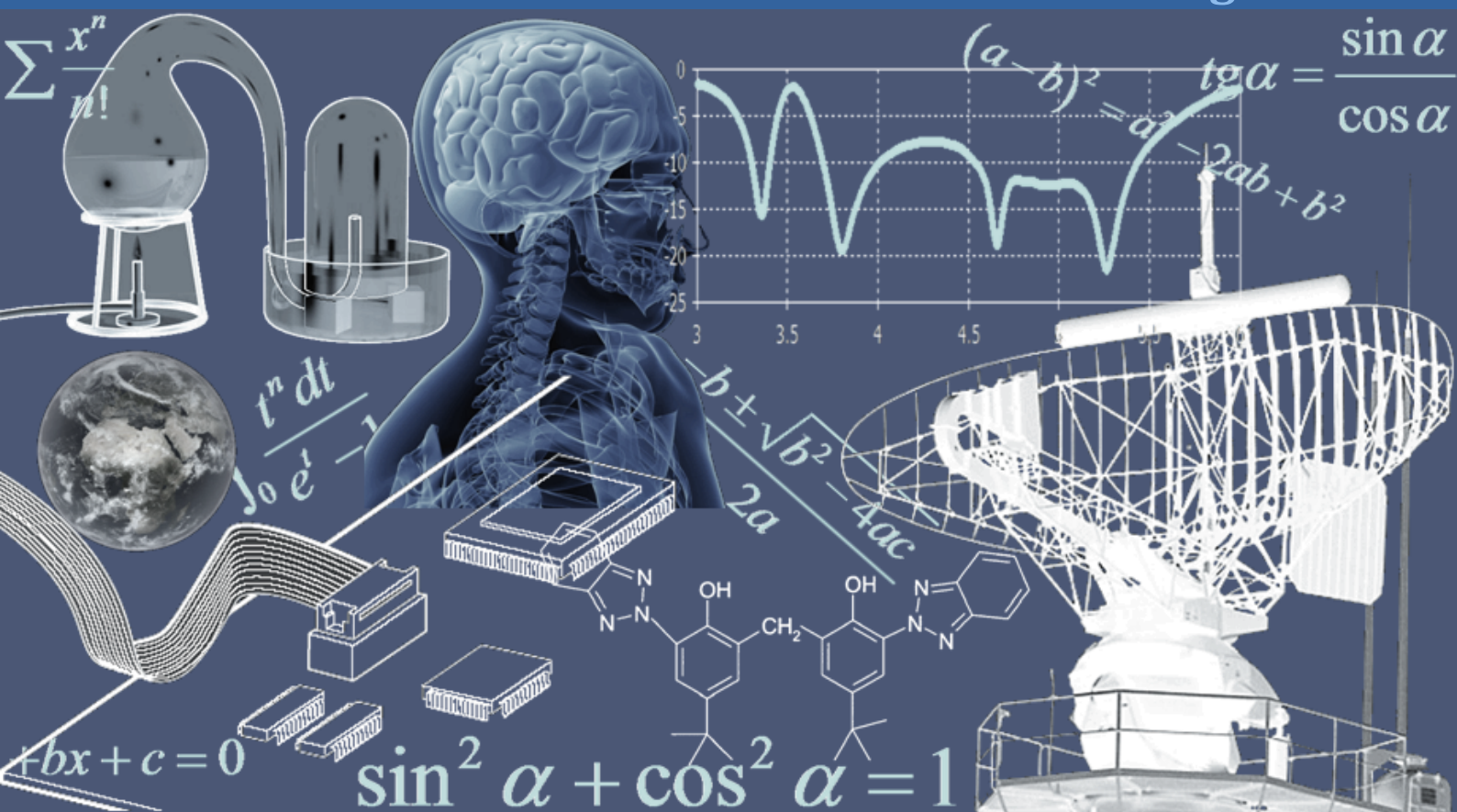


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 37 N. 1 August 2022



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 Julia, National University of Malaysia, Malaysia
Mahdi Moharrampour, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran
Ricardo Rodriguez, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico
Yuniel E. Proenza Arias, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba
Elizabeth Bissell Miller, University of Missouri, Columbia
Bertin Désiré SOH FOTSING, University of Dschang, Cameroon
Antonella Petrillo, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Hong Zhao, The Pennsylvania State University, USA
Jianjun Chen, The University of Chicago, USA
Shaju George, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain
Chandrasekaran Subramaniam, Kumaraguru College of Technology, India
Ilango Velchamy, New Horizon College of Engineering, India
M. Kumaresan, M.P.N.M.J. Engineering College, India
Mohammad Valipour, University of Tehran, Iran
Mohameden Sidi El Vally, King Khalid University, KSA
Mona Hedayat, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA
Suresh Kumar Alla, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA
Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari, Babylon University, Iraq
Aziz Ibrahim Abdulla, Tikrit University, Iraq
Khalid Mohammed Shaheen, Technical College of Mosul, Iraq
Baskaran Kasi, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia
Nurul Fadly Habidin, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Adnan Riaz, Allama Iqbal Open University, Pakistan
Syed Noor Ul Abideen, KPK Agricultural University, Pakistan
Arab Karim, M'Hammed Bougara University of Boumerdes, Algeria
Zoubir Dahmani, UMAB University of Mostaganem, Algeria
Mohsen Brahmi, Sfax University, Tunisia
Mongi Besbes, University of Carthage, Tunisia
Mai S. Mabrouk, Misr University for Science and Technology, Egypt
Olfat A Diab Kandil, Misr University for Science and Technology, Egypt

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

Table of Contents

Safety and Health Risk Assessment of Traditional Market <i>Aria Gusti and Fitriyani</i>	1-6
Effets des pratiques culturelles sur la diversité floristique et la production de <i>Coffea canephora</i> L. (Caféier) dans la localité de Kéibla (Daloa, Centre-Ouest, Côte d'Ivoire) <i>Bianuvrin Noël Boué VOUI BI, Annick KOULIBALY, Bernadin Dro, Bayoko Hadja Mabintou, and N'Guessan Kanga Annatole</i>	7-22
Economic performance determinants of farms in the context of health and climate change in rural district of kourthèye in Niger <i>Idrissa Saidou Mahamadou, Soumana Boubacar, Nouhou Mossi Oumoul-Kairou, and Sanouna Abdoukarimou</i>	23-35
Influence de la hauteur du massif filtrant sur l'élimination des polluants azotés des eaux usées domestiques dans un filtre à sable à alimentation intermittente <i>Béatrice Assamoi Ama-Caughys, Jean-Marie Pétémanagnan Ouattara, Eyichie Marie Mireille Brou, and Lacina Coulibaly</i>	36-48
Potentiel d'analyse des cernes de croissance: Cas de 09 essences forestières en Afrique Centrale <i>Y. A. Amougou Ndi, M. Mbo, F. B. Amougou Amougou, and Ndongo Din</i>	49-60
Etude des facteurs associés à la survenue de l'hépatite virale B chez les donneurs réguliers de sang des villes de Bangui et Bimbo en République centrafricaine <i>Christian Maucler Pamatika, Christian Diamant Mossoro-Kpindé, Germain Piamalé, Zéphirin Dalengat-Vobia, Henri Saint Calvaire Diemer, Geoffroy Ndakouzou Kongo, and Jean de Dieu Longo</i>	61-69
Naissance des partis politiques et comportement des militants: Regard sur l'UDPS et le PPRD <i>Pungu Mukumbi Denis, Shabani Moricho Dauda, Mwamba Wa Mwamba Cléophas, and Djessy Nyasingini Clémentine</i>	70-80
Use of solar energy to supply a load by means of a direct current motor-generator <i>BATASSOU GUILZIA Jeannot, Mandeng Jean Jacques, Perabi Ngoffe, and Mane Mane Jeannot</i>	81-97
Impact de jobs description d'un centre informatique dans les entreprises de la Ville de Lubumbashi: Cas de MMG à Lubumbashi <i>MULENDA KINGWEZYA Jacques</i>	98-104
Etat-partis et problématique de l'effectivité de la décentralisation en République Démocratique du Congo <i>Shabani Morisho Dauda, Mutombo Mwasapatoke Auguste, Kazadi Kalonji Gloire, Mwamba Wa Mwamba Cléophas, Mbangu Wanga Hervé, and Makolo Makolo Etienne</i>	105-114
Evolution de l'incidence de l'hépatite B chez les donneurs réguliers de sang et risque résiduel de transmission post-transfusionnelle à Bangui et Bimbo en Centrafrique <i>Christian Maucler Pamatika, Christian Diamant Mossoro-Kpindé, Zéphirin Dalengat-Vobia, Germain Piamalé, Henri Saint Calvaire Diemer, Regina Edwige Lenguetama, Geoffroy Ndakouzou Kongo, Hyacinthe Nguida, and Jean de Dieu Longo</i>	115-123
Production anti-écologique de charbon de bois en périphérie des localités Kinseki et Ntampa: Une nécessité de recourir au langage de modélisation UML pour la lutte contre la déforestation <i>Sylvain Mavinga, Félicien Lukoki, D. E. Musibono, Apollinaire Biloso, and Lambert Binzangi</i>	124-138
Diversité génétique, Importance et potentiel de production du riz (<i>Oryza</i> spp.) sous différents modes de gestion de l'eau dans un contexte de variabilité climatique au Burkina Faso <i>Dominique Nikiéma, Nerbéwendé SAWADO, Kouka Fidèle Tiendrébéogo, Yapi Issoufou Sinaré, Mamadou Laho Barry, and Moussa Sié</i>	139-153
Reconstitution lithologique des dépôts du Continental Terminal ivoirien par gamma ray: Cas des déblais du forage P1 de Bingerville <i>Ble N'Tayé Christian, Kouao Assié François Aristide, Assale Fori Yao Paul, Brou Ulrich Michaël, Deneanh Stéphane, and Mondé Sylvain</i>	154-166
Impact of the 5G mobile network compared to the third and fourth generation <i>Umba Mombo Edouard and Meni Babakidi Narcisse</i>	167-170
Doctors Appointment Reservation Management System <i>Sabah Mohammed Fayadh</i>	171-187
Résilience des centres de santé dans la prise en charge du paludisme: Cas de la Zone de santé de Katana en République démocratique du Congo <i>Hermès Karemere, Nadine Muhune, Rosine Bigirinama, and Samuel Makali</i>	188-200

