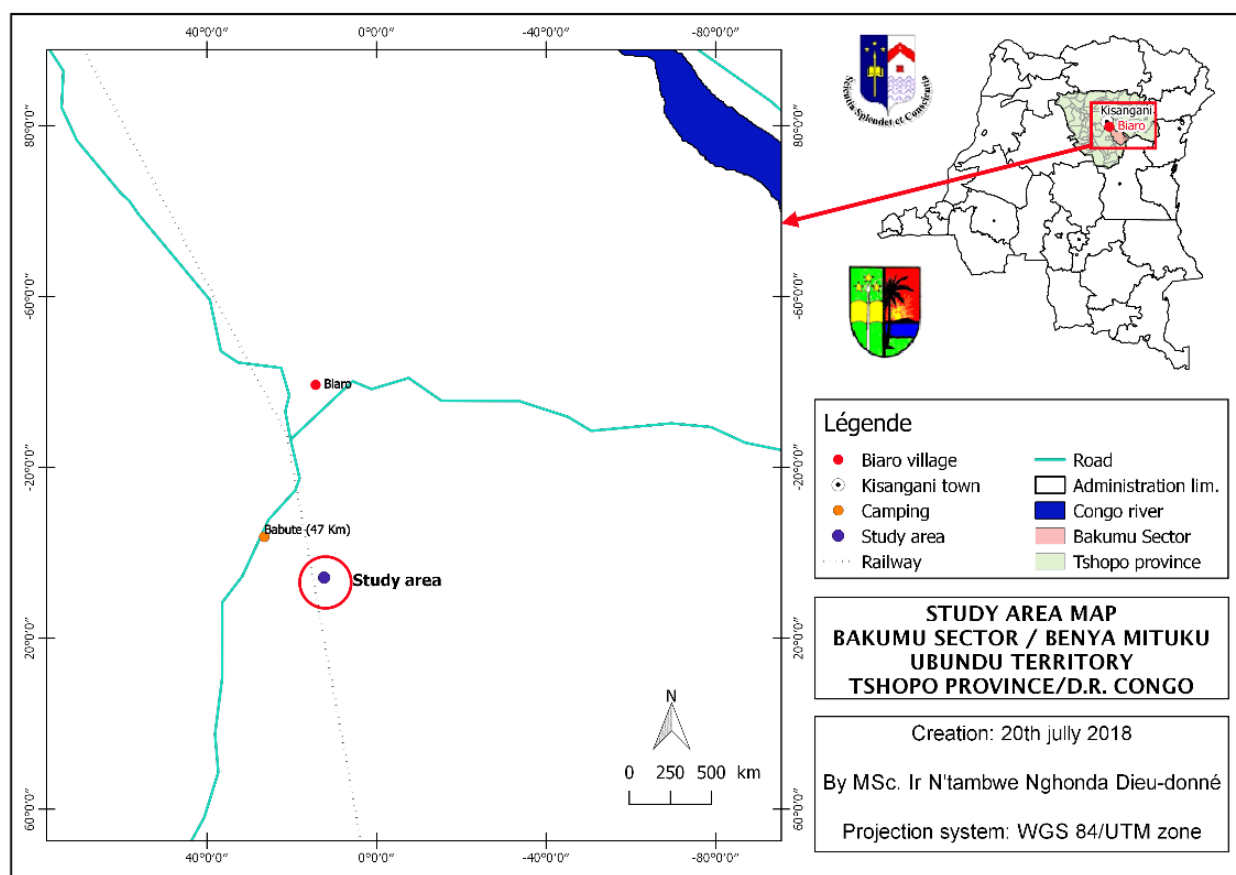


Fig. 1. Localization of the study area

2.2 DATA COLLECTING

A full inventory of all species was carried out on 6 hectares of land which were subdivided into 6 plots of 100 m x 100 m of side, in where trees with DBH ≥ 10 cm were measured and their Cartesian coordinates (x) and (y) taken according to Picard and Gourlet-Fleury's model [12] (Figure 2). Seedlings of *M. excelsa* were also inventoried in the underbrush (individuals at $0 < \text{DBH} < 10$ cm) with their Cartesian coordinates taken. These were classified in S1: Seedlings within 0 - 30 cm of high; S2: Seedlings within 30 - 50 cm; S3: seedlings within 50 - 100 cm; S4: Stem at height > 100 cm to DBH < 1 cm; S5: Stem with $1 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 10$ cm (Installed seedlings).

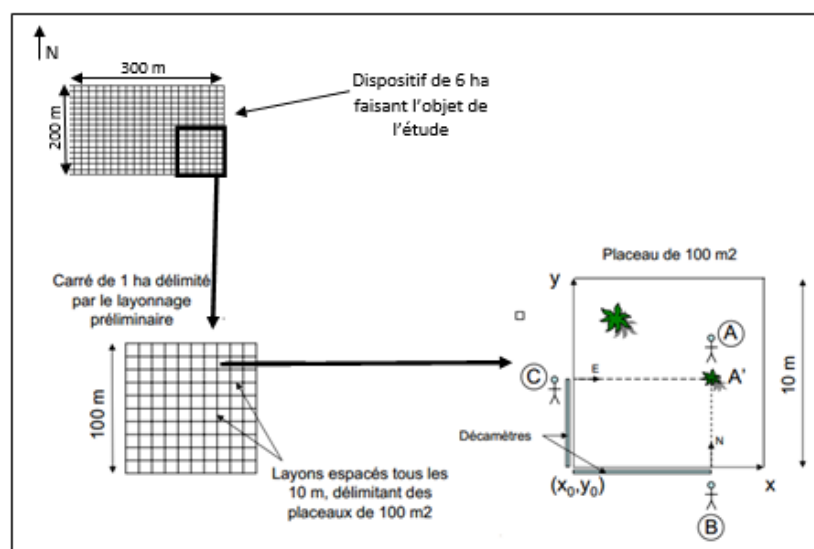


Fig. 2. Illustration of the adapted of Picard and Gourlet-Fleury's model

Source: Picard and Gourlet-Fleury [12]

2.3 DATA ANALYSIS

Diametric structure of *M. excelsa*'s population was determined by grouping its individuals in ten-digit classes' interval. Its relative density was estimated by the relation: $(ne/N) * 100$ where ne is the number of trees of the species and N the total number of trees in the plot. Relative frequency was determinate by the ratio $(fe/Ft) * 100$ while its basal area (AGB) was calculated from the relation: $(n * \pi D^2) / 4$. Where n is the total number of individuals of each species ha^{-1} and D the sum of their diameters at 1.30 m height.

Spatial structure of each growth stages was determined using Ripley's Function $K(r)$ [13] and her Besag's derived function $L(r)$ [14]. Three growth stages of Iroko were differentiated by their DBH: Seedlings ($1 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 10$ cm); adults ($10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 25$) and potential Seed-bearers ($\text{DBH} \geq 25$ cm). $L_{12}(r)$ derived function from the Ripley's $K_{12}(r)$ intertype function was used to analyze interactions between growth stages of individuals in the same species, also between *M. excelsa*'s seedlings and individuals of other species. These analyses were done using "ads" package of R Software. 1000 Monte Carlo's simulations were done with 1% of error (99% of confidence level).

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 FLORISTIC AND DENDROMETRIC CHARACTERISTICS

Two thousand eight-three individuals of different species were inventoried, for 146 species, 111 genera and 35 families. The highest density was 372 individuals ha^{-1} found in hectare 4; the lowest was 300 individuals ha^{-1} found in hectare 2, with an average of 347.17 ± 24.37 individuals ha^{-1} . Among 2083 individuals, 59 individuals of *M. excelsa* were inventoried of which 15 potential seed-bearers, 17 adults and 27 seedlings.

Considering individuals of Iroko with a DBH ≥ 10 cm, a diametric structure in inverted J was observed. When seedlings are included, this species shows a bimodal situation (Figure 3). The diametric structure of seedlings was low in number compared to other upper classes, and shows that the species could regenerate if its required ecological conditions are met, and when ecological conditions became hostile, the regeneration was scarce. Iroko is represented at only 1.54% on the 100% of overall species, with a relative density and a relative frequency of $1.58 \pm 0.68\%$ and 1, 63% respectively; her basal area of $0.52 \pm 0.46 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ for 27.03 m^2 in 6 ha overall.

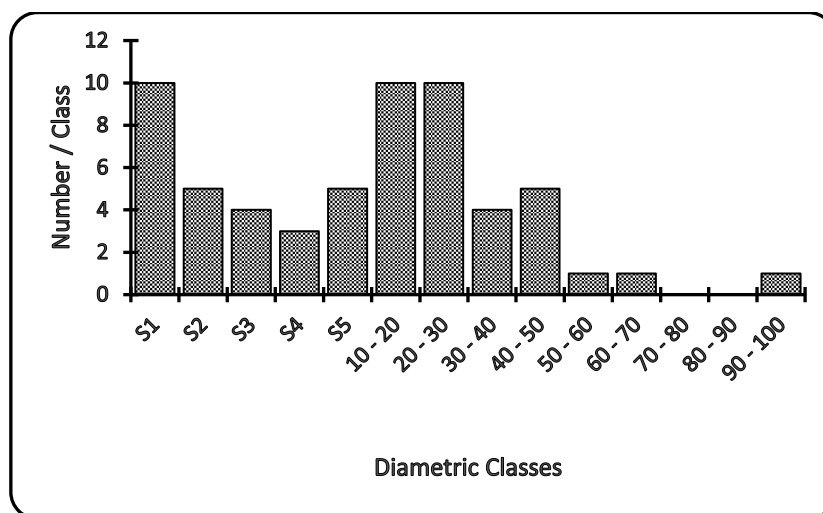


Fig. 3. Diametric structure of *Milicia excelsa*. S1: seedlings within 0 - 30 cm height; S2: seedlings within 30 - 50 cm; S3: seedlings within 50 - 100 cm; S4: Stem at height > 100 cm to DBH <1cm; S5: Stem with 1 cm ≤ DBH <10 cm (Installed seedlings)

Considering individuals with DBH ≥ 10 cm, *M. excelsa* showed a curve with inverted J; with a large number of trees in lower diametric classes. This might prove a relay of seedlings to adults, which would guarantee the survival of the species in this habitat. These results are similar to [15, 16, 17]; who also conducted their study on *M. excelsa*. In contrast to [18] who indicated that this type of distribution mainly concerns struggler species (producing regularly a large number of seedlings). This author goes further saying that gamblers species with regeneration related to windfalls, can only have a discontinuous recruitment and their populations are organized in cohort, thus presenting a diametric distribution in bell-shape or bimodal. How then, can hard-gambler species, like Iroko, show an inverted J distribution curve? This situation would be justified by intense anthropic activities and windfalls, which would clear the underbrush and promote Iroko's regeneration in particular and other gamblers species in general. [19], argues that anthropic actions (selective cutting, forest degradation by fragmentation, slash-and-burn agriculture), may cause disturbance in balanced forest ecosystem by generating different distributions than in natural conditions. The overall results of *M. excelsa* (including seedlings) show that the number of its seedlings, in particular those installed (S5), was very low. Projecting future diametric growth and the passage of individuals from lower classes to higher classes (In the hypothesis of low perturbations of current environmental factors, so that the forest tends towards the climax), the curve line of its diametric structure would tend to the bell-shape. The low number of regenerates might be justified by the abundance of *Marantaceae* in this community, which would block seed germination and survival of Iroko's seedlings by their roots and shade they bring, as stipulated by [17, 20, 21]. [22], argue that seedlings of gambler species such as *M. excelsa* survive only in large gaps and area receiving more sunlight. [23], demonstrated that in the underbrush, seedlings of gambler species hardly survive three weeks after their shooting, due to attacks and sunlight insufficient. The obtained relative frequency and relative density for *M. excelsa* are respectively 1.63% and $1.58 \pm 0.68\%$. These values were very low compared to the relative frequency and relative density of other species found in the study area; This relative frequency is higher than those found by [17, 19] who conducted their study in the same zone, it being 0.74% to 0.98% and 0.58% respectively. The relative density is far higher to that found by [17], it being 0.289%, higher than that of [19], it being 0.74% and 0.98%. Differences observed for these two parameters could be explained by biotic and abiotic environmental factors which would allow the installation of the large number of *M. excelsa* individuals in the studied area also by the total number of trees inventoried and the area width. [24], found that Iroko density decreases from primary to fallow forest. This could be due to ecological factors (amount of sunlight reaching the ground, competition). The basal area occupied by it, is $0.52 \pm 0.46 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. [23] found different values according to the samplings area, it being 0.13 and $0.17 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ and [19] found 0.41 and $3.02 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. This basal area is clearly higher than that of the former, but intermediary to the latter. Moreover, it's function of the number of individuals and especially the diametric values measured for the same species.

3.2 POINT PROCESSES IN PLANT COMMUNITY

The figure 4 below was made from Cartesian data collected in the field and shows that, some areas have high density of trees and other areas with low or roughly zero density. *M. excelsa*'s trees present some aggregates when they should be considered as a whole without distinction of growth stages, and they are mainly found in lit areas.



Fig. 4. Spatial distribution of all inventoried trees and Iroko's trees according to their distributions in different stages of development. The dimensions of the study plot are expressed in meters

3.2.1 SPATIAL DISTRIBUTION OF MILICIA EXCELSA INDIVIDUALS

Generally, different growth stages of *Milicia excelsa* have a random spatial distribution on the whole of the study plot. Seedlings showed a relative aggregation in a circle of 25 m radius, with a maximum deviation distance and a deviation value near zero (Figure 5a). For adults, aggregates are clearly visible in three ranges of radius: between 12 and 16 m; 18 and 20 m, and between 21 and 22 m (Figure 5b); the maximum deviation distance was 19 m, with a deviation value of about 2. Seed-bearers show also a random spatial distribution (Figure 5c). The curve line of *M. excelsa* individuals with a DBH ≥ 10 cm shows a random spatial distribution over the whole of the study plot, an aggregation appears when considering a range of radius between 18 and 25 m; the maximum deviation distance being 22 m with a deviation of at least 2.5 (Figure 5d).

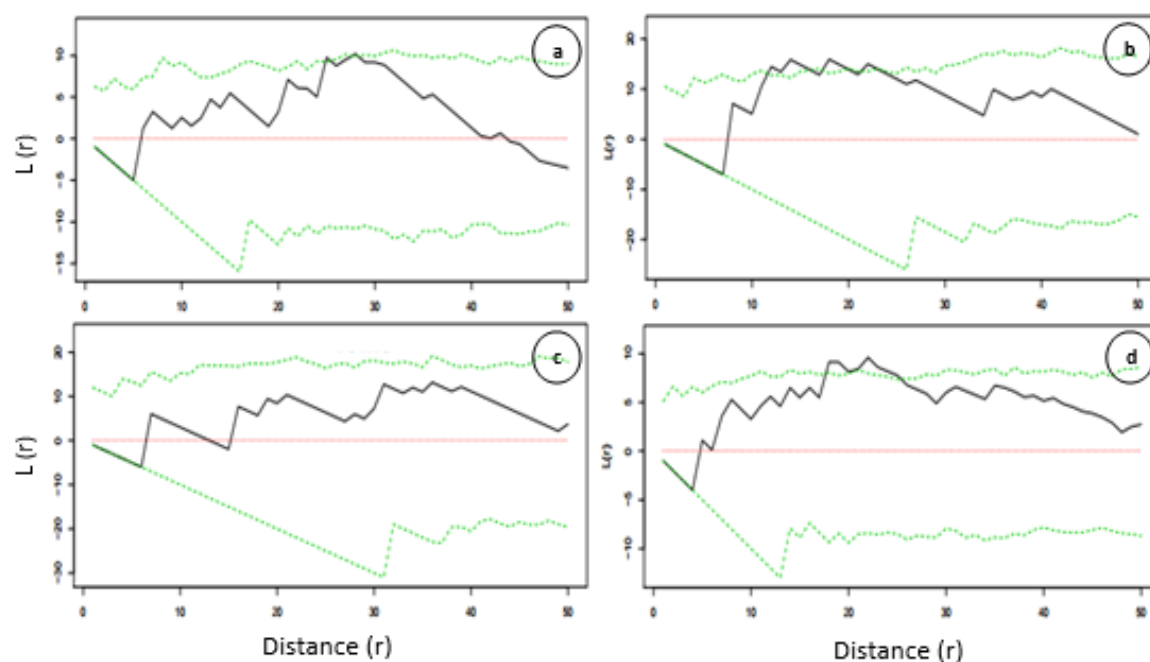


Fig. 5. Spatial distribution of Iroko (a): distribution of seedlings, (b): adults, (c): seed-bearers, and (d): All Iroko's trees with DBH ≥ 10 cm. Black lines show the estimate of $L(r)$ for the cloud of points considered; Green lines represent 99% confidence level under the null hypothesis of random distribution; Dashed red lines show the theoretical value of $L(r)$ under the null hypothesis; The distance (r) is in meters

Different growth stages of this species generally have a random spatial distribution over the whole of the study's plot; with low aggregation levels, even when individuals with DBH ≥ 10 cm are taken together. This results do not corroborate those of [17, 25] who worked respectively on *M. excelsa* and *Pterocarpus erinaceus* Poir., and found that these two gambler species are gregarious. This divergence may be explained by the maturation of the habitat; the confidence level rate used when analysing data. [8, 18] showed that the spatial structure of the population results from its own structure related to its mode of dissemination, its response to environmental conditions and its interactions with other species. [19], reported that it's not excluded that a species shows an intermediate distribution if the forest is still growing, but at the climax, it going to show its real distribution; furthermore he added that the mature forest is composed of trees which have already reached their maximum development and all competitive interactions have already taken place. In addition, [26] suggested that *M. excelsa* is a non-gregarious species.