Rédaction d'un article scientifique en ingénierie et sciences appliquées	201-208
<i><u>Meni Babakidi Narcisse and Kinyoka Kabalumuna God'El</u></i>	
Mise en place d'un réseau de télésurveillance par caméra IP via la fibre optique au sein du marché de la liberté dans la commune de Masina (Ville de Kinshasa)	209-215
<i><u>Mibweyele Madeko Hylaïre, Meni Babakidi Narcisse, Pasi Bengi Masata André, and Joseph Cimbela Kabongo</u></i>	
Utilisation de l'algorithme génétique dans l'ajustement optimal des quadriques	216-224
<i><u>Meni Babakidi Narcisse, Kinyoka Kabalumuna God'El, Lubaseko Bansimba Philippe, and Maludi Disuekamene Fiston</u></i>	

Notice of Retraction

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

Aria Gusti and Fitriyani, "Safety and Health Risk Assessment of Traditional Market," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 37, no. 1, pp. 1–6, August 2022.

Effets des pratiques culturelles sur la diversité floristique et la production de *Coffea canephora* L. (Caféier) dans la localité de Kéibla (Daloa, Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)

[Effects of cultural practices on floristic diversity and *Coffea canephora* L. (Coffe tree) production in Kéibla locality (Daloa, Central-West, Côte d'Ivoire)]

Voui Bi Bianuvrin Noël Boué¹, Koulibaly Annick¹, Dro Bernadin¹, Bayoko Hadja Mabintou¹, and N'Guessan Kanga Annatole²

¹Unité de Formation et de Recherche en Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Centre National de Recherche Agronomique, Programme Forêt et Environnement, 10 BP 1665 Abidjan 10, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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, since 1980, coffee cultivation has experienced a decline in production due to drought, deforestation and the aging of the orchard. In order to revive this production, practices of replanting and regeneration by coppicing are adopted. The objective is to sustainably improve the production of coffee trees in order to generate added value. Specifically, it is a question of researching the effect of peasant practices on floristic diversity and determining coffee production according to these practices.

A study on the effect of cultural practices on floristic diversity and coffee yield was carried out in Kéibla. The practices are: T₀ (farmer practice), T₁ (replanting + good agricultural practices without fertilization), T₂ (replanting + good agricultural practices + fertilization) and T₃ (replanting + good agricultural practices + fertilization). Following surface and itinerant surveys, the floristic diversity was determined. Quantitative dendrometric measurements allowed the structural-agronomic characterization. The results showed that the flora is rich with 66 species, 58 genera and 32 families. The analyzes showed that the T₁ treatment recorded the best results with a density of 1259 plants/ha, a yield reaching 1041.07 kg/ha, a low mortality rate (23%) and a basal area of 33.70 m² /Ha. In the T₁ treatment, the species are diversified and better distributed. Taking peasant farming practices into account makes it possible to improve the production of coffee orchards.

KEYWORDS: Côte d'Ivoire, coffee tree, coppicing, replanting, regeneration, cultivation practices, agronomic structure, yield.

RESUME: Entre 1970 et 1980, la Côte d'Ivoire était le troisième pays exportateur de café dans le monde et le premier en Afrique. Mais depuis 1980, la production connaît une baisse considérable due à la sécheresse, à la déforestation et au vieillissement du verger. Parmi les alternatives à la relance et à l'amélioration durable de la production, on note la replantation et la régénération par recépage. L'objectif est d'améliorer durablement la production caféière afin de générer de la valeur ajoutée. Spécifiquement, il s'agit de rechercher l'effet des pratiques paysannes sur la diversité floristique et déterminer la production caféière suivant ces pratiques. La diversité floristique a été déterminée en réalisant des relevés de surface et itinérant dans quatre types de parcelles: Pratique paysanne, Recépage + Bonnes pratiques agricoles sans fertilisation, Recépage + Bonnes pratiques agricoles + Fertilisation, Replantation + Bonnes pratiques agricoles + Fertilisation. Des mesures dendrométriques quantitatives ont été réalisées pour caractériser la structure agronomique des vergers. Les inventaires ont montré que la flore associée aux caféiers était riche de 66 espèces appartenant à 58 genres et 32 familles. La pratique de Recépage associée aux bonnes pratiques agricoles sans fertilisation a enregistré les meilleurs résultats avec une densité de 1259 plants/ha, un rendement atteignant 1041,07 kg/ha, un faible taux de mortalité (23 %) et une surface terrière de 33,70 m²/ha. Avec ce traitement, les espèces les plus diversifiées et les mieux réparties ont été observées. La prise en compte des pratiques culturelles paysannes permet d'améliorer la production des vergers caféiers.

MOTS-CLEFS: Côte d'Ivoire, caféier, replantation, régénération, recépage, pratiques culturelles, structure agronomique, rendement.

1 INTRODUCTION

Le café est la première denrée agricole échangée dans le monde avec une production annuelle de 174,5 millions de sacs en 2018 et une valeur à l'exportation deux fois supérieures à celles du cacao et du thé. Le café constitue le premier produit alimentaire et le deuxième bien de consommation échangé dans le monde [1]. Sa production et son traitement emploient plus de 25 millions de personnes dans le monde entier [2]. Par ailleurs, le café bénéficie de plusieurs certifications lui offrant divers services sociaux et économiques. Cependant, au plan environnemental, la culture du caféier, dans les pays tropicaux, est à l'origine d'impacts environnementaux négatifs tels que la déforestation et l'utilisation de grande quantité d'eau et d'énergie [3]. (Nguyen, 2008). Or, la déforestation est l'une des causes principales de la sécheresse qui sévit en Afrique tropicale depuis des décennies. Aussi, la sécheresse, beaucoup trop souvent marquée, est à l'origine de la sensibilité du caféier par l'avortement des fleurs et donc responsable d'une perte majeure de production.

En Côte d'Ivoire, le caféier (*Coffea canephora* P. var. *robusta*), principale culture de rente pendant de nombreuses années, connaît une baisse de production depuis 1980, suite à la baisse drastique des cours sur le marché international [4]. En effet, en milieu paysan, le rendement est évalué aujourd'hui à 350 kg/ha alors qu'il atteignait 2000 kg/ha dans les centres de recherche. Cette baisse est caractérisée par un niveau de vieillissement avancé des vergers, une diminution de la fertilité des sols, une forte pression parasitaire et le changement climatique [5]. Cette situation décourageante a poussé les paysans à délaisser la culture du caféier au profit de celle du cacaoyer et d'autres cultures pérennes comme le palmier et l'hévéa [6], [7]. Pourtant, la caféiculture participe à la création de nombreux emplois dans les secteurs secondaire et tertiaire et fait vivre plus de 2 millions de personnes [8].

Pour compenser les pertes et ainsi augmenter leurs revenus, les caféiculteurs ont recours aux pratiques culturelles extensives sur défriches forestières. Mais ces efforts ne peuvent être efficaces que sur de longues périodes et, depuis 1980, la production de café continue de baisser [9]. Les paysans enregistrent d'énormes pertes économiques. L'utilisation de matériel végétal non amélioré, le manque d'entretiens, l'absence de fertilisation, le changement climatique et la pénibilité du travail sont, entre autres, autant de facteurs militant en faveur de cette baisse [10], [1]. L'on estime qu'entre 2019 et 2020, la production nationale caféière a varié de 125400 à 83003 tonnes de cerises, soit une baisse de 12% [11]. (FIRCA, 2019).