3.2.2 INTRA-SPECIFIC (*MILICIA EXCELSA*) AND INTERSPECIFIC INTERACTIONS

It is observed that individuals of the same growth stage and in each growth, stage live in attraction on a short radius especially in stark independence. In the seedling growth stage, an attraction is observed in a radius varying between 0 to 11 m with a relativity between 20 and 37 m (Figure 6a). This situation is almost similar to other growth stages, but with a clear attraction range in adult growth stage, with a radius varying from 0 to 30 m (Figure 6b).

By analyzing curves lines (Figures 7a, 7b and 7c), it appears that seedlings have a very high degree of independence in comparison of adults and seed-bearers. The same situation was also observed between adults and seed-bearers. However, a clear repulsion, showing negative competitions on the rare resources of the biotope has been observed on a scope of 13 m, 6 m, 4 m, respectively between seedlings - adults and; seedlings - seed-bearers, and between adults - seed-bearers. Concerning interaction between Iroko's seedlings and others trees species, a clear repulsive interaction has been observed. This cohabitation results in competition of other adult species on *Milicia excelsa*'s seedlings, in a radius going to 0 until 4 m, with a deviation of 0.4 (Figure 7d). Outside this interval, trees live in complete independence.

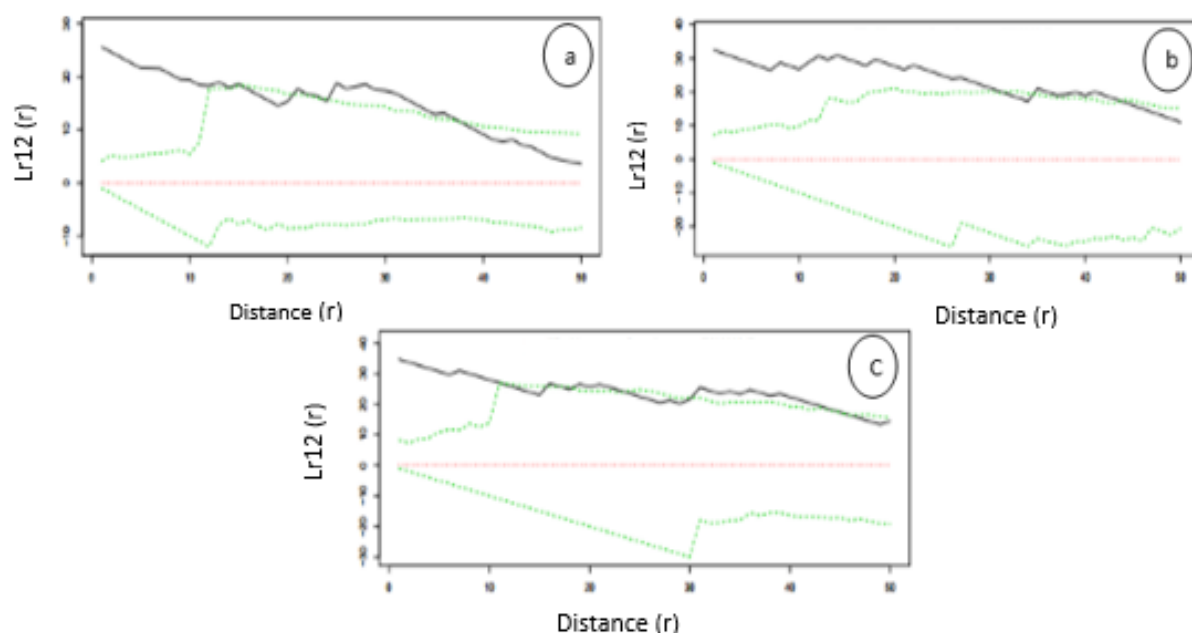


Fig. 6. Interactions into Growth stages of Iroko. (a): Seedlings - Seedlings; (b): Adults - Adults; (c): Seed-bearers - Seed-bearers. The solid black line represents the estimate of $L_{12}(r)$ for the cloud of points considered. Black lines show the estimate of $L_{12}(r)$ for the cloud of points considered. Green lines represent 99% confidence level under the null hypothesis of random distribution. Dashed red lines show the theoretical value of $L_{12}(r)$ under the null hypothesis. The distance (r) is in meters

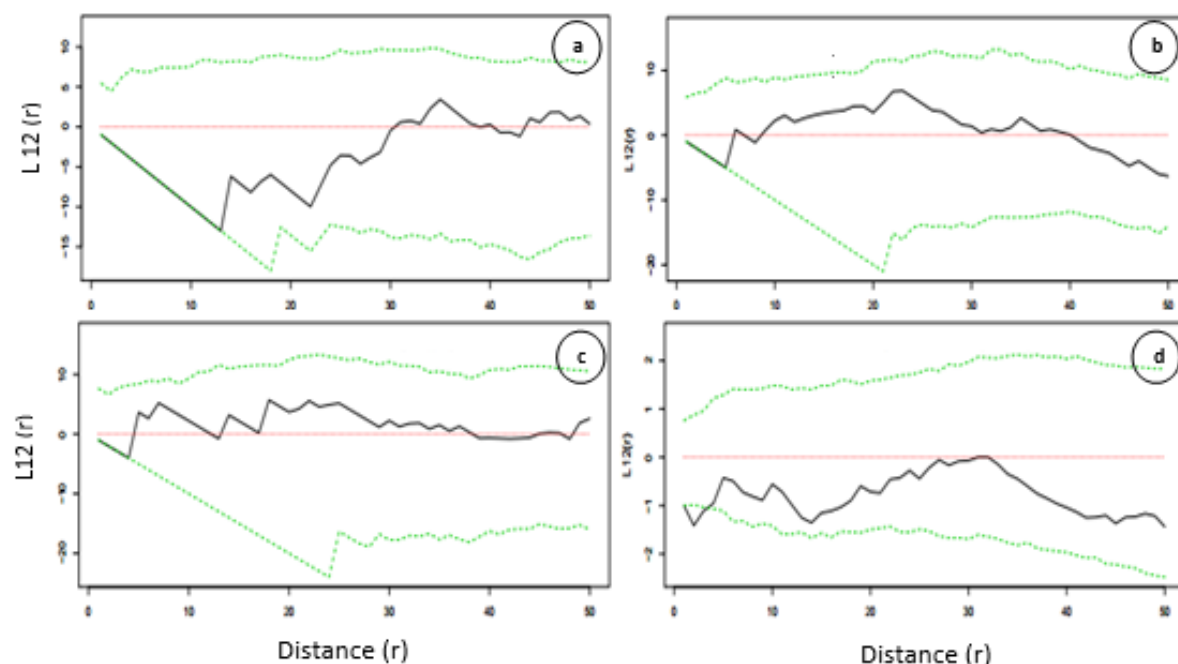


Fig. 7. *Milicia excelsa*'s growth stages interactions. (a): seedlings - adults; (b): seedlings - seed-bearers; (c): adults - seed-bearers. And (d): between Iroko's seedlings and individuals of other species. The solid black line represents the estimate of $L_{12}(r)$ for the cloud of points considered. Black lines show the estimate of $L_{12}(r)$ for the cloud of points considered. Green lines represent 99% confidence level under the null hypothesis of random distribution. Dashed red lines show the theoretical value of $L_{12}(r)$ under the null hypothesis. The distance (r) is in meters

The obtained results on intra-stage growth interactions show an attraction over ranges of lower values of radius but with however a great independence. Interstage growth interactions present a significant negative competitive interactions (repulsion) but also with stark independences. The range of this competition is however large between seedlings - adults, and is minimal between seedlings - seed-bearers and adults - seed-bearers. Deviation distances are short and the maximum deviation values are near to zero. The competition

between Iroko's seedlings and other species trees is clearly in a short range, with a short deviation distance, but a slightly high maximum deviation value. This result corroborates the study of [25], who found a repulsion between seedlings and seed-bearers of *Pterocarpus erinaceus* Poir., and negative interactions between seedlings and other species individuals. It has been shown that the spatial distribution is the result of interactions between species with its abiotic environment (edaphic preference, adaptation to different sunlight intensities) and biotic environment (interspecific competition, predation and dissemination by animals). This can condition the way in which the species uses resources of the environment (intra-specific competition), and how the species is itself used as resources (density-dependent predation) [18].

4 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The aim of this study was to analyze the spatial distribution and interactions that can exist between different *Milicia excelsa*'s growth stages; but also, between its seedlings and adults of other species.

An inventory of all tree species and particularly individuals of Iroko (including seedlings) with their Cartesian coordinates was made in six (6) hectares at 47 km from Kisangani on Ubundu road. Data from the field sampling were captured in Excel, and statistically analyzed with different tests by using R software.

Results show that *Milicia excelsa* has an inverted J structure and is represented only at 1.54% on the 100% of species inventoried in the studied area. Its relative density, relative frequency and the basal area are relatively very low, respectively $1.58 \pm 0.68\%$, 1,63% and $0.52 \pm 0.46 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

There was a random spatial distribution of trees in different growth stages even on a large scale and attractive interactions have been observed between trees of the same growth stage, but in different growth stages and between *M. excelsa*'s seedlings with other trees species negative interactions were observed. Moreover, the structure and density of *M. excelsa* were low, indicating a poor regeneration for this species. A species with low regeneration, requires a sustainable exploitation, for maintaining its population in the habitat.

DISCLOSURE

The research project was conducted under the supervision of Professors Nshimba Hippolyte and Katusi Roger. The project was run as N'tambwe Nghonda's research project.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was financially supported by the research grant named "Forêts et Changement Climatique au Congo (FCCC) " from European Union (EU) and Centre for International Forestry research (CIFOR).

The authors wish to express gratitude to the University of Kisangani, especially to its Sciences' Faculty for their supportive assistance during the duration of this study. They would also like to extend thanks to local villagers from the study area for their kind cooperation and assistance during the field survey.

REFERENCES

- [1] H. Puig, 2001. Diversité spécifique et déforestation: l'exemple des forêts tropicales humides du Mexique", Bois et Forêts des Tropiques, Vol. 268, no. 2, pp. 41-55.
- [2] P. Mayaux, E. Bartholome, S. Fritz & A. Belward, 2000. A new land-cover map of Africa for the year 2000", Journal of Biogeography, Vol. 31, pp. 861-877.
- [3] K. Daïnou, J-L. Doucet, B. Sinsin & G. Mahy, « Identité et écologie des espèces forestières commerciales d'Afrique Centrale: Les cas de *Milicia* spp (Synthèse bibliographique)", Biotechnol. Agron.Soc. Environ, Vol.16, no. 2, pp. 229-241, 2012.
- [4] L. Debroux, T. Hart, D. Kaimowitz, A. Karsenty, and G. Topa, "Forests in Post Conflict Democratic Republic of Congo: Analysis of a Priority Agenda", A joint report by teams of the World Bank, Center for International Forestry Research (CIFOR), Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), African Wildlife Foundation (AWF), Conseil National des ONG de Développement du Congo (CNONGD), Conservation International (CI), Groupe de Travail Forêts (GTF), Ligue Nationale des Pygmées du Congo (LINAPYCO), Netherlands Development Organisation (SNV), Réseau des Partenaires pour l'Environnement au

- Congo (REPEC), Wildlife Conservation Society (WCS), Woods Hole Research Center (WHRC), World Agroforestry Centre (ICRAF) and World Wide Fund for Nature (WWF). xxii, 82p, 2007. ISBN 979-24-4665-6.
- [5] M. J. D. Mangambu, A. N. Shalufa, E. Robbrecht, L.R. Katusi, S.M.H. Nshimba & H. H. Ntahobavuka, H. H., « Structure, dispersion spatiale et abondance de la population à *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Meliaceae) dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms (Fabaceae) dans la Réserve Forestière de la Yoko en R.D. Congo », *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 23, no. 1, pp. 3569-3585, 2014.
 - [6] C. Megavand, A. Mosnier, J. Hourticq, K. Sanders, N. Doetinchem & C. Streck, « Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo: Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt », Washington D. C.: Washington D. C.: World Bank, 2013p, 2013.
 - [7] A. Thiombiano, M. Schmidt & S. Guinko, « Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Bourkina-Faso (Afrique de l'Ouest) », *candollea*, Vol. 61, no. 1, pp. 189-213, 2006.
 - [8] S. Kumba, S. M. H. Nshimba, L. Ndjele, C. De Cannière, M. Visser et J. Bogaert, « Structure spatiale des trois espèces les plus abondantes dans la Réserve Forestière de la Yoko, Ubundu, République Démocratique du Congo », *Tropicultura*, Vol. 31, no. 1, pp. 53-61, 2013.
 - [9] M. J.-M. Kahindo, « Potentiel en Produits Forestiers Autres que le Bois d'Oeuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins *Eremospatha haullevilleana* De Wild. et *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv.) Kuntze de la réserve Forestière de Yoko, Kisangani (RDC) », Thèse de doctorat, UNIKIS, 269p, 2011.
 - [10] G. Agbahungba, N. Sokpon & O. G. Gaoue, « Situation des ressources génétiques forestières du Bénin », Note thématique FGR / 12F, Département des forêts, FAO, Rome, Italy, 39p, 2001.
 - [11] U. Nzekwe, C. S. Ubani & G. C. Ajuziogu, "Effects of seed pre-treatment and media on seed germination and seedling growth of Iroko, *Milicia excelsa* (Welw.) C.C. Berg moraceae, Syn. *Chlorophora excelsa*" *Afr. J. Agric. Res.*, Vol. 8, no. 18, pp. 2057-2062, 2013.
 - [12] N. Picard & Gourlet-Fleury, « Manuel de référence pour l'installation de dispositifs permanents en forêt de production dans le bassin du Congo », COMIFAC, CIRAD, Libreville, Gabon, 265p, 2008.
 - [13] Ripley, B. D., 1977. "Modelling spatial patterns". *Journal of the Royal Statistical Society*, B39: 172-212.
 - [14] J. Besag, "Contribution to the discussion of Dr Ripley's paper", *Journal of the royal statistical society*, Vol. 39, pp. 193-195, 1977.
 - [15] S. J. Ebert, "Silvicultural potential of *Milicia excelsa*", Working paper n° 18, Freiburg, Germany, I-TOO, 4p, 2004.
 - [16] C. Ouinsavi & N. Sokpon, "Morphological variation and ecological structure of iroko (*Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg) populations across different biogeographical zones in Benin", *Int. J. For. Res.*, Vol. 2010, no. 658396, 10p, 2010.
 - [17] B. L. Lomba, « Systèmes d'agrégation et structures diamétriques en fonction des temperaments de quelques essences dans les dispositifs permanents de Yoko et Biaro (Ubundu, Province Orientale, R. D. Congo). Kisangani (RDC) », Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences-UNIKS (RDC), 239p, 2011.
 - [18] S. M. Traissac, « Dynamique spatiale de *Vouacapoua americana* (Aublet), arbre de forêt tropicale humide à répartition agrégée », Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1, 184 p + 38 Annexes, 2003.
 - [19] S. M. H. Nshimba, « Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à kisangani (RDC), Kisangani », Thèse de doctorat: Université libre de Liège, 253p + Annexes., 2008.
 - [20] M. F. Cuma, S.Y. Useni, O. A. Nge, K. F. Munyemba, S. M. Ngoy, & M. Pierre, « Interactions inter/intra stades de développement et régénération de *Pterocarpus angolensis* en population naturelle dans le miombo du Katanga méridional », *J. Appl. Biosci.*, Vol. 73, pp. 6020-6026, 2014.
 - [21] L. R. Katusi, « Ecologie de *Guarea cedrata* (A. Chev.) Pellegr. et *Guarea thompsonii* sprague & Hutch. dans les forêts des environs de Kisangani: Cas des Réserves forestières de Yoko et Biosphère de Yangambi (Province Orientale, R. D. Congo). Kisangani (RDC) » Thèse de doctorat, UNIKIS, 136p, 2015.
 - [22] D. F. R. P. Burslem & J. Miller, "Seed size, germination and seedling relative growth rates in three tropical tree species" *Journal of Tropical Forest Science*, Vol. 13, no. 1, pp. 148-161, 2001.
 - [23] B. F. Boyemba, « Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée », Bruxelles, Thèses de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 181p, 2011.
 - [24] C. Ouinsavi, N. Sokpon & O. Bada, "Utilization and traditional strategies of in situ conservation of iroko (*Milicia excelsa* Welw. C.C. Berg) in Benin", *Forest Ecology and Management*, Vol. 207, pp. 341-350, 2005.
 - [25] H. Rabiou, A. Diouf, B. A. Bationo, A. Mahamane, K. Novigno Segla, K. Adjonou, R. Radji, A. D. Kokutse, K. Kokou et M. Saadou, « Structure démographique de peuplement naturel et répartition spatiale des plantules de *Pterocarpus erinaceus* Poir. dans la forêt de Tiogo en zone soudanienne du Burkina Faso », *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol. 9, no. 1, pp. 69-81, 2015.
 - [26] Q. Meunier, C. Moumbogou, et J-L. Doucet, « Les Arbres Utiles du Gabon », Les presses agronomiques, Gembloux. 340 p, 2015.
 - [27] Jesel, S., 2005. Ecologie et dynamique de régénération de *Dicorynia guianensis* (Ceasalpinaceae) dans une forêt guyanaise. Paris: Thèse de doctorat: Institut National Agronomique Paris-Grignon, 241p.
 - [28] Ripley, B. D., 1977. Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society*, B39: 172-212.
 - [29] Sheil, D. & Van Heist, M., 2000. Ecology for tropical management. *Int. For.Rev.*, 2: 261-270.
 - [30] Yankam, S. C., 2013. Analyse de l'impact de la gestion actuelle de *Prunus africana* (Hook. f.) Kalkaman au mont Cameroun (Région du Sud-Ouest Cameroun). Kinshasa (RDC): Mémoire de DEA: UNIKIN-ERAIFT, 57p.

Trois types de cycles eustatiques du shelf margin system tract du camp JVL dans le Sous-Groupe Schisto-Calcaire (Province du Kongo Central, R.D. Congo)

[Three types of eustatic cycles of the shelf margin system tract of the JVL camp in the Schisto-Limestone Sub-Group (Kongo Central Province, R.D. Congo)]

C. M. E. Cibambula, M. J. A. Makutu, and L. O. Tuema

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Géosciences, Géologie, Post office Box 190, Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2021 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: Between two stromatolitic reefs of *Collenia* (LLH) and *Cryptozoon* (SH) of the JVL encampment outcrop alternate brecciated, bedded and massive limestones beds belonging to Schisto-calcaire Subgroup. And as the bathymetry fluctuates from supratidal flat to intertidal in the biostromes, the depositional systems of brecciated, bedded and massive limestones regularly change from lagoon to tidal flat. By the presence of the evaporite, of the re-worked elements and of the erosional figures formed by the tidal chenal, the JVL encampment outcrop constitutes a shelf margin system tract deposited after a moderate sea level fall on the continental plateau overlain of brackish water and isolated of clastic material supply under a desertic climate within the later Ediacaran period. This regression, caused by a local epirogenic movement, is enameled of numerous minor sedimentary cycles.

KEYWORDS: Schisto-calcaire, *Collenia*, *Cryptozoon*, eustatic cycle, lagon, tidal flat, tidal chenal, regression, shelf margin system tract, sedimentary cycle.

RESUME: Entre deux récifs stromatolitiques à *Collenia* (LLH) et *Cryptozoon* (SH) de l’affleurement du camp JVL alternent des bancs de calcaires bréchiques, lités et massifs appartenant au Sous-groupe Schisto-Calcaire. Tout comme la bathymétrie oscille du flat supratidal à intertidal dans les biostromes, les milieux de dépôt de calcaires bréchiques, lités et massifs changent régulièrement du lagon restreint au flat intertidal. Par la présence des évaporites, des éléments remaniés et des figures érosionnelles formées par des chenaux tidaux, l’affleurement du camp JVL constitue un shelf margin system tract déposé après une chute modérée du niveau marin sur un plateau continental recouvert d’eaux saumâtres et isolé d’apport clastiques sous un climat désertique vers la fin de l’Ediacarien. Cette régression, causée par un mouvement épirogénique local, est jonchée de plusieurs cycles sédimentaires mineurs.

MOTS-CLEFS: Schisto-calcaire, *Collenia*, *Cryptozoon*, cycle eustatique, lagon, flat intertidal, chenal intertidal, régression, shelf margin system tract, cycle sédimentaire.

1 INTRODUCTION

Situé à 14°49' et 14°54' de longitude Est; et entre 5°16' et 5° 19' de latitude, le camp JVL se trouve dans la plaine schisto-calcaire au Sud-Est de la ville de Mbanza-Ngungu. Cette plaine est un compartiment affaissé de la faille à l'origine du plateau étroit de Mbanza-Ngungu de direction NE-SO (Fig.1a).

Dans la province du Kongo Central, le Sous-groupe Schisto-Calcaire du Groupe Ouest Congolien (Tableau 1) sus-jacent sur le craton du Congo (Fig.1b) affleure de Nkamuna à Kikulukuta. Son extension se situe à la fois dans les fossés de Mayumbe North-Mayumbe South et de la Basse-Sangha respectivement orientés NNO-SSE et NE-SO (Fig. 1c) (Tack et al. 2001; Cibambula, 2016). Dans ces fossés, on note également une décroissance de la déformation de l'Ouest à l'Est concomitamment avec le passage des roches métamorphiques syncinématiques à des roches sédimentaires.

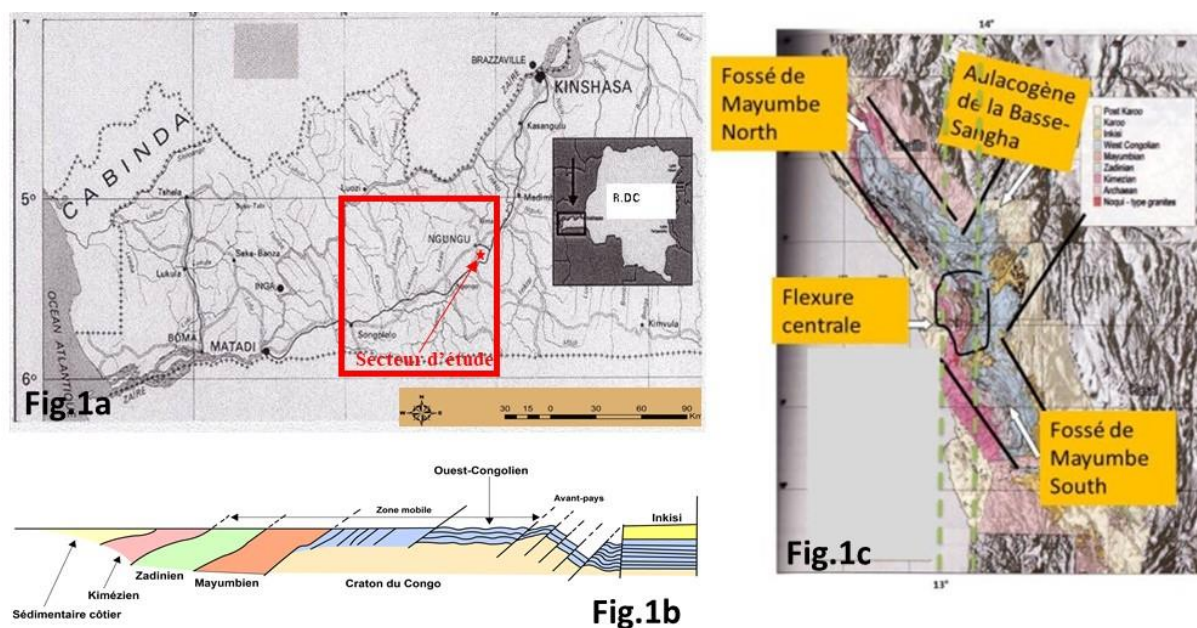


Fig. 1. a. Situation de la province du Kongo Central à l'Ouest de la R.D.Congo (IGCO). b. Coupe schématique de la chaîne West Congo (Cibambula, 2016). c. Subdivision tectonique simulée de la chaîne West Congo en un triple fossé tectonique: fossé de Mayumbe-North (M-N), fossé de Mayumbe-South (M-S), fossé de la Basse-Sangha (B-S); la jonction se fait dans le segment central (SC) (Tack et al., 2001; Cibambula, 2016)

A propos de l'évolution paléogéographique de la Formation de la Diamictite supérieure au Sous-groupe Schisto-Calcaire, la revue bibliographique relève plusieurs hypothèses contradictoires sur les fluctuations eustatiques présentées dans le tableau 2.

Le dépôt du Schisto-Calcaire, de l'Ediacarien à l'Infracambrien, soit pendant au moins 100 Ma (Cibambula, 2016), correspond à la durée moyenne d'un cycle tectono-eustatique de second ordre sans nul doute émaillé des distorsions d'ordres mineurs (Vail et al., 1977, Haq et al., 1988).

Dans le présent article, le problème principal consiste à prouver que les multiples variations de sous-environnements de dépôt dans le Schisto-Calcaire correspondent à l'un ou l'autre de ces ordres mineurs de fluctuations eustatiques, trait permanent de l'histoire géologique (Walter, 1924).

Comme en paléogéographie, il est possible à partir d'une seule coupe verticale de reconstituer l'histoire du bassin au cours d'un cycle sédimentaire (Boulin, 1977), le lever de 8 roches du camp JVL a ainsi aidé à illustrer la variation de la taille et de la nature des grains ainsi que des textures qui traduisent au mieux les fluctuations eustatiques dans la plate-forme carbonatée (Dunham, 1962; Embry and Klován, 1971; Sarg, 1988). Pour chacun des échantillons testés à l'acide HCl dilué à 10%, l'acquisition de ces données, illustrées par des photos, s'est faite par la description pétrographique sur le terrain, améliorée en section polie et complétée par des observations au microscope polarisant de marque Leitz-Wetzlar sous le grossissement de 32. Pour la restitution paléoenvironnementale, nous avons mis à contribution le principe de l'uniformitarisme (Boulin, 1977) et les séquences de dépôt telles que définies par Vail et al. (1977) et Haq et al. (1988).

Tableau 1. Subdivisions lithostratigraphiques du Groupe Ouest-Congolien (Cahen, 1978; Tack et al., 2001; Cibambula, 2013)

Sous-groupes/Formations		Couches et Membres		
Fm de la Haute-Mpioka	Sous-groupe de la Mpioka	Quartzites, shales, grès		
Fm de la Basse-Mpioka		Siltites, grès, shales, quartzites		
Fm du conglomérat de Bangu-Niari		Brèches, grès, shales		
Formation de Ngandu CIV	Sous-groupe Schisto-calcaire	Calcaires, shales et grès		
Formation de Bangu CIII		C5b : calcaires, dolomies, oolithes et pseudo-oolithes de Kisantu		
		C5a : calcaires dolomitiques		
		C4c : shales et calcaires dolomitiques		
Formation de Lukunga CII		C4b : calcaires et dolomies		
		C4a : shales et calcaires		
		Formation de Kwilu CI	C3 : Calcaires de la Luanza	C3b : calcaires et shales intercalés
C3a : calcaires et shales calcareux				
C2 : Calcaires de Bulu				
C1 : Dolomies roses et grises				
Formation de la Diamictite Supérieure (Marinoen)	DSII : 2 ^{ème} épisode glaciaire suivi de la période post-glaciaire	DS4 : Grès conglomératique		
		DS3 : Paraconglomérat:		
		DSI : 1 ^{er} épisode glaciaire suivi de la période inter-glaciaire AB	DS2 : Grès conglomératique	
			DS1 : Paraconglomérat	
Sous-groupe du Haut-Shiloango (Cryogénien)	Calcaire de Sekelolo			
	Grès de la Petite-Bembezi			
Formation de la Diamictite Inférieure (Sturtien)	Paraconglomérat avec basaltes interstratifiés			
Sous-groupe de la Sansikwa	Quartzites, quartzites à talc et argilites.			