Dans ce contexte de changement de précédents culturels, une intensification des systèmes de production incluant la maîtrise de la phytodiversité, la replantation, la réhabilitation par recépage de tiges et l'utilisation de fertilisants pourraient offrir de nouvelles opportunités pour une production durable. Cela permettrait d'accroître convenablement le rendement et préserver ainsi la biodiversité des caféicultures [12], [6], [13]. Ainsi, l'on pense que, la réhabilitation de la caféiculture par recépage de tiges permet d'améliorer la production caféière par l'optimisation des systèmes culturels. La maîtrise de la phytodiversité dans les agrosystèmes caféiers permet de maintenir durablement la production caféière. Enfin, l'emploi d'engrais NPK améliore le statut minéral du sol en revitalisant vigoureusement les plants de caféier. La présente étude vise à améliorer durablement la production des caféiers afin d'augmenter le revenu des paysans caféiculteurs. Plus spécifiquement, il s'agit d'une part, d'évaluer l'effet des différentes pratiques culturelles paysannes sur la diversité floristique et d'autre part, de caractériser l'effet de ces pratiques sur la production caféière.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été effectuée dans la localité de Kéibla, une zone rurale de Daloa, dans la région du Haut-Sassandra au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Elle est située entre 6°51' et 6°60' de latitude Nord et 6°36' et 6°42' de longitude Ouest (Figure 1). Elle appartient au climat subéquatorial tropical. C'est une zone de transition écologique située entre la zone tropicale à deux saisons et la zone subéquatoriale à quatre saisons [14]. Les températures moyennes annuelles de 2010 à 2020 ont varié entre 30°C et 31°C. L'hydrographie est sous l'influence du fleuve Sassandra et du lac du barrage de Buyo [15]. La pluviométrie moyenne est comprise entre 1000 et 1500 mm/an. Le relief du bassin est peu contrasté et peu varié. Il est dominé par des plateaux de 200 à 400 m d'altitude [16]. Les formations géologiques sont celles du Précambrien moyen [17]. La région couvrant cette localité appartient au secteur mésophile dont la végétation est composée de forêt dense humide semi-décidue, de forêt défrichée mésophile et de savane mésophile [18].

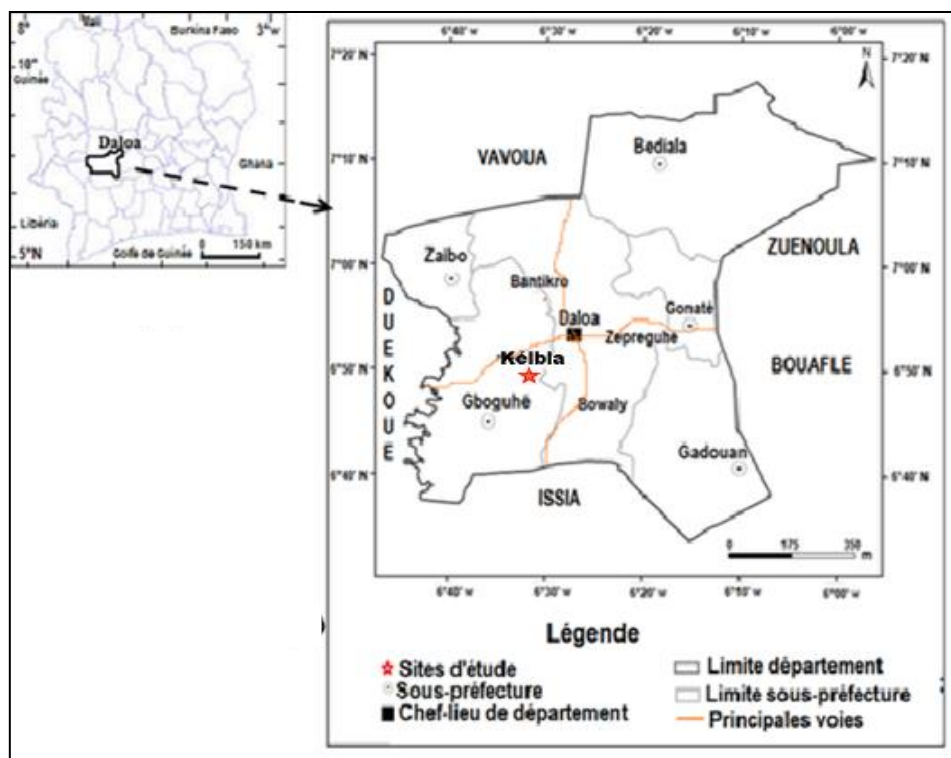


Fig. 1. Localisation du site d'étude

2.2 MÉTHODES D'ÉTUDE

2.2.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Quatre traitements (T_0 , T_1 , T_2 et T_3) relatifs à la conduite du peuplement ont été testés dans un dispositif en bloc (Figure 2). Le dispositif comprenait quatre sous-blocs. Trois sous-blocs formaient les traitements tests (T_1 , T_2 , T_3) et un autre comportait le traitement témoin (T_0). Chaque sous-bloc test comprenait trois traitements disposés au hasard. Ainsi, les quatre traitements repartis dans 12 placettes carrées de 20 m de côté, soit 400 m² ont ainsi constitué le dispositif en bloc. Chaque traitement comprenait trois répétitions. Les traitements appliqués ont été décrits comme suit:

- T_0 (Pratique paysanne), caractérisé par un matériel végétal tout-venant, des entretiens irréguliers et sans fertilisation des plants de caféier;
- T_1 , caractérisé par un recépage de tiges, des entretiens réguliers et sans fertilisation des plants de caféier;
- T_2 , caractérisé par un recépage de tiges, des entretiens réguliers et fertilisation des plants de caféier avec NPK (18-15-0);
- T_3 caractérisé par une replantation, des entretiens réguliers et une fertilisation des plants de caféier avec NPK (18-15-0).

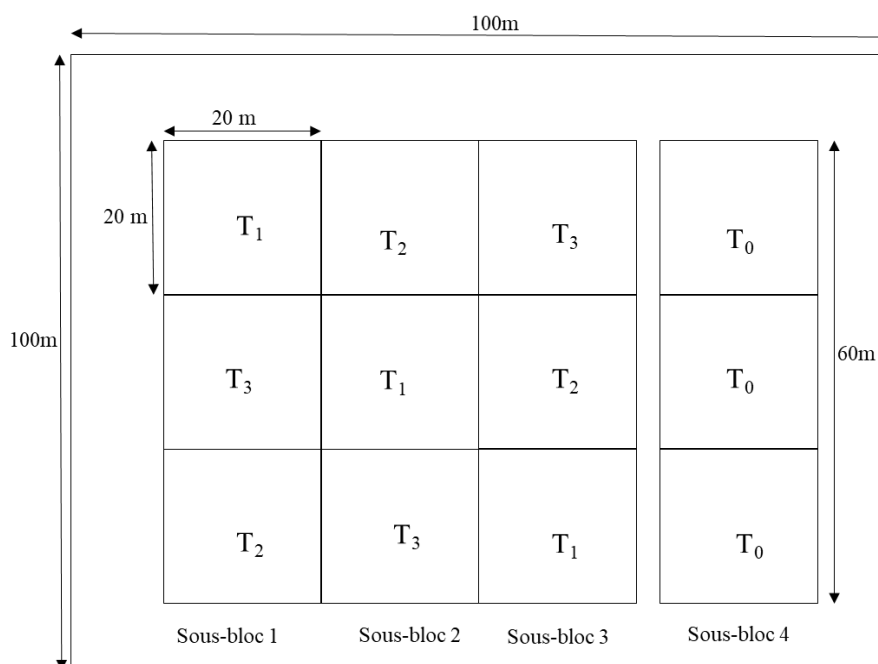


Fig. 2. Dispositif expérimental

T₃-Replantation + bonnes pratiques agricoles + fertilisation; *T₂*-Recepage + bonne pratiques agricoles + fertilisation; *T₁*-Recepage + bonne pratique agricole sans fertilisation; *T₀*-Pratique paysanne qui est une pratique villageoise qui n'a consisté en aucun entretien

2.2.2 COLLECTE DES DONNÉES FLORISTIQUES ET DE PRODUCTION DU CAFÉIER

Pour la collecte des données floristiques, la méthode de relevés de surface a été utilisée [19], [20], [21]. Il a consisté à recenser tous les taxons rencontrés dans chaque placette installée au sein de chaque agrosystème caféier. Au total, 36 placettes ont été installées de façon aléatoire. Pour les données dendrométriques, le diamètre au collet des caféiers et des espèces ligneuses associées a été pris pour calculer la surface occupée par le peuplement des caféiers. Ainsi, tous les individus ligneux d'au moins 2,5 cm de diamètre ont été mesurés. Pour compléter la liste floristique, un inventaire itinérant a été réalisé. Il s'est agi de recenser, le long d'un parcours, toutes les espèces, rencontrées dans les différents systèmes de culture étudiées. Cette méthode a l'avantage d'être moins contraignante, rapide et dépourvue de critère de sélection. Les espèces végétales ont été identifiées sur le terrain ou en laboratoire à l'aide des flores de Lebrun & Stork [22], [23], [24] et de [25], [26]. La nomenclature de [27] a été utilisée dans ce travail pour dresser la liste floristique.

Pour déterminer la production du caféier, trois pieds ont été sélectionnés, au hasard, dans chaque placette. Sur chaque pied, les cerises mures ont été récoltées, séchées et pesées à l'aide d'une balance mécanique. Les récoltes ont été effectuées à l'intervalle de deux semaines jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de cerises sur le caféier et la valeur moyenne a été calculée.