Tableau 2. Différentes hypothèses sur les fluctuations eustatiques de la Diamictite supérieure au Sous-groupe Schisto-Calcaire

Unités lithostratigraphiques	Transgression/auteurs	Regression/auteurs
Formation de la Ngandu CIV	-	Cahen(1950), Schermerhon(1959), Alvares et Maurin(1990)
Formation de Bangu CIII	-	Cahen(1950), Schermerhon(1959), Alvares et Maurin(1990)
Formation de Lukunga CII	Cahen(1950), Cosson(1955)	Alvares et Maurin(1990)
Formation de Kwilu CI		Cahen(1950) et Schermerhon(1959)
	Cahen(1950), Schermerhon(1959), Alvares et Maurin(1990)	
Formation de la Diamictite supérieure	Schermerhon(1959)	Alvares et Maurin(1990)

2 LITHOSTRATIGRAPHIE DU CAMP JVL

Sur le flanc Ouest de la colline du camp JVL, nous avons décrit de bas en haut huit lithofaciès des roches carbonatées ci-après (Photo 1):

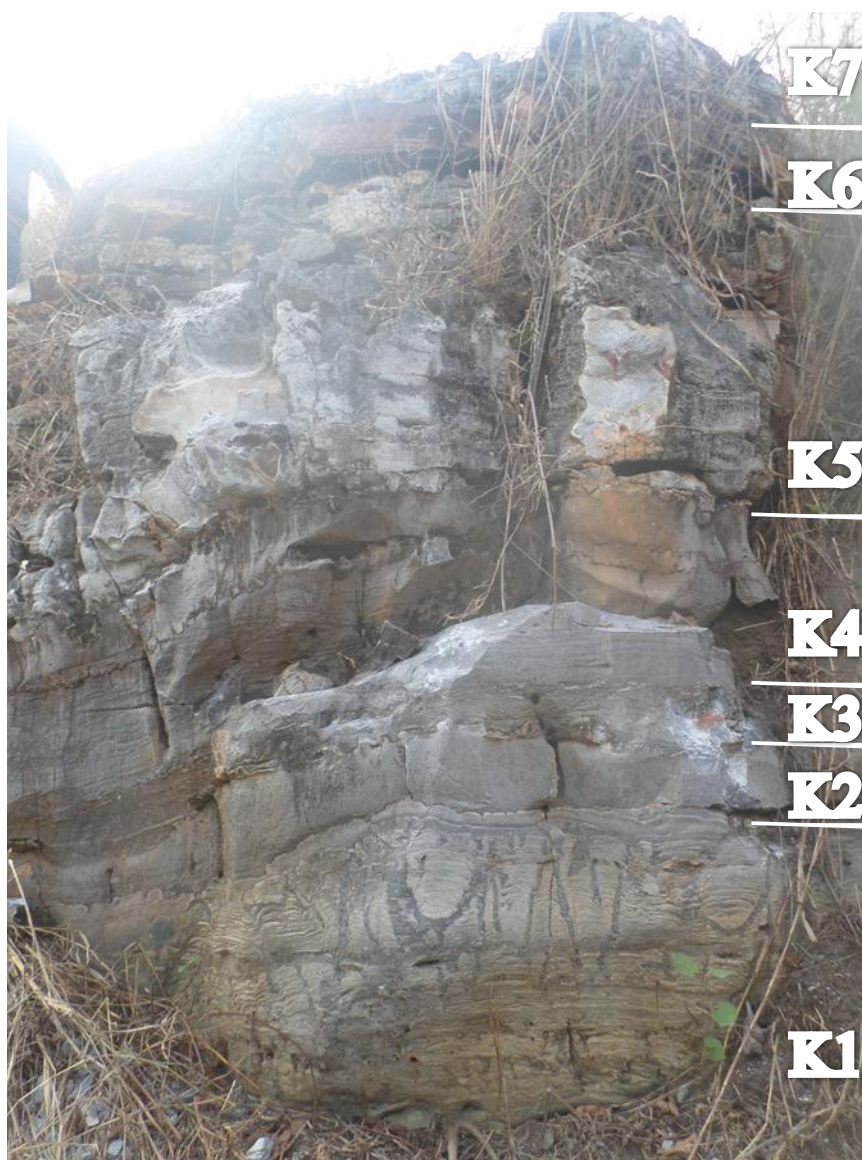


Photo 2. Lithostratigraphie de l'affleurement du camp JVL

a) Lithofaciès stromatolithique, deux bancs présentent ce type des concrétions carbonatées:

- À la base, un banc laminé de calcaire à grains très fins de couleur grise (échantillon K1); cette lamination se traduit par l'alternance des lamines gris clair et gris sombre qui sont tantôt planaires, tantôt onduleuses. L'empilement de ces ondulations alternativement et latéralement concaves et convexes donne lieu à des piliers stratiformes à microdômes rattachés ou espacés les uns des autres par des laminations planaires. La ramification apparente de ces piliers suite à la discontinuité ou la continuité verticale, latérale et oblique de la matrice calcaire de teinte grisâtre est à la base de la constance ou la variation des rayons dans des piliers colonnaires. Ces rayons deviennent de plus en plus grands et de plus en plus petits respectivement de la base vers le sommet et du sommet vers la base. Les rayons constants donnent lieu à des piliers cylindriques droits ou légèrement inclinés (Photo 2a). Les rayons variables engendrent des piliers en tourbillon (Hofmann, 1969; Photo 3). Ces piliers alternent parfois avec des laminations planaires ou donnent parfois des structures complexes à bifurcation soit anastomosée soit latérale (Photo 2b-2c) ou des structures complexes cylindrique-colonnaire (Grey, 1989 In Hofmann, 1969; Photo 4). Vers le haut, Ces laminations, parfois bréchifiées, s'emboîtent autour de la matrice calcaire globuleuse. Selon la classification de Logan et al., (1964) complétée par Aitken (1967) et Kendall et Skipwith (1968), le mode de groupement des hémisphéroïdes et leurs relations latérales

permettent de reconnaître dans ce récif de bas en haut l'agencement vertical des formes Cryptozoon - Gymnosolem (S.H.) et Collenia (L.L.H.) ci-après: stacked hemispheroids with variable basal radius (SH-V), spaced lateral linkage of hemispheroids (LLH-S), stacked hemispheroids with constant basal radius (SH-C), spaced lateral linkage of hemispheroids (LLH-S), stacked hemispheroids with constant basal radius (SH-C), spaced lateral linkage of hemispheroids (LLH-S). Au microscope, la roche présente une structure en feuillets; il s'agit d'une alternance des couches à matrice micritique renfermant des agrégats sparitiques de forme quelconque avec des couches à microsparite. Ces doublets traduisent une lamination planaire qui évolue en une lamination onduleuse avec des couches discontinues et repliées à micrite (Photo 5) intercalées parmi les couches à microsparite. L'imbrication des agrégats sparitiques confère aux lits une structure en fenestrae horizontales (Photo 6). Localement, on observe une alternance des couches à matrice micritique renfermant des amas allongés de microsparite et de l'hématite en granules ou en filaments dispersés ou parfois alignés avec des couches à limite basale nette et sommitale onduleuse à ciment microsparitique renfermant des rares péloïdes à contour flou (Photo 7). Entre ces dernières, s'intercalent des couches sombres à matrice micritique englobant essentiellement des granules et des filaments d'hématite. Il s'agit de l'alternance des lits de microsparite de type mudstone avec des lits d'intrapelmicrite de type wackestone.

- Au sommet, des bancs lités de calcaire à grains très fins de teinte grisâtre et épais de 10 à 20 cm (K7); ces bancs convexes avec des rayons de plus en plus grands vers le haut se concrétionnent autour d'un noyau calcaire de même nature formant ainsi des piliers hémisphériques latéralement rattachés ou parfois séparés par une matrice calcaire à grains très fins de teinte gris mauve (Hofmann, 1969; Photo 8). Le litage se traduit par l'alternance des lits gris blanchâtre avec des lits gris clair; on y observe localement des petites cavités. Selon la classification de Logan et al. (1964), ce récif n'est constitué que de la forme closed lateral linkage of hemispheroids (LLH-C). Au microscope, la roche présente une structure en feuillets; il s'agit des couches à ciment microsparitique englobant des baguettes de sparite qui s'alternent avec des couches à matière organique (Photo 9). Cette alternance illustre un doublet couche claire - couche sombre qui traduit une lamination. La roche renferme également des amas nuageux informes d'oxydes de fer. Il s'agit d'une biolithite;



Photo 2a: piliers cylindriques; 2b-c: structures complexes à bifurcation soit anastomosée soit latérale; Photo 3: piliers en tourbillon; Photo 4: structures complexes à piliers cylindrique-colaire; Photo 5: laminations discontinues et repliées; Photo 6: structure en fenestrae horizontales; Photo 7: granules et filaments d'hématite; Photo 8: bancs convexes autour d'un noyau calcaire de même nature; Photo 9: alternance des couches à ciment microsparitique englobant des baguettes de sparite avec des couches de matière organique

b) Lithofaciès de calcaire massif représenté par les roches suivantes:

- Une succession de deux bancs discontinus épais de 10 à 18 cm de calcaire à grains très fins de teinte gris clair (échantillon K2); la limite entre ces bancs est une surface stylolithique stratiforme; la double amplitude de cette surface à pics tantôt ondulés, tantôt anguleux justifie la variation des épaisseurs de ces bancs; au sommet, on observe des remplissages des creux séparés par des rides plates et parfois aigues (Photo 10). Au microscope, la roche présente un litage planaire (Photo 11) qui se traduit par la présence ou l'absence des petits amas légèrement allongés de matière organique dans des lits à ciment microsparitique. Il s'agit d'une microsparite de type mudstone;
- Des intercalations régulières des bancs de calcaire à grains très fins de teinte gris clair renfermant des nodules calcaires à grains très fins de teinte gris mauve (échantillon K5a); les limites sont tantôt nettes, tantôt marquées par des creux remplis ou non de clastes de calcaire gris clair (Photo 12); l'épaisseur varie de 3,5 à 12 cm. Au microscope, la roche est essentiellement constituée du ciment microsparitique (Photo 13). Il s'agit d'une microsparite de type mudstone;

c) Lithofaciès de calcaire lité en deux bancs:

- Un banc à litage lenticulaire et planaire (Photo 14) de calcaire à grains très fins de couleur grise (échantillon K4); le litage se remarque par l'alternance des lits gris clair épais de 1 à 1,2 cm avec des lits gris sombre épais de 1 à 5 mm; ces derniers sont parfois lenticulaires. Les limites des bancs sont parfois des surfaces stylolithiques stratiformes à pics onduleux. L'épaisseur des bancs va de 6 à 11 cm; l'épaisseur totale est de 50 cm. Au microscope, la roche présente l'intercalation d'une lentille de micrite dans la microsparite (Photo 15). Il s'agit d'une microsparite de type mudstone.
- Un banc de calcaire à grains très fins et à litage planaire (Photo 16) souligné par des lits blanchâtres épais de 0,7 à 3,5 cm qui s'alternent avec des lits gris mauve épais d'environ 2,5 cm (échantillon K6); ces lits sont parsemés ou non des taches de couleur violette; les limites des bancs sont nettes. L'épaisseur du banc est de 16 cm. Au microscope, la roche présente une matrice micritique englobant des cristaux de microsparite, des amas allongés de sparite (Photo 17) et des amas nuageux allongés et informes d'oxydes de fer. Il s'agit d'une intramicrite de type wackestone.

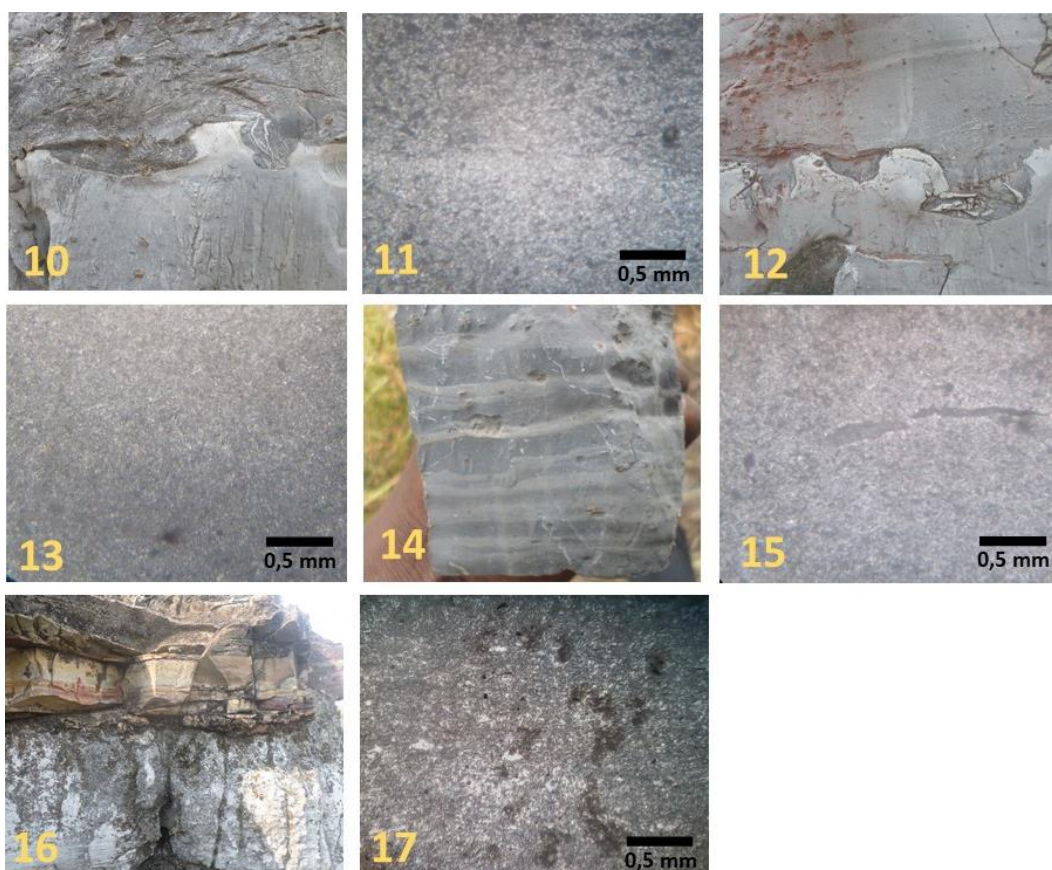


Photo 10: creux remplis des clastes calcaires; Photo 11: litage planaire du à la présence ou l'absence des petits amas de matière organique dans des lits microsparitiques; Photo 12: limites des bans tantôt nettes, tantôt marquées par des creux; Photo 13: ciment microsparitique; Photo 14: litage planaire; Photo 15: intercalation d'une lentille de micrite dans la microsparite; Photo 16: litage planaire souligné par des lits blanchâtres et des lits gris mauve; Photo 17: matrice micritique englobant des cristaux de microsparite, des amas allongés de sparite et des amas nuageux allongés et informes d'oxydes de fer.

d) Lithofaciès de calcaire bréchiq ue repr esent e par deux bancs:

- Un banc à clastes calcaires imbriqués, longs de 1   5,5 cm de teinte gris blanchâtre (Photo 18), englobés dans une matrice calcaire à grains très fins de teinte gris sombre ( chantillon K3); à la base, sa limite est marquée par des remplissages de cavités et chenaux séparés par des rides plates ou aigues. Localement, ces chenaux sont évasés et parois abruptes (Photo 19-20); au sommet, il s'agit d'une surface stylolithique stratiforme   pics onduleux; l'épaisseur du banc est de 14 cm. Au microscope, la roche présente un ciment microsparitique englobant des amas automorphes de sparite et des fragments micritiques subarrondis et allongés de diverses tailles (Photo 21). Ces fragments micritiques sont parfois constitués des p lo ides micritiques (Photo 22). Il s'agit d'une intrapelmicrosparite de type floatstone;
- Des bancs à clastes calcaires (Photo 23), longs de 1 mm à 3 cm de teinte gris sombre, englobés dans une matrice calcaire à grains très fins de teinte gris clair ( chantillon k5b); l'imbrication des clastes confère à la roche un litage lenticulaire; les limites des bancs nettes deviennent parfois onduleuses. L'épaisseur varie de 2,5   5 cm. Au microscope, la roche présente un ciment microsparitique englobant des p lo ides microsparitiques sphériques et ovo ides bord s de matière organique (Photo 24) et des baguettes micritiques (Photo 25). La roche est aussi affectée par des cavités allongées remplies ou non par la sparite. Il s'agit d'une intrapelmicrosparite de type wackestone.

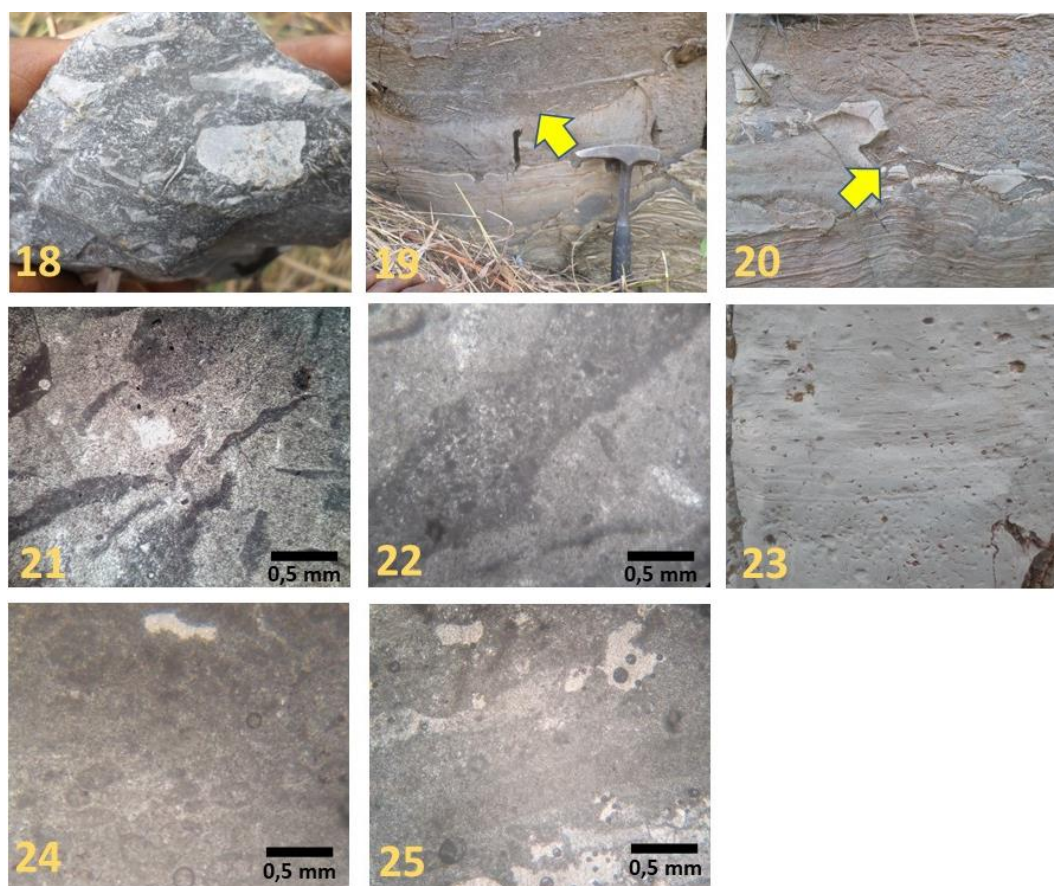


Photo 18: brèche à clastes gris blanc englobés dans une matrice calcaire gris clair; Photo 19: surface irrégulière de forme concave; Photo 20: surface irrégulière à paroi abrupte; Photo 21: microsparite englobant des fragments micritiques; Photo 22: fragments micritiques allongés constitués des p lo ides micritiques; Photo 23: intercalation d'un banc de brèche dans un calcaire massif; Photo 24: ciment microsparitique englobant des p lo ides microsparitiques sphériques et ovo ides bord s de matière organique; Photo 25: ciment microsparitique englobant des baguettes micritiques.

3 DISCUSSION

De la description de quatre lithofaciès rencontrés sur le flanc Est de la colline du camp JVL, nous émettons les hypothèses relatives au pal omilieu en partant de la morphologie et microstructures des stromatolites, des figures sédimentaires, des éléments figurés et de certaines transformations diagénétiques.

3.1 MORPHOLOGIE ET MICROSTRUCTURES DES STROMATOLITES

L'agencement vertical des formes *Collenia* (LLH) et *Cryptozoon* (SH) dans le récif K1 montre que la croissance de ce dernier a évolué en trois cycles bathymétriques du supratidal à l'intertidal (Logan et al., 1964). À côté de ces deux formes, s'observe la forme *Gymnosolen* à bifurcations qui est typique du supratidal (Raaben, 1960 In Hofmann, 1969). Le récif K7 est de type LLH. La forme SH-V est connue dans les récifs sur les caps et les endroits où les vagues de la mer sont modérées, là où il y a beaucoup plus d'humidité et un meilleur drainage. La tendance est alors une croissance verticale plutôt que horizontale. Cette croissance continue jusqu'à quelques centimètres (8 à 20 cm) au-dessus de la marée haute. À ce niveau, la matre algale devient sèche, et son activité est limitée aux rares périodes humides, par exemple, lors des tempêtes. La forme SH-C peut débuter par la couverture des irrégularités du substratum par la matre algale; un important relief favorise également la croissance au sommet ou encore la chute d'un sédiment grossier dans l'espace entre les piliers peut y détruire temporairement l'algal mat et ce dernier peut se rétablir ultérieurement. Le type LLH est caractéristique de plages de vase où se forment des matts algales continues, généralement dans des endroits protégés de la zone intertidale, et où l'action des vagues est faible: angles de baie, derrière les barrières d'îles, etc.

Les travaux de Black (1933) et Ginsburg (1955) ont montré que les stromatolithes se développent dans les zones de marées où abondent des Cyanophycées capables de vivre pendant des longues périodes de sécheresse et des changements considérables de salinité. Les stromatolithes du récif K1 ont une microstructure en feuillets d'ordre primaire, secondaire ou d'ordre tertiaire. Selon Monty (1967), le mécanisme de construction de cette microstructure peut être déterminé par l'alternance des zones calcifiées et sombres à *Schizothrix myochrous* et des zones hyalines et claires à *Scytonema calcicola* développées respectivement pendant la sécheresse au-dessus de la marée haute et pendant l'humidité dans l'intertidal.

La forme *Cryptozoon* se rapproche des constructions à *Schizothrix* séparées par des vides, parfois décollés par un dégagement abondant de bulles de gaz tel qu'observé dans les modèles actuels des Bahamas (Black, 1933) ou des disques régulièrement espacés et soulevés décrits dans le Hamlin Pool du Shark Bay par Hoffmann (1969). La construction de *Collenia* dans les récifs K1 et K7 est pareille à celle des dômes gazeux hémisphériques (6 à 7 cm de diamètre, de 3 à 4 cm de hauteur) isolés au milieu de croûtes algales horizontales et des films bombés non affaissés tel qu'observé par Davies (1970) dans le Shark Bay. Du point de vue écologique, le développement des matts algales actuelles dépendent finalement du climat et particulièrement de son aridité. Il semble qu'en climat tropical humide comme sur les flats tidaux en Floride du Sud (Ginsburg, 1955) et sur l'île d'Andros au Bahamas (Black, 1933), le tapis préfère la zone intertidale à supratidale, tandis qu'en climat tropical sec, ils envahissent les eaux hypersalines de la zone subtidale tel qu'observé en Hamlin pool sur la côte ouest de l'Australie (Playford et Cockbain, 1976).

L'encaissant est essentiellement une boue algale très riche en hématite. L'absence des sédiments terrigènes ou arénacés prouve que cette mer était privée des apports fluviaux. Il se compose de lambeaux de films stromatolitiques, de micrite algale non laminée montrant des sections de tubes clairs.

L'hématite en filaments enchevêtrés et en granules nous ont amenés à leur supposer une origine bactérienne qui trouve probablement son explication dans la composition des coenoses algales et/ou bactériennes initiales (Théobald et Gama, 1969).

3.2 FIGURES SÉDIMENTAIRES

- a) Litage massif.- Le mudstone K5a, dépourvu de lamination, de litage ou de fissilité, est complètement massif au point de présenter un mélange diffus des grains (Förstner et al., 1968). La sédimentation rapide ou le dépôt homogène et continu étant exclu pour les carbonates à grains fins compte tenu de leur vitesse de sédimentation très lente et en outre, les activités de bioturbation animale étant encore rarissimes durant l'Infracambrien, l'absence de litage peut s'expliquer par le drainage de l'eau lors du compactage ou par une forte expulsion des bulles de gaz vers le haut à la suite de dégradation aérobie et anaérobie de la matière organique d'origine cyanobactérienne.
- b) Litage planaire.- Les calcaires K4 et K6 sont des boues finement laminées (parallel laminated mud). En l'absence de l'alternance boue-silt ou boue-sable fin fréquente dans les flats intertidaux, le rubannement de ces pures parallel laminated mud peut être, selon Coleman (1966), le résultat de différences dans la composition pour le calcaire K4 constitué de doublet micrite-microsparite, et dans la coloration mise en évidence par la présence ou l'absence d'oxydes de fer dans la boue du calcaire K6. Les apparentes lentilles de micrite dans la microsparite K4 résultant des transformations diagénétiques de même celles d'oxydes de fer dans la micrite K6 issues de l'association biocoenose Algues-Bactéries ne sont pas d'origine hydrodynamique. Le litage parallèle formé par la boue carbonatée est typique de flat intertidal et de lagon restreint (Nichols, 2009).
- c) Remplissages micritiques et/ou bréchiques des creux dans les mudstones K2 et K5a.- Selon Reineck et Singh (1973), il s'agit des petits creux asymétriques généralement produits sur des fonds de chenaux. Sous certaines conditions, l'écoulement de l'eau sur une surface non consolidée de sédiments creuse des dépressions peu profondes. Ces dépressions sont habituellement asymétriques avec une forte pente vers l'amont et une pente douce vers l'aval. Dans des cas assez rares, les pentes vers l'amont sont plus douces que les pentes vers l'aval. Quand la vitesse du courant diminue, ces dépressions sont remplies vers l'arrière avec des sédiments relativement plus grossiers que le substratum (Shrock, 1948). Dans d'autres cas, si le courant qui faisait le récure perd

soudainement sa puissance et l'eau devient plutôt calme, les creux sont rapidement remplis par de la matière plus fine que le substratum (Shrock, 1948). Ces structures érosionnelles peuvent être fluviales ou de marée. Mais comme, les clastes du calcaire bréchique K3 ne sont essentiellement constitués que d'intraclastes calcaires qui selon Stow (2010) et Nichols (2009), seraient issus de l'érosion des sédiments de flat intertidal et des lagons par des courants de marée, ces structures ne peuvent être caractéristiques que des chenaux intertidaux. Ces processus d'érosion sont aussi responsables de la production des baguettes micritiques du calcaire bréchique (K5b).

- d) Cavités.- Présentes dans le calcaire bréchique K5b et dans le calcaire stromatolithique K7, ces cavités proviennent respectivement de la dissolution des évaporites et des fragments micritiques dans la zone éogénétique (Moore, 1989).
- e) Structure en fenestrae.- Elle est observée dans le calcaire stromatolithique K1. Elle résulte de la dessiccation d'un sédiment d'origine algaire déposé dans la zone supratidale (Shinn, 1968).

3.3 ÉLÉMENTS FIGURÉS

Les péloïdes micritiques du calcaire stromatolithique K1 montrent un contour flou qui témoigne qu'ils ont été recristallisés après leur dépôt. Selon Chafetz (1986), ces péloïdes se forment par la précipitation in-situ de carbonates liés à l'activité microbienne dans le flat intertidal. Tandis que les péloïdes microsparitiques à contour bordé par de la matière amorphe du calcaire bréchique K5b sont le produit de la précipitation chimique de l'aragonite concentrée en granules et qui recristallise après pour donner aux péloïdes cette composition microsparitique (Illing, 1954). Leur association avec des baguettes micritiques témoigne un environnement de haute énergie ou à énergie modérée comme le flat intertidal. Les filaments légèrement recourbés et discontinus de matière amorphe du calcaire massif K2 sont des débris de mattes algaires mélangés aux boues lagonaires des environnements restreints (Lees, 1975). Les baguettes de sparite contenues dans le calcaire stromatolithique K7 sont typiques de pseudomorphoses des cristaux de gypse ou de l'anhydrite par la calcite en présence des hydrocarbures dans le domaine intertidal supérieur ou supratidal (Clarke and Talbacka, 1980).

3.4 ÉVOLUTION PALÉOENVIRONNEMENTALE

De la morphologie et la microstructure des stromatolites, des figures sédimentaires ainsi que des éléments figurés analysées suivant le profil vertical des lithofaciès du camp JVL, nous ne retenons que les sous-environnements adjacents dont le passage latéral de l'un à l'autre justifie, selon Walter (1894), les changements environnementaux à travers le temps:

- Le calcaire stromatolithique K1 du flat supratidal à intertidal;
- Le calcaire massif K2 dans le lagon restreint;
- Le calcaire bréchique K3 dans le chenal intertidal;
- Le calcaire lité K4 dans le flat intertidal;
- Le calcaire massif K5a dans le lagon restreint;
- Le calcaire bréchique K5b dans le flat intertidal;
- Le calcaire lité K6 dans le lagon restreint;
- Le calcaire stromatolithique K7 dans le flat intertidal à supratidal.

3.5 MODÈLE DES FACIÈS ET FLUCTUATION EUSTATIQUE

D'après Tucker (1995), les différents faciès et sous-environnements des calcaires du camp JVL s'apparentent à ceux d'un modèle d'arrière rampe en environnement chaud pareil à la Côte des Pirates où:

- Les calcaires stromatolithiques K1 et K7 sont considérés comme la boue organo-sédimentaire de flat intertidal à supratidal associée au dépôt évaporitique;
- Les calcaires lités (K4) et les calcaires bréchiques (K5a) sont assimilables aux carbonates de flat intertidal;
- Enfin, les calcaires massifs (K2 et K5b) sont communs aux boues lagonaires.

Ces milieux ont été des temps en temps érodés par des chenaux intertidaux fossilisés par le calcaire bréchique K3.

Tableau 3. Trois types de cycles eustatiques du shelf margin system tract du camp JVL

Lithofaciès	Paléomilieus	Fluctuations eustatiques	Cycles eustatiques
Stromatolithes K7	Flat intertidal à supratidal	↓	Type II à gains et pertes équilibrés des terres
Calcaire lite K6	Lagon restraint	↑	
Calcaire bréchique K5b	Flat intertidal	↓	
Calcaire massif K5a	Lagon restraint	↑	
Calcaire bréchique K5b	flat intertidal	↓	
Calcaire massif K5a	Lagon restraint	↑	
Calcaire lite K4	Flat Intertidal	↓	
Calcaire massif K2	Lagon restraint	↑	
Calcaire lite K4	Flat intertidal	↓	
Calcaire massif K2	Lagon restraint	↑	Type III à longue transgression
Calcaire lite K4	Flat intertidal		
Calcaire bréchique K3	Chenal intertidal	↓	
Calcaire massif K2	Lagon restraint	↑	
Calcaires stromatolitiques K1	Flat intertidal		Type I à très courtes transgressions et regressions
	Flat supratidal	↓	
	Flat intertidal	↑	
	Flat supratidal	↓	
	Flat intertidal	↑	
	Flat supratidal		

Dans l'ensemble, les lithofaciès du camp JVL se cantonnent au domaine côtier marqué par la présence des récifs algaires à la base et au sommet. Entre ces deux biohermes sujets aux variations bathymétriques mises en évidence par l'alternance des formes *Cryptozoon* et *Collenia*, les dépôts lagonaires alternent régulièrement avec ceux de flat intertidal. Par la présence des évaporites, des éléments remaniés et des figures érosionnelles, les lithofaciès du camp JVL constituent une unité stratigraphique régressive généralement déposée après le point d'inflexion d'une chute modérée du niveau marin sur la partie externe du plateau continental recouvert d'eaux saumâtres et isolé d'apport clastiques sous un climat désertique vers la fin de l'Édiacarien (Nichols, 2009; Termier et Termier, 1952; Tucker, 1995, Cibambula, 2016). Il s'agit d'un shelf margin system tract jonché de huit cycles sédimentaires d'ordres inférieurs répartis en trois types (Tableau 3). Cette régression avec variation latérale des faciès n'est pas due à l'évaporation mais plutôt à un mouvement épirogénique local (Boulin, 1977; Vail et al., 1977; Haq et al, 1988).

REFERENCES

- [1] Aitken, J.D. (1967): Classification and environment significance of cryptalgal limestones and dolomites, with illustrations from the Cambrian and Ordovician of SW Alberta, *Journ. Sedim. Petrol.*, 37, 4, 1163-1178.
- [2] Alvarez, Ph. et Maurin, J.C. (1990): Evolution tectono-sédimentaire du Supergroupe Ouest-Congolien (Protérozoïque supérieur – Paléozoïque) et stratigraphie séquentielle du cycle Schisto-calcaire au Congo. Implications en Afrique centrale (Congo, Gabon, Bas-Zaïre, Angola), *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 311, 693-698.
- [3] Black, M. (1933): The algal sediment of Andros Island, Bahamas, *Philos. Trans. of Roy. Soc. London*, 222, 165-192.
- [4] Boulin, J. (1977): *Méthodes de la stratigraphie et géologie historique*, Masson, Paris, 226p.
- [5] Cahen, L. (1950): Le calcaire de Sékelolo, le complexe tillitique et la Dolomie rose C₁, dans l'anticlinal de Kongo dia Kati (Bas-Congo), *Ann. Mus. Congo Belge*, Tervuren, Belgique, sér. in 8°, Sci. Géol., 7, 55p., X pl. hors-texte.
- [6] Cahen, L. (1978): La stratigraphie et la tectonique du Supergroupe Ouest-Congolien dans les zones médiane et externe de l'orogénèse Ouest-Congolien (Panafricain) au Bas-Zaïre et dans les régions voisines, *Ann. Soc. Géol. Belg.* 99, 189-203.