2.3 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

2.3.1 ANALYSE DES PARAMÈTRES QUALITATIFS DES PEUPELEMENTS CAFÉIERS

La qualité des peuplements a été déterminée à partir de la composition floristique des agrosystèmes caféiers. La composition floristique fait référence au nombre d'espèces, à la famille, au genre, au type biologique et à la chorologie [28]. Le type biologique désigne le comportement adaptatif de l'espèce. Il renseigne sur le type de la formation végétale, son origine et ses transformations. La classification adoptée pour la présente étude est celle de [29]. Elle se base sur la position qu'occupent les méristèmes en dormance par rapport au niveau du sol durant la saison difficile. Le type chorologique permet de définir l'aire de distribution phytogéographique d'une espèce [30]. Il a été établi, pour les différentes espèces, sur la base des flores de [31], [25], [26] pour déterminer la distribution de ces espèces.

2.3.2 ANALYSE DES PARAMÈTRES QUANTITATIFS DES PEUPELEMENTS CAFÉIERS

L'analyse quantitative des agrosystèmes caféiers a été faite à partir de la richesse spécifique, des indices de diversité de la flore et de la similarité des systèmes de caféiers cultivés. La richesse floristique correspond au nombre d'espèces recensées sur un territoire [31]. La

diversité des différents systèmes caféiers mis en compétition a été appréciée à partir des indices de Shannon et d'équitabilité de Piélou. L'indice de [32] noté H' mesure la composition en espèces d'un peuplement en tenant compte de la richesse spécifique et de l'abondance relative [33]. C'est un indicateur de la densité spécifique d'un peuplement. Plus l'indice de Shannon est élevé, plus le milieu est diversifié en espèces végétales. Il est maximal (H' max) quand tous les individus sont répartis d'une façon égale entre toutes les espèces. Sa formule est:

$$H' = \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

S, le nombre total d'espèces; n_i la fréquence de l'espèce i et N , la somme des fréquences de toutes les espèces du milieu.

L'indice d'équitabilité de [34] noté E , correspond au rapport entre l'indice de diversité de Shannon et la diversité maximale $\ln S$. Il permet d'évaluer la répartition des espèces dans les différents relevés parcellaires. Sa formule est la suivante:

$$E = \frac{H'}{\ln S} \quad (2)$$

Cet indice varie de 0 à 1. Lorsqu'il tend vers 0, il décrit un état de dominance des individus d'une espèce sur les autres. Si E tend vers 1, alors la répartition des individus entre les espèces est régulière.

2.3.3 SURFACE TERRIÈRE DES PEUPELEMENTS CAFÉIERS (S)

La surface terrière d'un peuplement est la somme des sections transversales de tous les arbres, arbustes et lianes ligneuses ramenée à l'hectare. C'est un indice d'occupation du sol qui permet de suivre l'évolution d'un peuplement dans le temps. Il permet aux producteurs d'avoir une marge de manœuvre dans les choix de conduite de leurs systèmes agroforestiers [35]. Sa formule se note comme suite:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} (\text{m}^2/\text{ha}) \quad (3)$$

Avec d , le diamètre au collet et $\pi = 22/7$.

2.3.4 DENSITÉ ET TAUX DE MORTALITÉ DES PEUPELEMENTS CAFÉIERS (D)

La densité du peuplement correspond à une mesure quantitative du nombre de tiges présentes sur une surface donnée. Elle s'exprime en nombre de tiges par hectare (N/ha). Elle s'exprime également en fonction de la biomasse, de la fermeture du couvert, du nombre d'arbres, de la surface terrière ou du volume par hectare [36] (Alteyrac, 2005). C'est un indicateur du degré de concurrence entre les arbres, à condition de tenir compte aussi de l'âge et de la fertilité de la station. Le taux de mortalité (TM) est le rapport entre le nombre total de plants morts et la densité initiale du peuplement.

2.3.5 RENDEMENT DES PEUPELEMENTS CAFÉIERS

Le rendement des caféiers a été calculé à partir des cerises mures séchées selon la formule de [37] Sweenjak *et al.* (2006) suivante:

$$\text{RdCha} = \frac{\text{PGC}_t \times \text{NTC}_p}{400} \times 10000 \quad (4)$$

Avec PGC_t , le Poids des grains de caféier par tige; NTC_p , le nombre de tige de caféier par parcelle élémentaire; 400, la surface élémentaire et 10000 = 1 hectare.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les données obtenues sur le terrain ont été traitées avec le tableur Excel de Microsoft Office 2016. Elles ont été générées et servies à l'élaboration des divers graphiques. L'analyse de la variance à un facteur a été utilisée pour comparer les valeurs moyennes des paramètres de diversité tels que les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou, la densité, le taux de mortalité, la surface terrière et le rendement des caféiers des traitements (T_0 , T_1 , T_2 et T_3) à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1. Lorsqu'une différence significative est observée ($\alpha < 0,05$), les moyennes sont séparées par le test de Turkey au seuil de significativité de 5 %. Différentes lettres a, b et c ont été utilisées pour indiquer les différents groupes statistiques.

3 RESULTATS

3.1 RICHESSE ET COMPOSITION FLORISTIQUES DES PEUPELEMENTS DE CAFÉIER

L'inventaire de la flore réalisée, dans l'ensemble des peuplements caféiers, a permis de recenser 66 espèces végétales réparties en 58 genres et 32 familles (Liste en Annexe). Les familles dominantes au regard du nombre d'espèces, ont été les Euphorbiaceae (9 espèces), les Moraceae (7 espèces), les Rubiaceae (4 espèces) et les Fabaceae (4 espèces). Le peuplement T₁ a été le plus riche floristiquement avec 40 espèces réparties en 38 genres et 26 familles. Le peuplement T₂ a enregistré la valeur la plus faible en nombre de famille (9 familles). La Figure 3 présente la proportion des familles dominantes selon les différents traitements. On note que dans les peuplements issus des traitements T₀, T₁ et T₂, la famille des Euphorbiaceae a été la plus représentée avec des valeurs respectives de 15,15 %, 14,63 % et 10,34 % des inventaires. Par ailleurs, la famille des Moraceae (18,75 % des espèces inventoriées) a été la plus représentée dans les parcelles de T₃.

3.2 TYPES BIOLOGIQUES DES PEUPELEMENTS DE CAFÉIER

L'analyse de la flore totale des agrosystèmes caféiers (Figure 4) a montré une dominance des microphanérophytes (mp) dans chacun des traitements avec 48,48 % (T₀), 41,47 % (T₁), 51,72 % (T₂) et 40,63 % (T₃). Les traitements T₀ et T₁ ont enregistré le plus grand nombre de types biologiques avec respectivement huit et neuf types. On note que les mégaphanérophytes (MP) sont absents de tous les peuplements. Les traitements T₂ et T₃ ont renfermé moins de types biologiques et l'on a noté la présence des mégaphanérophytes dans l'agrosystème T₃.