- [7] Chafetz, H.S. (1986): Marine peloids: a product of bacterially induced precipitation of calcite. *J. Sed. Petrol.* 56, 812-817
- [8] Cibambula, C.M.E. (2013): La Formation du Conglomérat de Bangu-Niari sur le massif de Bangu (degré carré de Ngungu), une diamictite périglaciaire, témoins de la fragmentation de Rodinia dans le fossé de la Basse-Sangha, *Mém. D.E.A., Inédit. Dép. Sci. de la Terre, Univ. Kinshasa*, 97p.
- [9] Cibambula, C.M.E. (2016): Le Sous-groupe de la Mpioka: un flysch de la chaîne Panafricaine West Congo dans la Province du Kongo Central (R.D. Congo), *Th. Doc. Inédit, Dép. Géosc., Univ. Kinshasa*, 185p.
- [10] Clark, D.N. and Talbacka, L. (1980): The Zechstein deposits of southern Denmark, in: The Zechstein Basin with Emphasis on Carbonate Sequences, Füchtbauer, H. and Peryt, T. (eds). Stuttgart, *E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung*, 9 (1980), 205-231.
- [11] Coleman, J.M. (1966): Ecological changes in a massive fresh water clay sequence, *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.* 16, 159-174.
- [12] Colombié, C. (2002): Sédimentologie, stratigraphie séquentielle et cyclostratigraphie du Kimméridgien du Jura suisse et du Bassin vocontien (France): relations plate-forme -bassin et facteurs déterminants, *Th. Doc. Fac. Sc. Univ. de Fribourg (Suisse)*, 198p.
- [13] Cosson, J. (1955): *Notice explicative sur les feuilles Pointe-Noire et Brazzaville. Carte géologique de reconnaissance au 1/500.000*, Dir. Mines Géol. A.E.F., 56p
- [14] Davies, G.R. (1970): Algal-laminated sediments, Glastone embayment, Shark Bay, Western Australia, *Amer. Ass. Petrol. Geol., Mem.* 13, 169-205.
- [15] Dunham, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in classification of carbonate rocks, Ham, W.E. ed., *Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, 1, 108-121.
- [16] Embry, A.F et Klován, J.E. (1971): A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, *Bull. Can. Petrol. Geol.*, 19, 730-781.
- [17] Folk, R.L. (1959): Practical classification of limestone, *A.A.P.G. Bull.*, 43, 1-38.
- [18] Förstner, U., Müller, G. et Reineck, H. E. (1968): Sedimente und sedimentgefüge des Rheindeltasim Bondensee, *Neues Jahrb. Mineral. Abhandl.* 109, 33-62.
- [19] Ginsburg, R.N. (1955): Recent stromatolitic sediments from South Florida, *Abstr. Journ. Of Paleontol.*, 29, 723p.
- [20] Haq, B.U., Hardenbol, J. et Vail, P.R. (1988): Mesozoic and Cenozoic stratigraphy and cycles of sea level change., in: Sea level changes; an integrated approach, Wilgus, C.K. ed., *S.E.P.M. Sp. Pub.*, 42, 71-183.
- [21] Hoffmann, H.J. (1969): Attributes of stromatolites, *Geol. Surv. Canada*, 39-69, 43p.
- [22] Illing, (1954)
- [23] Kendal, C.G et Skipwith, Sir P.A. (1968): Recent algal mats of a Persian Gulf lagoon, *Journ. Sedim. Petrol.*, 38, 4, 1040-1058.
- [24] Lees, A. (1975): Possible influences of salinity and temperate on modern shelf carbonate sedimentation. *Marine Geology*, 19, 159-198.
- [25] Logan, B.W., Rezak, R. et Ginsburg, R.N., (1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites, *Journ. Geol.*, 72, 1, 68-83.
- [26] Monty, C.L.V. (1967): Recent algal stromatolites in the Windward lagoon, Andros Island, Bahamas, *8th Intern. Sediment. Cong. Heidelberg (Abs.)*.
- [27] Nichols, G. (2009): *Sedimentology and stratigraphy*, 2nd ed., Wiley-Blackwell, Oxford, U.K., 418p.
- [28] Playford, P.E. et Cockbain, A.E. (1976): Modern algal stromatolites at Hamlin pool, a hypersaline barred basin in Shark Bay, western Australia in M.R. Walter (Ed.), *Stromatolites. Developments in Sedimentology*, 20, Elsevier, 389-411
- [29] Reineck, H.E. et Singh, I.B. (1973): *Depositional sedimentary environment*, Springer-Verlag, 939p.
- [30] Sarg J.F, (1988): Carbonate sequence stratigraphy in sea level changes – an integrated approach, *SEPM, spec. pub.* 42, 155-182.
- [31] Schermerhon, L.J.G. (1961): Sedimentary cycles in the West Congo geosynclines of Northwest Angola, *Bol. Serv. Geol. Min., janeiro-junho*, 3, 47-63.
- [32] Shinn, E. A. (1968): Practical significance of birdseye structures in carbonate rocks. *J. Sediment Petrol.* 38, 215-223.
- [33] Shrock, R. R. (1948): *Sequence in layered rocks*, McGraw-Hill Book Co, New York. 507p
- [34] Stow (2010): *Sedimentary rocks in the field. A colour guide*, Masson Publishing Ltd, London, U.K., 320p.
- [35] Termier, H. et Termier, G. (1962): *Histoire géologique de la biosphère. La vie et les sédiments dans les géographies successives*, Masson et Cie, Paris VI, 721p.
- [36] Théobald, N. et Gama, A. (1969): *Paléontologie, Eléments de paléobiologie*, Doin, Paris, 584 p.
- [37] Tack, L., Wingate, M.T.D., Liégeois, J.P., Fernandez-Alonso, M., Deblond, A. (2001): Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton, *Prec. Res.*, 110, 277-306.
- [38] Tucker, M. (1995): *Sedimentary petrology. An introduction to the origin of sedimentary rocks*, Geoscience texts, Backwell Science, Oxford, 260p.
- [39] Vail, P., (1987): Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy, part I: Seismic stratigraphy interpretation procedure, in: Atlas of seismic stratigraphy, *Am. Ass. Petrol. Geol. Stud. Geol.*, 27, 1-10.
- [40] Walther, J. (1894): Einleitung in die Geologiealshistorische Wissenschaft, *Fischer-Verlaglena*, 535-1055.

Etude paléoenvironnementale des roches carbonatées de la région Lufu-Toto située dans le degré carré de Ngungu (Province du Kongo Central, R.D. Congo)

[Paleoenvironmental study of carbonate rocks in the Lufu-Toto region located in the square degree of Ngungu (Kongo Central Province, R.D. Congo)]

L. O. Tuema¹, C. L. Mukeba¹, C. M. E. Cibambula¹, M. J. A. Makutu¹, and H. M. Tshombe²

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Dép. Géosciences, B.P 190, Kinshasa XI, RD Congo

²Centre de Recherche Géologique et Minière (CRGM), B.P 898 Kinshasa, Gombe, RD Congo

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the Western Congo Basin, The C4a Member of the Lufu-Toto region is characterized by the combination of mixed silico-clastic carbonate facies and purely carbonate facies divided into four zones of the facies. The first area of facies (ZF1) is characterized by the gray-green marls with lenticular bedding of maritime marshes, the purple marls with planar bedding of muddy flat and the dolomitic shales of salt pond. The second zone of facies (ZF2) is characterized by mixed flat sandstone marls. The combination of these two areas with the tidal channels (ZF4) translated by the purple marls with oblique bedding is typical of a macrotidal coast, adjacent to the restricted lagoon (ZF3) with laminar limestone, mudstone limestone and gray dolomite otherwise called « coastal-lagoon complex ».

KEYWORDS: West Congo Basin, Schisto-calcaire, C4a Member, mixed silico-clastic carbonate facies, purely carbonate facies, lagoon, macrotidal coast.

RESUME: Dans le bassin Ouest-Congolien, le Membre C4a de la région de Lufu-Toto est caractérisé par la combinaison des faciès mixtes silico-clastiques carbonatés et des faciès purement carbonatés répartis en quatre zones des faciès. La première zone des faciès (ZF1) est caractérisée par les marnes gris vert à litage lenticulaire de marais maritimes, les marnes mauves à litage planaire de flat boueux et les shales dolomitiques d'étang salant. La deuxième zone des faciès (ZF2) est caractérisée par les marnes gréseuses de flat mixte. La combinaison de ces deux zones avec les criques tidales (ZF4) traduites par les marnes mauves à litage oblique est typique d'une côte macrotidale, adjacente au lagon restreint (ZF3) à biolithite, calcaire mudstone et dolomie grise autrement appelé « complexe côtier-lagonaire ».

MOTS-CLEFS: Bassin ouest-congolien, Schisto-calcaire, Membre C4a, faciès mixtes silico-clastiques carbonatés, des faciès purement carbonatés, lagon, côte macrotidale.

1 INTRODUCTION

Située dans la plaine schisto-calcaire au sud-ouest du petit plateau de Mbanza-Ngungu, la région de Lufu-Toto est comprise entre 14°37' et 14°48' de longitude Est et 5°24' et 5°35' de latitude Sud (Fig.1). Elle renferme essentiellement des roches du Membre C4a (tableau 1), constituant un cortège de bas niveau marin caractérisé par un important apport silico-clastique dans le bassin ouest-congolien (Mfere et al., 2020). Ces roches du Membre C4a sont sus-jacentes aux calcaires du Membre C3b2 appartenant eux-mêmes aux dépôts de haut niveau marin. Elles sont, du point de vue paléoenvironnemental, similaires aux faciès de rampe carbonatée à barrière oolithique (Cahen, 1978; Alvarez, 1995; Cailteux et al. 2015). Ces variations eustatiques sujettes à des migrations spatio-temporelles des milieux (Boulin, 1977) nous poussent à la recherche des marqueurs environnementaux enregistrés lors du dépôt des roches du Membre C4a.

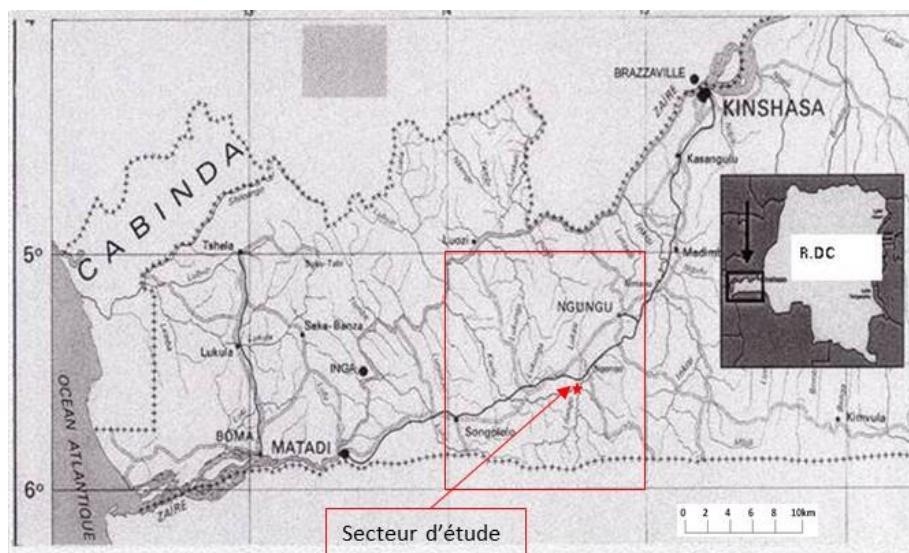


Fig. 1. Situation de la province du Kongo Central à l'Ouest de la R.D.Congo (IGCO)

Pour atteindre cet objectif, l'analyse séquentielle sur le terrain et les descriptions microscopiques ont permis de mettre en évidence les variations des faciès. Des structures ainsi mises en exergue, les paléomilieus sont restitués sur base du principe de l'uniformitarisme énoncé par Boulin (1977).

Tableau 1. Subdivisions lithostratigraphiques du Groupe Ouest-Congolien (Cahen, 1978; Tack et al., 2001; Cibambula, 2013)

Sous-groupes/Formations		Couches et Membres	
Fm de la Haute-Mpioka	Sous-groupe de la Mpioka	Quartzites, shales, grès	
Fm de la Basse-Mpioka		Siltites, grès, shales, quartzites	
Fm du conglomérat de Bangu-Niari		Brèches, grès, shales	
Formation de Ngandu CIV	Sous-groupe Schisto-calcaire	Calcaires, shales et grès	
Formation de Bangu CIII		C5b : calcaires, dolomies, oolithes et pseudo-oolithes de Kisantu	
		C5a : calcaires dolomitiques	
		C4c : shales et calcaires dolomitiques	
Formation de Lukunga CII		C4b : calcaires et dolomies	
		C4a : shales et calcaires	
		Formation de Kwilu CI	C3 : Calcaires de la Luanza
C3a : calcaires et shales calcareux			
C2 : Calcaires de Bulu			
C1 : Dolomies roses et grises			
Formation de la Diamictite Supérieure (Marinoen)	DSII : 2 ^{ème} épisode glaciaire suivi de la période post-glaciaire	DS4 : Grès conglomératique	
		DS3 : Paraconglomérat:	
		DS2 : Grès conglomératique	
		DS1 : Paraconglomérat	
Sous-groupe du Haut-Shiloango (Cryogénien)		Calcaire de Sekelolo	
		Grès de la Petite-Bembezi	
Formation de la Diamictite Inférieure (Sturtien)		Paraconglomérat avec basaltes interstratifiés	
Sous-groupe de la Sansikwa		Quartzites, quartzites à talc et argilites.	

2 PRESENTATION DES DONNEES DE TERRAIN

Les roches décrites dans les environs de Lufu-Toto affleurent dans le lit et le long des berges des rivières Mbafu, Mpala, Mantusu et Lufu (Fig. 2).

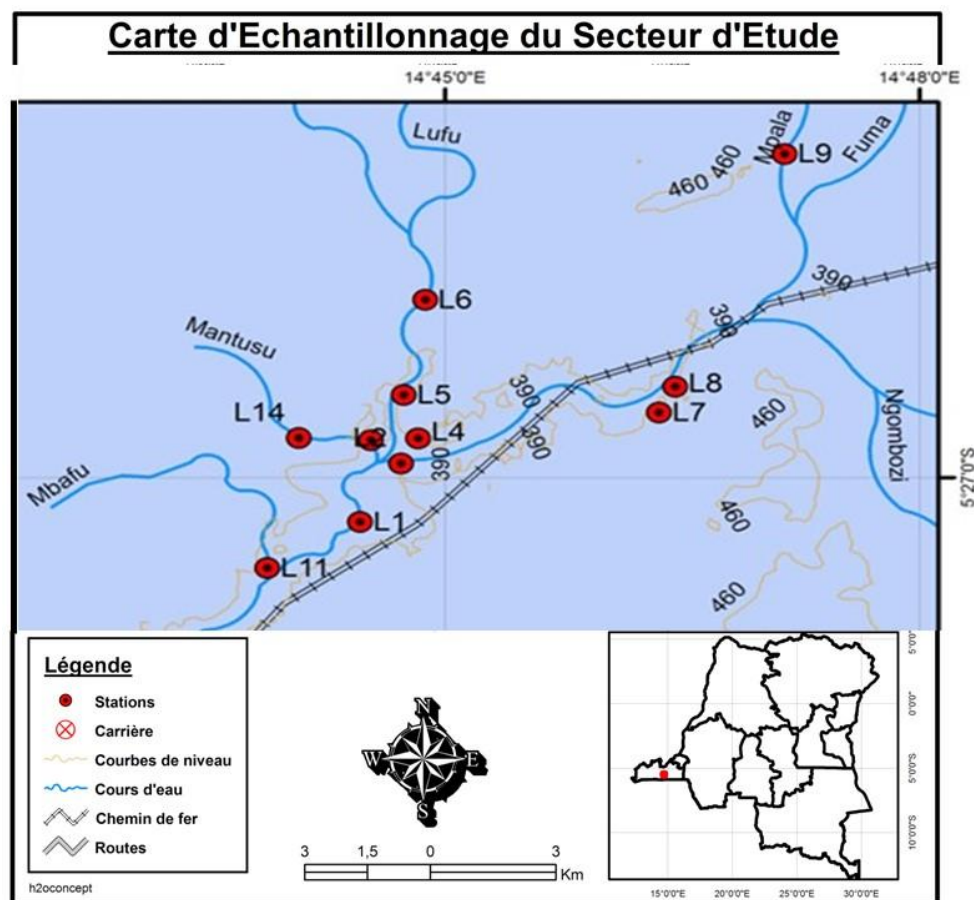


Fig. 2. Carte des stations d'observation et d'échantillonnage

Dans le lit de la rivière Mbafu, à 10 m de la voie ferrée Kinshasa-Matadi et 12 Km de Lufu-Toto, se superposent des bancs finement lités de roche argilo-gréseuse à grains fins à moyens de couleur mauve (Echantillon L11); le litage planaire se traduit par l'alternance des lits mauve clair avec des lits marron; les surfaces des bancs renferment des cavités tapissées par des petits cristaux de calcite (Photo 1); l'épaisseur des lits varie entre 1 et 2 mm; celle des bancs varie entre 5 et 11 cm; l'épaisseur totale est d'au moins 1,1 m. La roche fait effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de marnes gréseuses.