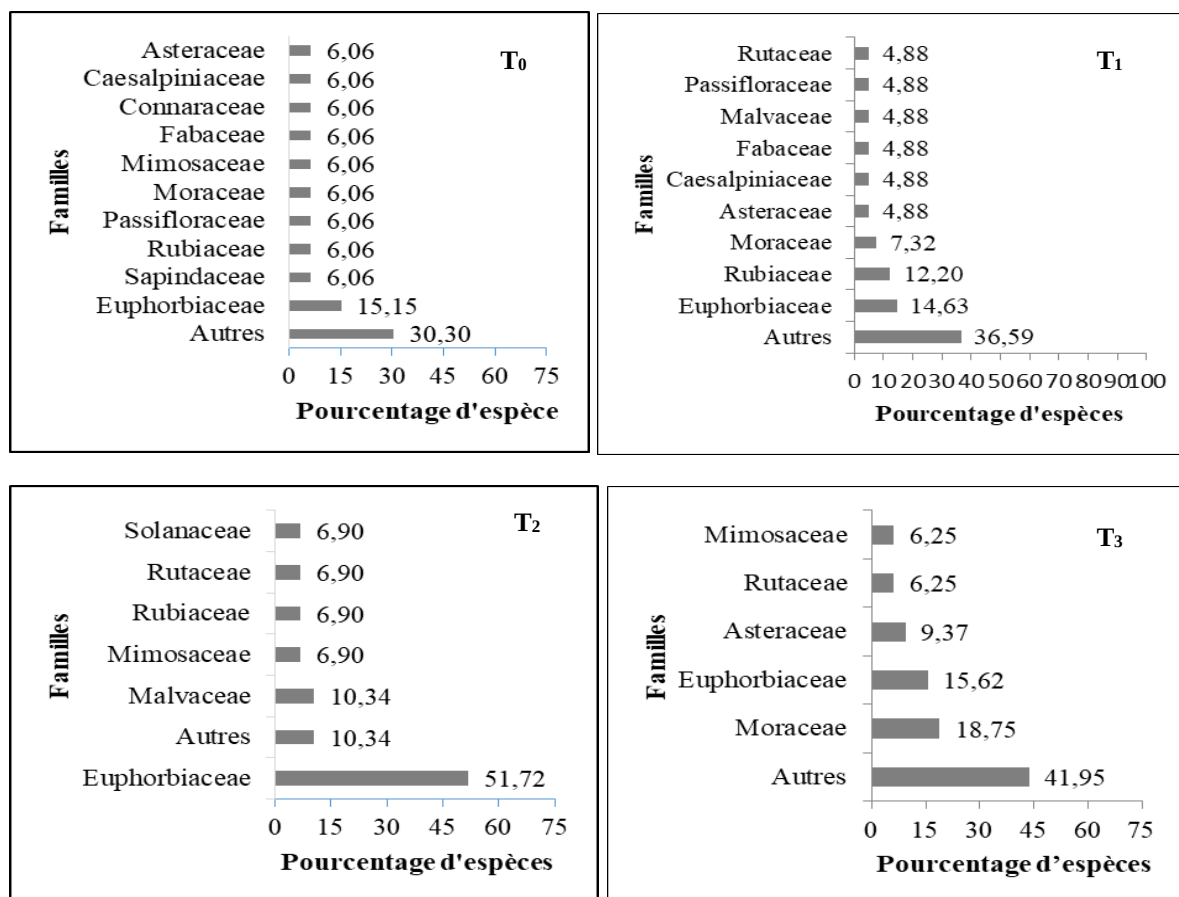


Fig. 3. Proportion des familles dominantes de la flore associée aux peuplements de caféiers à Kéibla

T₀-Pratique paysanne; T₁-Recepage + bonne pratique agricole + sans fertilisation; T₂-Recepage + bonne pratique agricole + fertilisation; T₃-Replantation + Bonne pratique agricole + fertilisation

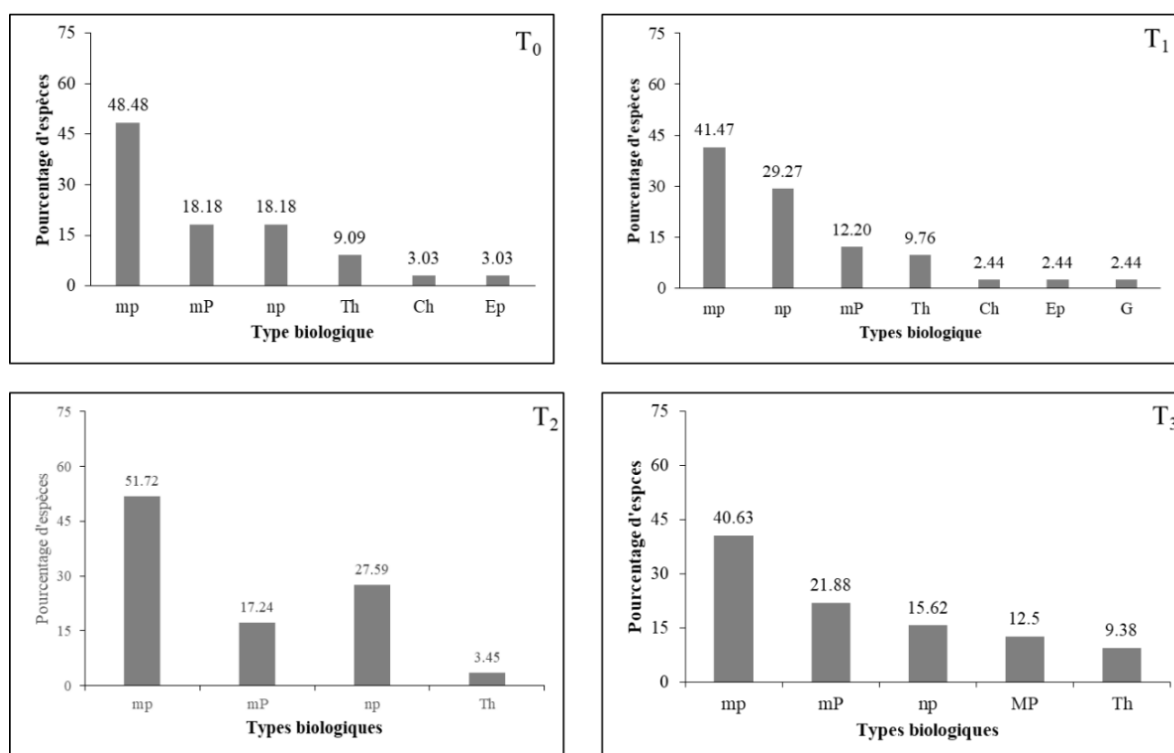


Fig. 4. Types biologiques de la flore associée aux caféiers de Kéibla

Mp-Microphanerophyte; np-Nanophanerophyte; mP-Mésophanerophyte; Th-Thérophyte; np-Nanophanerophyte; Ch-Chamephyte; Ep-Epiphyte; MP-Mégaphanerophyte; T₀-Pratique paysanne; T₁-Recepape + bonne pratique agricole + sans fertilisation; T₂-Recepape + bonne pratique agricole + fertilisation; T₃-Replantation + Bonne pratique agricole + fertilisation

3.3 TYPES CHOROLOGIQUES RECENSÉES DANS DES PEULEMENTS DE CAFÉIER

Les espèces recensées dans les agrosystèmes ont appartenu à cinq zones phytogéographiques différentes (Figure 5). Les espèces de la zone guinéo-congolaise (GC) avec des proportions de 60,61% (T₀), 49% (T₁), 52% (T₂) et 44% (T₃) ont été les dominantes dans tous les traitements. Elles sont suivies des taxons de la zone de transition entre les régions guinéo-congolaises et soudano- zambiennes avec respectivement 24,24% (T₀), 27% (T₁), 28% (T₂) et 28% (T₃). Par contre, celles issues de la région soudano-zambézienne avec 6,06%, 2%, 3% et 3% ont été les moins représentées respectivement au niveau des peuplements issus des traitements T₀, T₁, T₂ et T₃.

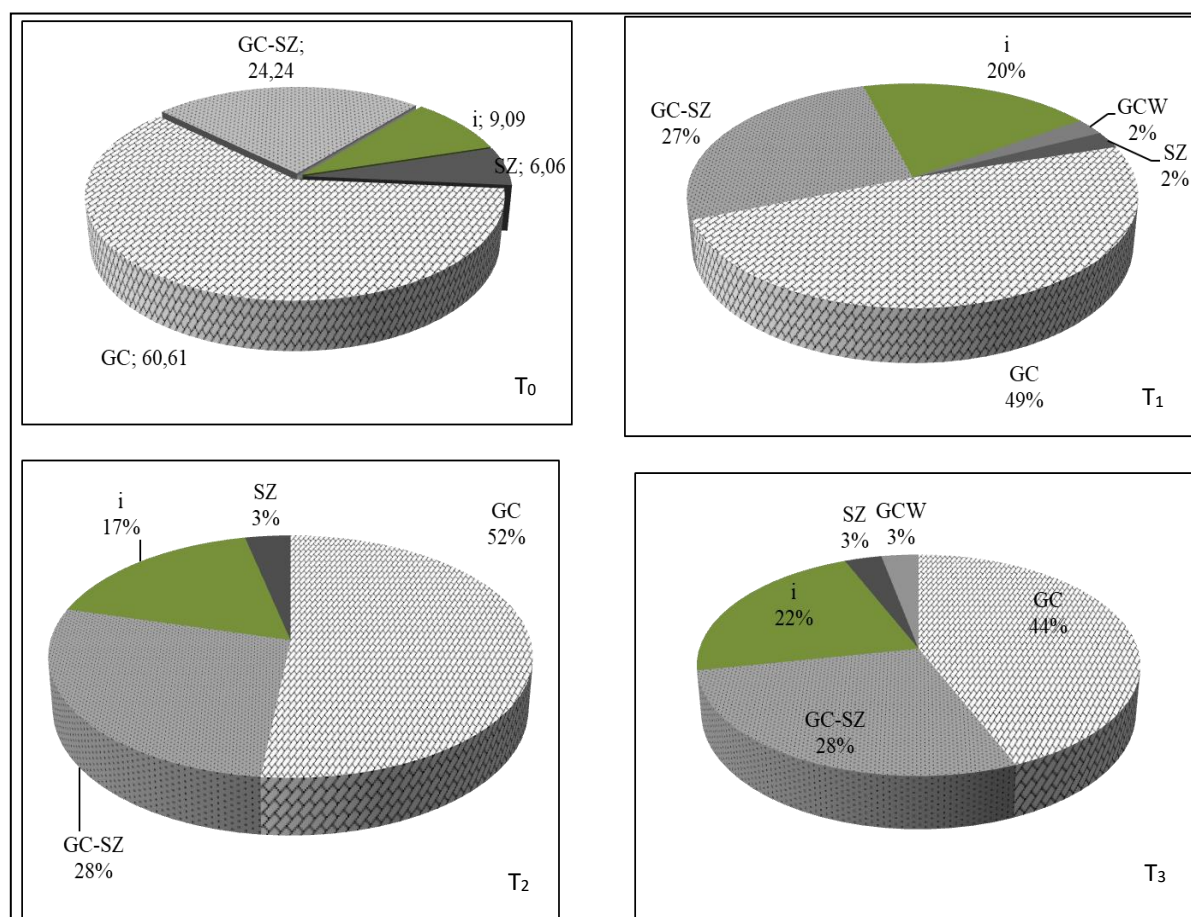


Fig. 5. Répartition phytogéographique de la flore associée aux agrosystèmes caféiers à Kéibla

T₀-Pratique paysanne; T₂-Recepage + bonne pratique agricole + sans fertilisation; T₁-Recepage + bonne pratique agricole + fertilisation; T₃-Replantation + Bonne pratique agricole + fertilisation; GC-Taxon de la région Guinéo-Congolaise; i-Taxon introduit ou cultivé; GC-SZ-Taxon de la zone de transition entre les régions Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne; GCW-taxons endémiques du bloc forestier à l'Ouest du Togo; SZ-Taxon de la zone Soudano-Zambézienne

3.4 DIVERSITÉ ET RESSEMBLANCE FLORISTIQUES DES AGROSYSTÈMES CAFÉIERS

Pour l'ensemble du peuplement, la valeur moyenne de l'indice de Shannon a été de 1,70. Les valeurs de l'indice au sein des différents agrosystèmes ont varié de 1,29 à 2,02 (Figure 6A). Les indices les plus élevés ont été enregistrés dans les parcelles traitées T₁ (2,02) et T₂ (1,81). L'indice le plus faible a été observé au niveau du traitement T₃. Une différence significative ($F = 4,84$; $P = 0,007$) entre les valeurs moyennes a été observée au sein des traitements. Trois groupes statistiques ont été nettement distingués (a, b et ab). Les traitements T₁ et T₂ se sont nettement distingués (a) de T₃ (b) et de T₀ (ab).

Concernant l'indice d'équitabilité de Pielou (Figure 6 B), la valeur moyenne a atteint 0,68. Les indices au sein des caféiers ont varié de 0,48 à 0,81. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées dans les parcelles témoin T₀ et test T₁ tandis que la plus faible a été notée dans la parcelle de replantation T₃. L'analyse des données montre qu'il y'a eu une différence significative ($F = 9,19$; $P = 0,0002$) entre les pratiques agricoles pour l'indice de diversité de Pielou. Les parcelles replantées T₃ se sont distinguées statistiquement (b) de T₀, T₁ et T₂. Les valeurs obtenues pour T₁ et T₂ ont été statistiquement identiques (b) à celle obtenue pour le traitement témoin T₀.

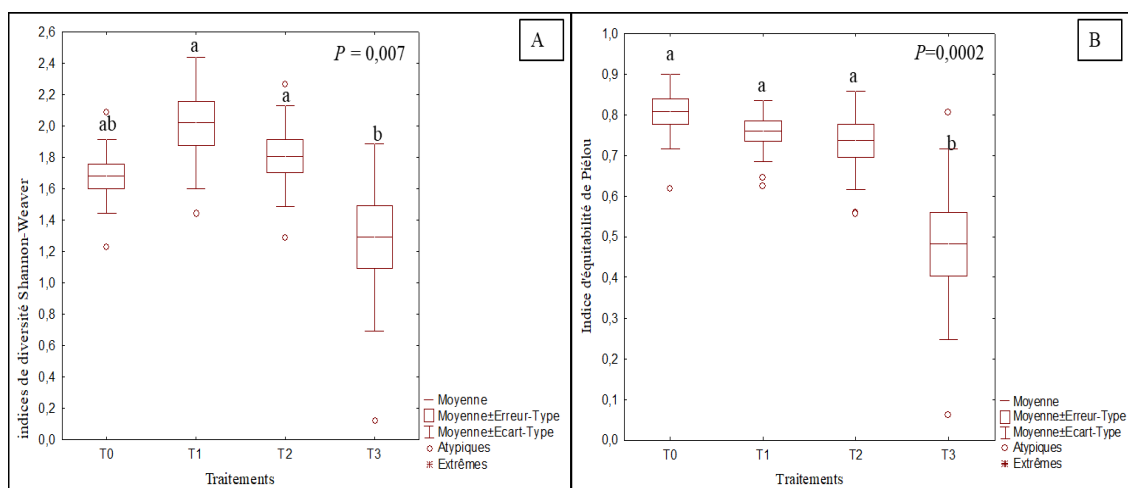


Fig. 6. Variation des indices de diversité dans les peuplements caféiers à Kéïbla

A-Index de diversité Shannon-Weaver; B-Indices d'équitabilité de Pielou; T₀-Pratique paysanne; T₂-Recepage + bonne pratique agricole + sans fertilisation; T₁-Recepage + bonne pratique agricole + fertilisation; T₃-Replantation + Bonne pratique agricole + fertilisation

3.5 CARACTÉRISTIQUES STRUCTURO-AGRONOMIQUES DES PEUPELEMENTS CAFÉIERS

Pour l'ensemble des peuplements caféiers, la surface terrière moyenne a été de 20,17 m²/ha. Les plants de caféiers ont couvert des aires basales qui ont varié de 7,44 à 33,70m²/ha (Figure 7A). L'analyse de la variance à un facteur a montré une différence significative ($F = 15,91$; $P = 0,001$) entre les surfaces terrières des caféiers des différents traitements. Les traitements T₀ et T₁ se sont statistiquement distingués des autres en un groupe (b).

Les densités de caféiers ont varié de 325 à 1259 pieds/ha avec une moyenne de 621 pieds/ha (Figure 7B). La plus forte densité a été enregistrée dans le traitement T₁ avec 1259 pieds/ha et la plus faible au niveau du traitement T₃ avec 325 pieds/ha. L'analyse de variance a montré qu'il y a eu une différence significative ($F = 32,33$; $P = 0,0001$) entre les densités des différents peuplements caféiers (Figure 8). Les traitements T₀ et T₁ se sont distingués statistiquement des autres en un groupe (b).

Le taux de mortalité moyen des caféiers dans l'ensemble des peuplements a été de 62,36%; il a été compris entre 23,73% et 80,30% (Figure 8A). Les valeurs moyennes des différents traitements ont montré que seul le traitement T₁ a enregistré un taux de mortalité inférieur à 50 % (23,73 %) tandis que les autres ont eu des taux supérieurs à 60%. L'analyse de variance a montré une différence hautement significative ($F = 32,34$; $P = 0,0001$) entre les valeurs moyennes des taux de mortalité des traitements. Le traitement T₁ s'est distingué statistiquement (b) des autres traitements (a).

Dans les agrosystèmes caféiers, le rendement moyen a varié entre 497,67 et 1041,07kg/ha avec une moyenne de 738,91 kg/ha (Figure 8B). Le rendement le plus élevé a été enregistré dans les parcelles traitées T₁ avec 1047,07 kg/ha et le plus faible au niveau de celles du traitement T₃. L'analyse de variance a montré une différence significative ($F = 5,21$; $P = 0,03$) entre les rendements moyens issus des différents peuplements de caféier. Les traitements T₁ et T₂ se sont nettement distingués des autres en un groupe (b) voir Figure 8B.

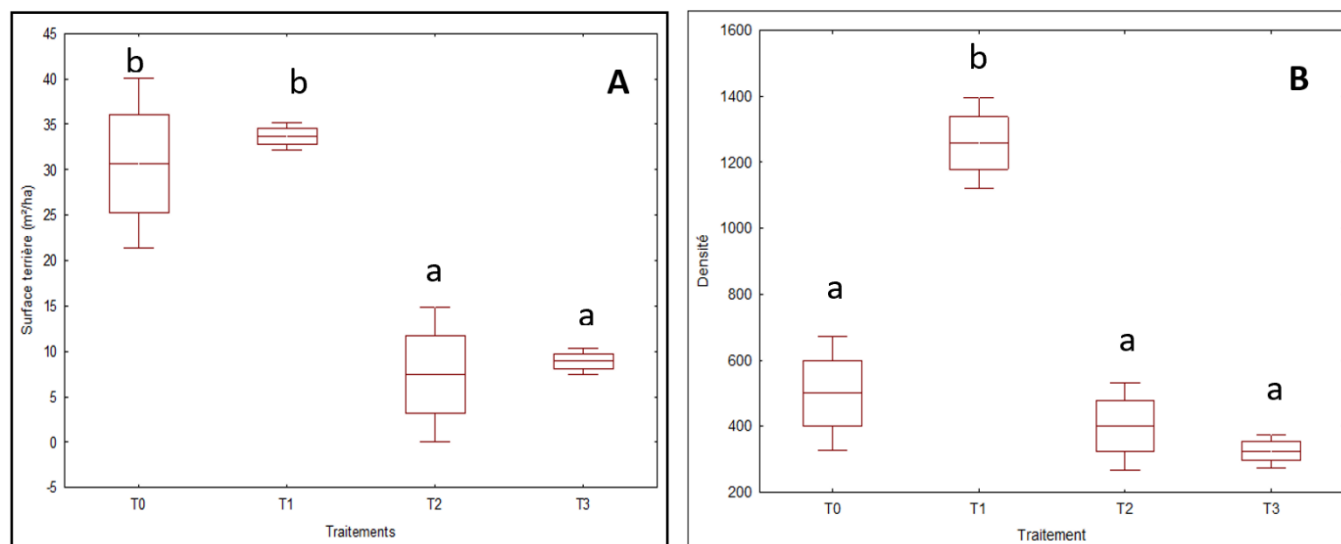


Fig. 7. Surfaces terrières (A) et densité (B) des peuplements de caféiers selon les différents traitements appliqués