Le long des berges de la rivière Kwilu, à 20 m de la voie ferrée Kinshasa-Matadi, se superposent des bancs lités de roche argilo-carbonatée à grains fins de couleur mauve (Echantillon L1); le litage planaire se traduit par l'alternance des lits de couleur mauve clair et marron; les surfaces de stratification sont recoupées par des fentes irrégulières remplies d'oxydes de fer (Photo 2); l'épaisseur des lits varie entre 1 à 2 mm; celle des bancs va 6 à 9 cm; l'épaisseur totale est d'environ 87 cm. La roche ne fait pas effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de shales dolomitiques.

Le long des berges de la rivière Mantusu, se superposent des bancs lités et caverneux de roche argilo-carbonatée à grains fins de couleur mauve (Echantillon L10) (Photo 3); le litage fruste et planaire se traduit par l'alternance des lits mauves avec des lits marron. Parallèlement aux plans de litage, s'alignent des cavités allongées et tapissées des cristaux de calcite; les limites des bancs sont nettes; l'épaisseur des bancs varie entre 4 et 10 cm; l'épaisseur totale est de 2 m. La roche fait effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de marnes mauves.

Le long des berges de la rivière Kwilu, à 100 km de la voie ferrée Kinshasa-Matadi, se superposent des bancs massifs de roche carbonatée à grains très fins de couleur gris clair intercalés par des petits bancs d'argilites à grains fins de couleur brune épais de 2 à 3 cm (Echantillons L2 et L3) (Photo 4); les surfaces de stratification sont légèrement onduleuses; l'épaisseur des bancs varie entre 5 et 7 cm; l'épaisseur totale est d'environ 1m. La roche fait effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de calcaire massif.

Le long des berges de la rivière Lufu, se superposent des petits bancs lités et poreux de roche argilo-gréseuse à grains moyens de couleur mauve (Echantillon L4) (Photo 5); le litage planaire se remarque par l'alternance des lits de couleur mauve épais de 1,5 mm avec des lits de couleur mauve noir épais de 0,5 mm; le diamètre des pores est d'au moins 1 mm; les surfaces de stratification sont planaires; l'épaisseur des bancs varie entre 3 et 5 cm; l'épaisseur totale est d'environ 50 cm. La roche fait effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de marnes gréseuses.

Le long des berges et à environ 2 m du pont de la rivière Lufu, se superposent des bancs finement lités et caverneux de roche argilo-gréseuse à grains fins à moyens de couleur mauve (Echantillon L5); le litage planaire se traduit par l'alternance des lits mauves avec des lits marron; les surfaces de stratification sont planaires et affectées par des cavités; ces dernières tapissées des petits cristaux allongés de calcite sont parfois parallèlement alignées au plan de litage (Photo 6); l'épaisseur des lits varie entre 1 et 2 mm; celle des bancs augmente de 4 à 7 cm; l'épaisseur totale est de 1,5 m. La roche fait effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de marnes gréseuses.



Photo 1: cavités tapissées par des cristaux de calcite; Photo 2: fentes irrégulières remplies d'oxydes de fer sur la surface d'un shale dolomitique; Photo 3: succession des bancs de marnes mauves; Photo 4: échantillon de calcaire massif limité par des couches d'argilites; Photo 5: succession des bancs de marnes gréseuses; Photo 6: des cavités alignées parallèlement au litage de marnes gréseuses.

Le long des berges situées en amont de la rivière Lufu, à environ 50 m de la route qui mène à la bifurcation de Kolo Fuma, se superposent des bancs lités de roche carbonatée à grains très fins de couleur grise (Echantillon L6); le litage planaire se traduit par l'alternance des lits gris blanc avec des lits gris clair (Photo 7); la présence des lentilles longues d'au moins 1 cm confère à la roche un litage lenticulaire; les limites des bancs sont nettes; l'épaisseur des lits est millimétrique; celle des bancs varie entre 9 et 12 cm; l'épaisseur totale est d'au moins 30 cm. La roche ne fait pas effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de dolomie grise.

Dans la source Kidi, à 10 m de la rivière Kwilu, se superposent des bancs lités de roche carbonatée à grains très fins de couleur grise, parsemés des cristaux de pyrite de couleur jaune (Echantillon L7); le litage fin et planaire se traduit par l'alternance des lamines gris clair

épais d'environ 1 mm avec des lits gris mauve épais d'au moins 2 mm; les surfaces de stratification renferment des rides dissymétriques (Photo 8); l'épaisseur des bancs varie entre 5 et 12 cm; l'épaisseur totale est d'au moins 40 cm. La roche acquiert par altération une touchée talqueuse et fait effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de calcaire finement lité.

Dans le lit de la rivière Kwilu, se superposent des bancs massifs de roche carbonatée à grains très fins de couleur gris clair (Echantillon L8) (Photo 9); les limites des bancs sont nettes et tapissées d'une fine couche argileuse de couleur gris vert; l'épaisseur des bancs varie entre 5 et 14 cm; l'épaisseur totale est de 24 cm. La roche fait effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de calcaire massif.

Dans le lit de la rivière Mpala, à 300 m de la voie ferrée Kinshasa-Matadi, se superposent des bancs lités de roche argilo-carbonatée à grains fins de couleur gris vert (Echantillon L9) (Photo 10); le litage fruste et lenticulaire se remarque par l'alignement des lentilles de couleur grise; les limites des bancs sont nettes; l'épaisseur des lits est d'environ 1mm; celle des bancs varie entre 5 et 8 cm; l'épaisseur totale est d'au moins 1m. La roche fait effervescence à froid à l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. Il s'agit du lithofaciès de marne gris vert.



Photo 7: litage planaire sur un échantillon de dolomie grise; **Photo 8:** une ride sur la surface de calcaire finement lité; **Photo 9:** des bancs de calcaire massif; **Photo 10:** succession des bancs de marnes gris vert.

3 DESCRIPTIONS MICROSCOPIQUES

- a. Le lithofaciès de marne gréseuse présente un litage planaire qui se traduit par l'alternance des lits argileux avec des lits silteux (Photo 11); les premiers lits renferment des grains fins de quartz de forme arrondie, subarrondie et allongée dispersés dans une abondante matrice argilo-sparitique; les seconds sont caractérisés par une proportion importante des grains de quartz fins à moyens de forme subanguleuse, subarrondie et allongée empâtés dans une matrice argilo-sparitique.
- b. Le lithofaciès de marne mauve présente une alternance des lits silto-argilo-micritiques constitués par des grains fins de quartz arrondis et bien classés dans une matrice argilo-micritique avec des lits argilo-micritiques ne renfermant que des rares grains fins de quartz de forme arrondie (Photo 12). Le contact entre ces lits est jalonné des petits creux (Photo 13).
- c. Le lithofaciès de marne gris vert montre un litage lenticulaire mis en évidence par la présence des lentilles de matière organique (Photo 14) et celles de siltites (Photo 15) dans des lits argilo-micritiques. Les lentilles de siltites sont essentiellement constituées des grains jointifs de quartz fins de forme arrondie englobés dans une infime matrice argileuse.
- d. Le lithofaciès de shales dolomitiques a un litage planaire souligné par une alternance des lits silto-argilo-dolomicritiques à grains fins de quartz de forme arrondie englobés dans une matrice argilo-dolomicritique avec des lits argilo-dolomicritique renfermant quelques rares grains fins de quartz. Le contact entre ces lits est tantôt fruste, tantôt une surface marquée par des petites rides irrégulières (Photo 16).

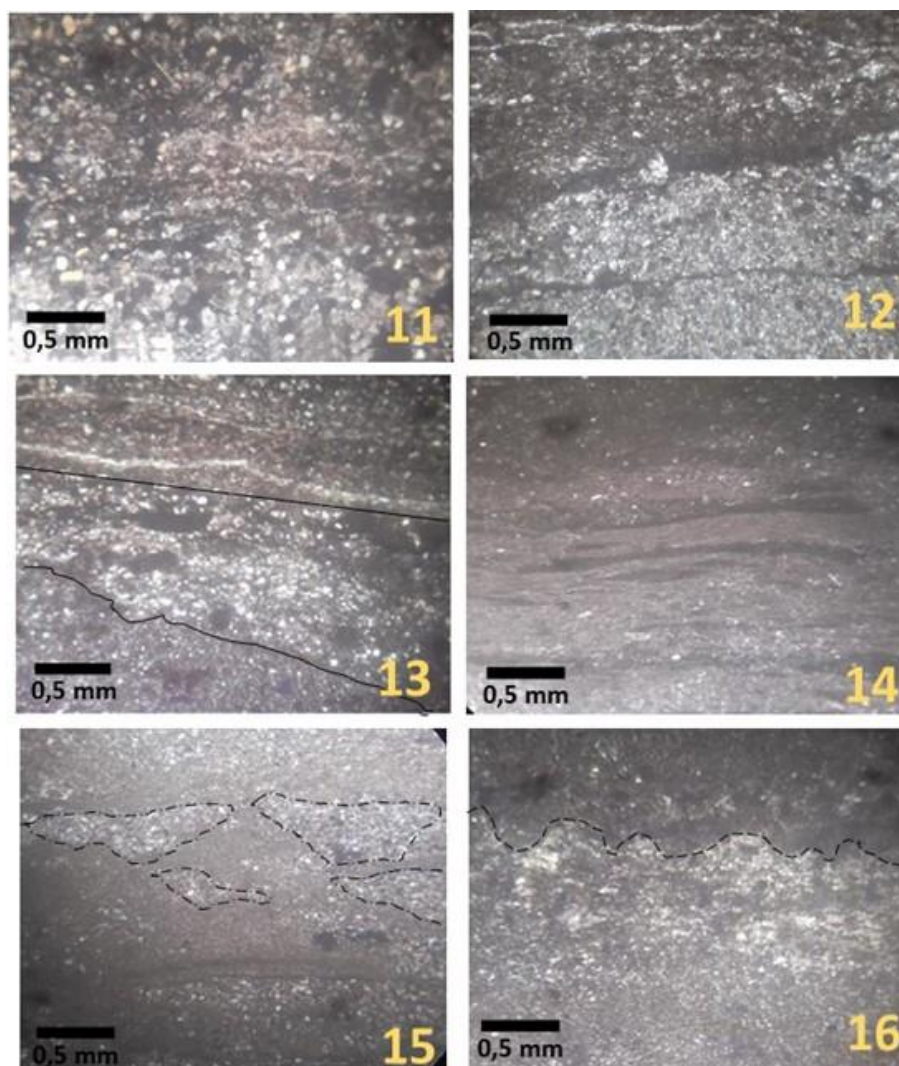


Photo 11: litage grossier, planaire et fruste dans la marne gréseuse; Photo 12: des lits argilo-micritiques avec des lits de siltites dans la marne mauve; Photo 13: surface marquée par des petits creux dans la marne mauve; Photo 14: des lentilles de matière organique dans la marne gris vert; Photo 15: des lentilles de siltites dans la marne gris vert; Photo 16: des petites rides sur un lit silteux du shale dolomitique.

- e. Le lithofaciès de calcaire massif montre une matrice micritique englobant des rares cristaux automorphes et xénomorphes de sparite et des amas allongés de matière organique (Photos 17 et 18). D'après Folk (1959) et Dunham (1962), ce lithofaciès est une micrite de type mudstone;
- f. Le lithofaciès de calcaire finement lité présente une matrice micritique renfermant des rares cristaux automorphes et xénomorphes de sparite dans les roches B4 et L3 (Photo 19) et des amas allongés de matière organique dans la roche L3 (Photo 20). Selon Folk (1959) et Dunham (1962), il s'agit d'une micrite de type mudstone;
- g. Le lithofaciès de dolomie grise présente un litage planaire se traduisant par l'alternance des lits dolomicritiques contenant ou non des petits cristaux xénomorphes de sparite et les amas nuageux informels de matière organique (Photo 21). D'après Folk (1959) et Dunham (1962), ce lithofaciès est une dolomicrosparite de type mudstone.

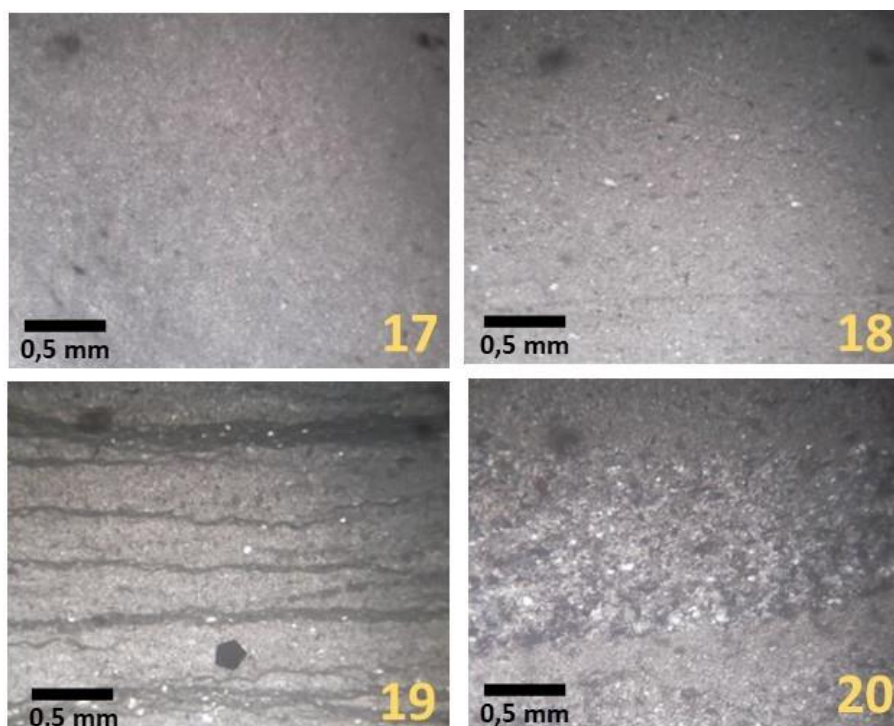


Photo 17: matrice micritique; **Photo 18:** des petits cristaux de sparite et des amas allongés de matière organique dans la micrite; **Photo 19:** des lits microsparitiques englobant des petits cristaux de sparite et de pyrite automorphe; **Photo 20:** litage planaire traduit par la présence ou non des cristaux de sparite et de la matière organique dans la dolomicrite.

4 INTERPRÉTATION SÉDIMENTOLOGIQUE

Résultant des processus sédimentaires agissant dans un bassin pendant la sédimentation (Nichols, 2009), les grains non carbonatés (le quartz, pyrite et matière organique, oxyde de fer) grains de quartz ainsi que la variété des structures sédimentaires relevées dans ces lithofaciès du Membre C4a de la Formation de Lukunga interviennent dans la restitution de ces mécanismes sédimentaires rattachés à un environnement spécifique de dépôt pour chacun des lithofaciès.

1. Pour la majorité des grains de quartz, le classement de ces grains pris ensemble avec la forme et le degré de l'arrondi indiquent que ces sables et silts ont subi un degré très élevé d'abrasion au cours d'un long transport par l'eau et/ou par le vent le débarrassant des éléments instables comme le feldspath et le mica avant leur arrivée dans le milieu de dépôt.

Ces grains de quartz abondants dans les shales dolomitiques, les marnes gréseuses, les marnes mauves et les marnes gris vert représentent, selon Nichols (2009), un important apport terrigène dans le bassin marin.

2. Pour la matière organique, en l'absence des animaux et des végétaux supérieurs au cours du Précambrien, elle ne peut résulter que de la dégradation des cyanobactéries. Sa préservation nous incline à croire à la prévalence des conditions de dépôt légèrement réductrices régnant dans des bourniers profonds ou superficiels tel que suggéré par Nichols (2009). Si l'on se réfère aux travaux de Reineck et Singh (1973), les lentilles de matière organique observées dans la marne gris vert rappelle la décomposition des mattes algaires sur les zones de marais marins riches en boue argileuse. Quant aux amas nuageux de matière organique, Lees (1975) les assimile aux fragments de ces mattes algaires découpés ainsi par l'érosion dans des environnements marins à circulation restreinte tels que le flat intertidal et le lagon restreint.
3. La pyrite résulterait de la dégradation anaérobie de la matière organique par les bactéries comme l'on démontré les travaux réalisés par Jorgensen (1983) et Pittet (1996). Disséminée dans les roches à grains très fins de la Formation de Lukunga, elle leur confère une coloration gris sombre, caractéristique des environnements restreints réducteurs tel qu'observé par Black (1982) dans les formations similaires de l'île d'Andros au Bahamas.
4. L'oxyde de fer sous forme d'hématite en imprégnation confère une couleur mauve aux différents lithofaciès tel que démontré par Boulin (1977). Par contre, sous forme de goethite, elle est responsable de la coloration brune survenant dans les dépôts ayant aussi évolué dans un milieu oxydant.
5. Le litage massif témoigne la sédimentation rapide ou le dépôt homogène et continu des sédiments. Mais cela étant exclu pour les calcaires à grains fins compte tenu de leur vitesse de sédimentation très lente, Förstner et al. (1968) l'attribue au drainage de l'eau

lors du compactage des sédiments ou à une forte expulsion des bulles de gaz vers le haut à la suite de la dégradation aérobie et anaérobie de la matière organique d'origine cyanobactérienne.

6. Le litage planaire exprime la différence granulométrique. Selon Boulvain (2010), il est typique des environnements tidaux. Par contre, dans la boue essentiellement calcaire, ce litage peut être, selon Coleman (1966), il traduit le doublet micrite-microsparite auquel s'ajoute la différence de coloration induite par la matière organique. Nichols (2009) attribue la sédimentation de la boue carbonatée à litage planaire à des environnements lagonaires.
7. Le litage lenticulaire est dû à un alignement des rides isolées et concordantes de sable fin ou silt souvent façonnées, d'après Inman (1957), par des vagues avant d'être comblées par le sable. La préservation de ces rides n'est favorable que sur les flats de boue. Les lentilles légèrement concaves illustrent aussi ces figures de comblement des rides de vagues qui, selon Nichols (2009), sont typiques des environnements de plages.
8. Les petites rides irrégulières, qualifiées de wrinkle marks selon la terminologie de Reineck et Singh (1973), sont produites par des vents soufflant sur des surfaces de sédiments couvertes par un très mince film d'eau (jusqu'à 1 centimètre). Selon ces auteurs, les wrinkle marks sont des bons indicateurs d'émersion intermittente d'une surface boueuse non cohérente.
9. Les fentes irrégulières affectant les surfaces des bancs de shales dolomitiques témoignent d'un dépôt sous un climat chaud et aride pareil à celui de la région de Nakhak en Iran tel que suggéré par Seyed et al. (2012). Selon Laporte (1967) et Shinn (1983), ces fentes appelées mud crack en anglais observées dans la Formation de Lukunga seraient formées par la dessiccation complète de la boue dans un environnement subaérien du supratidal.
10. Les petits creux également appelés scour-lag selon la terminologie de Van Straaten et Kuenen (1958) sont, selon Sundborg (1956), sont engendrés par des courants forts des chenaux tidaux qui érodent les sédiments argileux avant qu'il y ait déposé des sédiments silteux.
11. Les cavités tapissées par des cristaux de quartz en canines-de-chien sont le produit de la dissolution extensive des roches carbonatées se trouvant dans la zone phréatique d'un environnement météorique ou subaérien selon James et Choquette (1984). Par contre, les cavités non tapissées des géodes de quartz rappellent celles qui se développent dans des roches soumises à la diagenèse météorique dans les zones mixtes comme dans les régions côtières de l'île du Grand Caïmans (Moore, 1973).
12. Les biolithites peuvent être considérées comme des stromatolithes. Selon Logan et al. (1964), elles définissent les tapis algomicrobiens à morphologie plane (ou de type P) qui se développent dans un environnement calme. C'est le cas de certaines zones subtidales protégées de la baie des Réquins où le développement des tapis algaires se fait sous un climat tropical sec d'après Playford et Cockbain (1976). En ce qui concerne la fabrique, le doublet de ces biolithites « couche claire à microsparite - couche sombre à matière organique », si l'on se réfère aux travaux de Boulvain (2010), serait due au caractère réducteur du sédiment en profondeur, favorisant la conservation de la matière organique.

5 SYSTÈME DÉPOSITIONNEL DES FACIÈS DU MEMBRE C4a

Le Membre C4a dans la partie inférieure de la Formation de Lukunga est constitué de l'alternance des marnes gréseuses, marnes mauves et shales dolomitiques avec intercalation de calcaires massifs, puis un passage de dolomie grise, calcaire finement lité et marnes gris vert. Ces lithofaciès peuvent être attribués à deux catégories lithologiques, d'une part, les faciès mixtes silico-clastiques carbonatés et d'autre part, les faciès carbonatés purs.

Il s'agit pour les faciès mixtes silico-clastiques carbonatés, l'étang salant près des zones côtières pour les shales dolomitiques; le flat intertidal ou flat mixte pour les marnes gréseuses, un environnement météorique ou subaérien des zones mixtes à eaux stagnantes pour les marnes gréseuses; les chenaux tidaux correspondant aux criques tidales qui recoupent les estrans tidaux et servent des conduits de passage aux eaux pendant la basse et la haute marée pour les marnes mauves à litage oblique; les vasières tidales où le temps de basse vitesse du courant est beaucoup plus long pour les marnes mauves à litage horizontal; les marécages marins à organismes tolérants de grandes variations de salinité pour les marnes gris vert.

Pour les faciès purement carbonatés, nous retenons un environnement profond de type lagon restreint pour les calcaires massifs; les calcaires finement lités à filaments cyanobactériens et pour la dolomie grise selon les travaux de Da Silva (2004).

6 MODÈLE DE FACIÈS DU MEMBRE C4a

Les milieux ainsi restitués de faciès mixtes silicoclastiques carbonatés et de ceux purement carbonatés dans le Membre C4a se combinent en quatre zones des faciès (Fig.12). La première zone des faciès (ZF1) comprend le marécage marin, les vasières tidales et l'étang salant. La deuxième zone (ZF2) est essentiellement caractérisée par le flat mixte. La combinaison de ces deux zones de faciès avec la quatrième zone (ZF4) traduite par les criques tidales caractérise une côte macrotidale comme le suggère Nichols (2009). La

configuration de cette côte adjacente au lagon restreint typique de la troisième zone (ZF3) fait penser au complexe côtier-lagonaire selon la terminologie de Selley (1996).

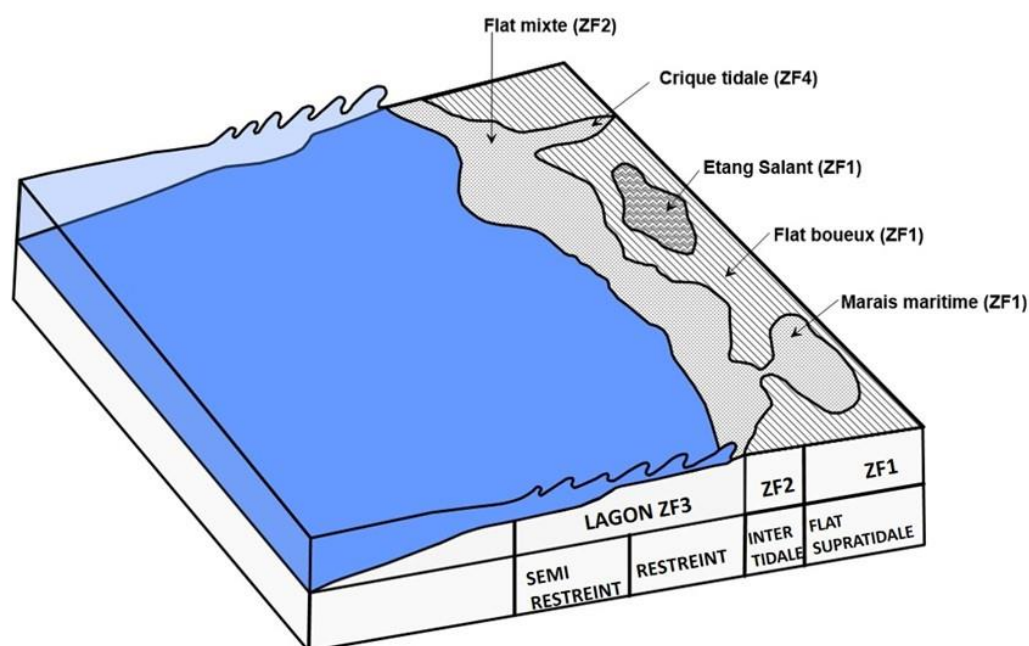


Fig. 3. *Modèle paléogéographique des faciès du Membre C4a de la Formation de Lukunga: rampe carbonatée du régime macrotidal développée sous un climat chaud et humide*

Par la rythmicité saisonnière des apports silico-clastiques terrigènes de shales dolomitiques et le développement des tapis algomicrobiens dans la zone subtidale, le bassin ouest-congolien a vu durant le dépôt du Membre C4a de la Formation de Lukunga le développement d'un complexe côtier-lagonaire sous un climat chaud et humide. Il détermine que le bassin sédimentaire ouest-congolien aurait évolué au stade de la mise en place des faciès du Membre C4a sous un climat chaud et humide.

REFERENCES

- [1] Alvarez, P., (1995): Evidence for a Neoproterozoic carbonate ramp on the northern edge of the Central Africa Craton: relations with Late Proterozoic intracratonic troughs. *Geologische Rundschau* 84, 636-648.
- [2] Black, M. (1982): The algal sediment of Andros island Bahamas. *Philos. Trans. of Roy. Soc. London*, 222, 165-192.
- [3] Boulin, J. (1977): *Méthodes de la stratigraphie et géologie historique*, Masson, Paris, 226p.
- [4] Boulvain, F. (2010): *Géologie, Pétrologie sédimentaire, des roches aux processus*. Ed. - ellipses, Paris, 251pp.
- [5] Cahen, L. (1978): La stratigraphie et la tectonique du Supergroupe Ouest-Congolien dans les zones médiane et externe de l'orogénèse ouest-congolienne (Panafricain) au Bas-Zaïre et dans les régions voisines, *Ann. Soc. Géol. Belg.* 99, 189-203.
- [6] Cailteux J.L.H., Delpomdor F.R.A. et Ngoie Ndobani J-P (2015): The Neoproterozoic West-Congo "Schisto-Calcaire" sedimentary succession from the Bas-Congo region (Democratic Republic of the Congo) in the frame of regional tentative correlations, *Geologica Belgica*, v.18, n.2-4, 20p.
- [7] Coleman, J.M. (1966): Ecological changes in a massive fresh water clay sequence. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.* 16, 159-174.
- [8] Da Sylva, A-C. (2004): *Sédimentologie de la plate-forme carbonatée frasnienne belge*. Univ. Liège, Fac. Sc. Unit. Pétrol. sédim, 253p+annexes.
- [9] Förstner, U., Müller, G. et Reineck, H. E. (1968): Sedimente und sedimentgefüge des Rheindeltasim Bondesees, *Neues Jahrb. Mineral. Abhandl.* 109, 33-62.
- [10] Inman, D. L. (1957): Wave-generated ripples in nearshore sands. Department Army corps of engineers, Beach Erosion Board Technical Mem. 100, 1-65.
- [11] James, N.P et Choquette, Ph.W. (1984): Diagenesis 9-. Limestones-The meteoric diagenetic environment. *Geosc. Canada* v.11, n°4. 161-194.
- [12] Jorgensen, B.B. (1983): The microbial sulfur cycle. In: Krumbein, W.E. (Ed) *Microbial Geochemistry*, Blackwell Scientific Publications, 91-124.
- [13] Laporte, L.F. (1967): Carbonate deposition near mean sealevel and resultant facies mosaic: Manlius Formation (Lower Devonian) of New York State. *AAPG Bull.* 51, 73-101.

- [14] Lees, A. (1975): Possible influences of salinity and temperature on modern shelf carbonate sedimentation. *Marine Geology*, 19, 159–198.
- [15] Logan, B.W. Rezak, R. & Ginsburg, R.N. (1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites. *J. of Geology*, 72, 1, 68-83.
- [16] Mfere A.P.A., Delpomdor F., Proust J-N., Boudzoumou F., Callec Y., Prétat A. (2020): Facies and architecture of the SCIC formation (Schisto-calcaire Group), Republic of the Congo, in the Niari-Nyanga and Comba subbasins of the Neoproterozoic West Congo Basin after the marinoan glaciation event. *Elsevier, JAES*, 166. 20p.
- [17] Moore, C.H. (1973): Intertidal carbonates cementation Grand Cayman, West Indies. *J. sediment. Petrol.*, 43, 591-602.
- [18] Nichols, G. (2009): *Sedimentology and stratigraphy*. 2nd ed., Wiley-Blackwell, Oxford, U.K., 418p.
- [19] Pittet, B. (1996): Contrôles climatiques, eustatiques et tectoniques sur des systèmes mixtes carbonates siliciclastiques de plate-forme: exemples de l'Oxfordien (Jura suisse, Normandie, Espagne). PhD Thesis, Univ. Fribourg, Switzerland, 258p.
- [20] Playford, P.E. et Cockbain, A.E. (1976): Modern algal stromatolites at Hamlin pool, a hypersaline barred basin in Shark Bay, western Australia in M.R. Walter (Ed.), *Stromatolites. Glastone embayment, Shark Bay, Western. Development in Sedimentology*, 20, Elsevier, 389-411.
- [21] Reineck, H.E. et Singh, I.B. (1973): *Depositional sedimentary environment*. Springer-Verlag, 939pp.
- [22] Selley, R.C., (1996): *Ancient sedimentary environments and their sub-surface diagnosis: Chapman and Hall publications* (4th ed.), 300 p.
- [23] Seyed, H. V., Franz T. F., and Nader, K-. (2012): Facies analysis and depositional environments of the Upper Cretaceous Sadr unit in the Nakhla area, Central Iran. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 29, n°2. 384-397.
- [24] Shinn, E. A. (1983): Tidal flat environment. In: Scholle, A., Bebout, D.G. & Moore, C.H. (Eds) *Carbonate Depositional Environments*, A.A.P.G. Mem. 33, 171-210.
- [25] Straaten et Kuenen (1955):.
- [26] Sundborg, Å. (1956): The River Klarälven; A study of fluvial processes. *Geograf. Ann.* 38. 125-316.