T₀-Pratique paysanne; T₂-Recepage + bonne pratique agricole + sans fertilisation; T₁-Recepage + bonne pratique agricole + fertilisation; T₃-Replantation + Bonne pratique agricole + fertilisation

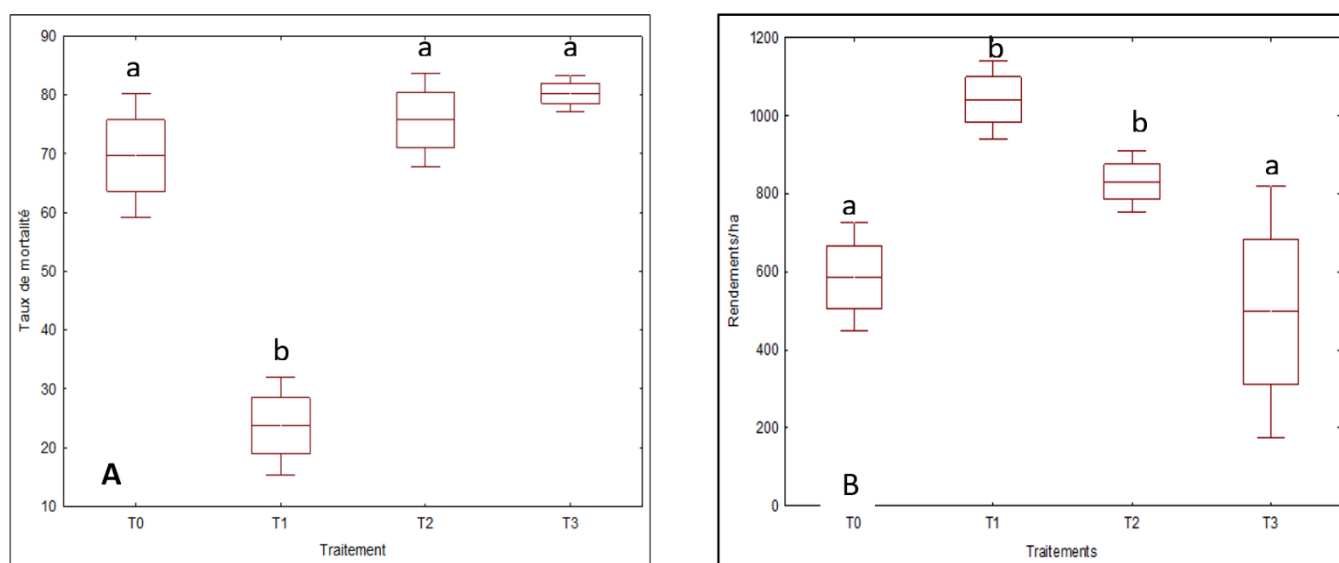


Fig. 8. Taux de mortalité (A) et rendement (B) en cerises sèches de caféier selon des différents traitements appliqués

T₀-Pratique paysanne; T₂-Recepage + bonne pratique agricole + sans fertilisation; T₁-Recepage + bonne pratique agricole + fertilisation; T₃-Replantation + Bonne pratique agricole + fertilisation

4 DISCUSSION

L'étude des paramètres floristiques des différents types de peuplements a montré l'existence d'une richesse biologique des caféiers à Kéibla. En effet, le nombre d'espèces inventoriées a varié de 29 à 40 selon le système agricole appliqué. Cela s'explique par le fait que les producteurs de Kéibla préservent volontairement les espèces dans leurs plantations. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par [38] avec 11 espèces inventoriées. Par contre, elles sont inférieures à celles recensées par [39] avec 59 espèces dans les agrosystèmes caféiers de la périphérie de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. Cette différence de valeur serait due à l'état d'entretien et à l'intérêt que portent les producteurs à la culture de café. Par ailleurs, on note que les peuplements issus du recépage de tiges et bénéficiant de bonnes pratiques agricoles sans urée ont enregistré le plus grand nombre d'espèces. On peut donc penser que la

régénération des peuplements par recépage de tiges produits des rejets vigoureux incitant les paysans à préserver des espèces ligneuses en les entretenant dans leurs plantations.

L'analyse de la distribution des espèces a montré une nette dominance de la famille des Euphorbiaceae dans tous les différents agrosystèmes caféiers étudiés. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les espèces de cette famille sont des arbustes (microphanérophytes) issues des zones forestières de la Côte d'Ivoire (zone Guinéo-Congolaise). La prépondérance des arbustes dans le milieu permet de réduire le risque de compétition entre les individus de mêmes espèces et d'espèces différentes. Aussi, la dominance des microphanérophytes serait due à leur forme de vie pérenne avec une repousse végétative qui est le mode de régénération quantitativement important de ce type biologique [40], [41]. Cette observation avait été déjà faite dans les agrosystèmes cacaoyers et caféiers installés en zone forestière par [20], [42] et [43].

A Kéibla, les pratiques culturales adoptées par les paysans permettent de produire des agrosystèmes diversifiés. Ce travail a montré que, dans tous les peuplements caféiers de Kéibla, les espèces sont équitablement bien réparties. Des résultats similaires ont été rapportés dans les agrosystèmes de cultures pérennes à Daloa [20], [44], [21], [43]. Cependant, cette étude a montré que les peuplements régénérés par recépage de tiges avec ou sans urée sont les plus diversifiés et les mieux repartis avec des indices atteignant la valeur de 2 pour Shannon et l'unité pour Piéluou. Ce résultat montre que le renouvellement des peuplements caféiers par recépage de tiges et entretenus est un bon indicateur de diversité floristique. Les plants issus de telles pratiques culturales sont vigoureux, créant alors une ambiance forestière favorable au maintien des espèces. Ces résultats témoignent donc d'une diversité végétale au sein des différents types de culture du caféier. En effet, la présence ou l'absence d'une espèce dans un agrosystème dépendrait de la volonté du paysan, car ce dernier choisit les espèces à conserver en fonction de leurs vertus. Cette volonté amène le paysan à éliminer volontairement certaines espèces jugées gênantes et à favoriser d'autres, ce qui accentue la destruction des espèces entraînant ainsi une baisse du nombre des espèces.

L'analyse des caractéristiques agronomiques des différents traitements appliqués a montré que les peuplements de caféier conduits par recépage incluant de bonnes pratiques agricoles avec ou sans fertilisation par l'urée ont enregistré les meilleures performances agricoles. Dans ces peuplements, 30 à 34 m² des sols sont couverts par les végétaux ligneux à l'hectare et ce, en parcelles paysannes et recépées sous urée. Cela est un indicateur d'une bonne ambiance forestière régnant au sein de ces peuplements agroforestiers à base de caféiers. Selon [35], l'existence d'une telle ambiance est synonyme de la corrélation entre surface terrière des caféiers et stock de carbone produit. En effet, sous ombrage, le caféier retrouve des conditions proches de son milieu d'origine [45]. Cela a permis, dans ces peuplements (Traitement T₁) une meilleure production de café (1041 kg/ha). Ce rendement observé dans ce travail est largement supérieurs à la production moyenne de café en Côte d'Ivoire (350 kg/ha). La conduite des vieilles plantations en coupe rase par renouvellement et des entretiens réguliers (bonne pratique agricole) permettent de stimuler les plants et produire ainsi des tiges vigoureuses capables d'augmenter le rendement. [46] ont confirmé cette tendance estimant que le recépage de tiges est une technique de revégétalisation qui permet de doubler le rendement. Toutefois, cette technique, pour être efficace, doit s'effectuer dès la septième année puis être répétée tous les 5 ans. Elle ne présente un intérêt que si les opérations telles que l'entretien régulier, l'égourmandage et amendement du sol sont menés de façon la plus intense. Par ailleurs, ce résultat paraît inférieur à ceux de [47] qui ont obtenu 2000 kg/ha dans un centre de recherche sur des plantations régulièrement entretenu. Cela montre qu'au sein des parcelles de caféier recépées, bien entretenues et non fertilisées à l'urée, la densité des peuplements est la plus importante. Ce résultat pourrait être due à un bon recépage bas des caféiers, l'application des suivis et consignes par les agences d'appui au développement agricoles et surtout à la présence d'arbres d'ombrage favorisant le bon développement des pieds. Ainsi l'application de telles mesures techniques permet de réduire le taux de mortalité des caféiers. Dans nos essais, la densité maximale a été enregistrée au sein des peuplements recépés, bien entretenus et non fertilisée à l'urée avec 1259 pieds/ha. Cette densité est conforme à celle préconisée par [48] CNRA (2005) pour 1333 pieds/ha à l'écartement de 3 m x 2,5 m en rectangle.

5 CONCLUSION

L'étude des paramètres floristiques et structuro-agronomiques des agrosystèmes caféiers de Keibla a révélé que les plantations dans leur ensemble ont été riches de 66 espèces végétales appartenant à 58 genres et 32 familles. Les familles botaniques dominantes ont été les Euphorbiaceae, les Moraceae, les Rubiaceae et les Fabaceae. Entre parcelles tests, les peuplements issus de recépage de tiges appliquant les bonnes pratiques agricoles et sans fertilisation à l'urée (T₁) ont enregistré le plus grand nombre de taxons avec 41 espèces. En comparaison avec la pratique paysanne, le traitement T₁ a été le plus riche en espèces. Ces plantations issues de recépage sont riches en majorité d'arbustes des zones forestières. Avec les rejets de souches de caféiers, elles forment des agrosystèmes diversifiés et dont les espèces sont équitablement bien réparties.

Par ailleurs, cette étude a montré qu'on pouvait renouveler de vieilles plantations de caféier en adoptant des pratiques de revégétalisation simple par recépage de tiges. L'adoption de telles pratiques répondrait à un besoin de redensification des peuplements de caféiers avec des espèces compagnes ligneuses sans recourir à la fertilisation minérale. Cela a permis non seulement de recréer une ambiance forestière favorable à la culture des caféiers, mais également d'améliorer la production et de diminuer largement le taux de mortalité (23,73 %). Ainsi, les peuplements issus de recépage de tiges bien entretenues et sans fertilisation à l'urée ont permis d'obtenir non seulement de meilleures occupations du sol mais surtout de tripler le rendement (1041 kg/ha) en comparaison avec celui des valeurs

moyennes en Côte d'Ivoire (350 kg/ha). Toutefois, pour une production optimale et durable, il serait important d'intensifier les encadrements des producteurs, d'améliorer la politique d'achat des cerises de café et une adhésion complète des producteurs à l'application des bonnes pratiques agricoles. En plus, les projets d'amélioration de la production par la mise en place de techniques culturales améliorées devraient prendre en compte la perception, les savoirs et savoir-faire des producteurs. Ainsi, les études futures devront prendre en compte les caractéristiques pédologiques des sols sous les caféiers et les services écosystémiques fournis par la phytodiversité des agrosystèmes caféiers aux producteurs.

FINANCEMENT

Ce travail n'a bénéficié d'aucun financement extérieur. Il a été financé totalement par les auteurs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les caféiculteurs de Kéibla et la l'Entreprise Coopérative des Producteurs Agricole de Bédiala (ECOPAB) pour l'accès à leurs plantations dans le cadre de cette étude.

CONFLITS D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- [1] J. Schwankner, Analyse de la durabilité du café: production et consommation en Amérique, Mémoire de Maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke (Québec, Canada), 2019.
- [2] T. G. O'Brien and M. F. Kinnaird, "caffeine and conservation", Science, vol. 300, N° 5619, p583, 2003.
- [3] B. S. Nguyen, Le Coffee Wilt Disease, un espoir pour le café ougandais, Mémoire d'étude d'ingénieur, Ecole supérieure d'Agro-Développement International (ISTOM, France), 81p, 2008.
- [4] C. Eponon, D. Snoeck, E. Kassin, J. Keli et D. Koné, "Diagnostic agronomique des pratiques culturales paysannes dans les vergers caféiers de Côte d'Ivoire", Cahier de l'Agriculture, vol. 26, N° 45007, pp. 1-9, 2017.
- [5] Ruf F. et Agkpo J. L., Etude sur les revenus et les investissements des producteurs de café et de cacao en Côte d'Ivoire, 2008. [Online] Available: http://agritrop.cirad.fr/548837/1/document_548837.pdf (Consulté le 17 Mars 2022).
- [6] Koua André Hugues Georges, Situation de la production de café en Côte d'Ivoire: cas du département d'Aboisso, 2007. [Online] Available: http://www.memoireonline.com/10/07/663/m_situation-production-cafe-coted-ivoire-aboisso3.html (Consulté le 10 Mars 2022).
- [7] Ruf F. et Schroth G., Economie et Ecologie de la diversification des cultures pérennes tropicales. In: Ruf F. (ed.), Schroth G. (ed.). Cultures pérennes tropicales: enjeux économiques et écologiques de la diversification. Versailles: Editions Quae, pp. 5-30. [Online] Available: <http://excerpts.numilog.com/books/978-2-7592-1854-7.pdf> (March 10, 2013).
- [8] G. J. Nemlin, Z. B. Irié, L. Ban-Koffi, Y. Legnaté, G. Yoro, A. N'gbome et G. Amani, "Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du café Robusta (*Coffea canephora* L.) en fonction et des techniques culturales en Côte d'Ivoire", Agronomie Africaine, vol. 21 N° 2, pp. 185-195, 2009.
- [9] FAO, Status of the World's Soil Resources, 2015. [Online] Available: http://faostat3.fao.org/browse/Q/_/F (March 10, 2022).
- [10] P. Jagoret et F. Descroix, Evolution de la culture de *Coffea canephora* en Afrique et problématique de développement, 2002. In: Recherche et caféiculture. Montpellier: CI RAD-CP. pp. 44-59. [Online] Available: <https://agritrop.cirad.fr/508296/> (March 10, 2022).
- [11] FIRCA, Guide de régénération des vergers de cacaoyer et de caféier, 2017. Rapport Annuel du fond international pour la recherche et le conseil agricoles, 1ère édition 119 p.
- [12] Brou O. L., Étude socio-économique du projet Achratoxine A, 2005. Rapport final, juillet 2005, 145 p.
- [13] Ubertino S. Faire face à la crise du café: l'adoption des pratiques durable chez les producteurs de café au Mexique, 2015, Mémoire de Maîtrise en agronomie, Université de Laval (Quebec, Canada), 2015. [Online] Available: <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/2000.500.11794/26162/1/31866.pdf> (Consulté le 10 Mars 2022).
- [14] Declert C., Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale: cultures de Côte d'Ivoire, 1990. [Online] Available: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleinstestes/divers11-02/36393.pdf> (consulté le 10 Mars 2022).
- [15] C. Y. Koffie-Bikpo et K. S. Kra, "La région du haut Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire", Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement, vol. 2, pp. 95-103, 2013.
- [16] Avenard J. M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J-L., Adjano Houm E. et Perraud A., 1971. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Mémoires ORSTOM, Paris (France), N°50, 392p, 1971.

- [17] R. Ligban, L. D. Goné, B. Kamagaté, M. B. Saley, et J. Biémi, "Processus hydrogéochimique et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 3, N° 1, pp. 17-47, 2009.
- [18] Guillaumet J. L. et Adjanohoun E., 1971. La végétation de la Côte d'Ivoire. In: *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoires ORSTOM, N° 50, pp. 156-263.
- [19] A. Koulibaly, Caractéristiques de la végétation et dynamique de la régénération sous l'influence de l'utilisation des terres dans des mosaïques forêts-savanes des régions de la réserve de Lamto et du Parc National de la Comoé en Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 2008.
- [20] V. P-A. Diomandé, Importance de la flore préservée en cacaoculture dans la vie de la population de la localité de djekro (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Bioressources et Agronomie, option Foresterie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire), 2018.
- [21] B. B. Boko, A. Koulibaly, A. D. E. Amon, D. B. Koffi, K. A. A. M'Bo and S. Porembski "Farmers Influence on Plant Diversity Conservation in Traditional Cocoa Agroforestry Systems of Côte D'Ivoire", *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, vol. 6, N° 11, pp. 1-11, 2020.
- [22] Lebrun J. P. et Stork A. L., *Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale: Chrysobalanaceae à Apiaceae*, Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève, 254p, 1992.
- [23] Lebrun J. P. et Stork A. L., *Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale: Monocotylédones: Limnocharitaceae à Poaceae*, Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève, 341 p, 1995.
- [24] Lebrun J. P. et Stork A. L., *Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale: Gamopétales: Clethraceae à Lamiaceae*, Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève. 712 p, 1997.
- [25] L. Aké-Assi, "Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie". Genève. Boissiera, vol. 57, pp.1-396, 2001.
- [26] Aké-Assi L., *Flore de Côte d'Ivoire, catalogue systématique, biogéographie et écologie*, Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève (Suisse), Boissiera, Tome II, N° 58, 401 p, 2002.
- [27] Cronquist A. *An integrated system of classification of flowering plants*, Columbia University Press, 1262 p., [Online] Available: <https://link.springer.com/article/10.2307/2806386> (10 Mars, 2022).
- [28] A. Bakayoko, Influence de la fragmentation forestière sur la composition floristique et la structure végétale dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 2005.
- [29] Raunkiaer C., *The life form of plants and statistical plant geography*. Clarendon press, Oxford, 632 p, 1934.
- [30] Spichiger R. E, Figeat V. V. S et Jean monod D., *Botaniques systématiques des plantes à fleurs: Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales*, Deuxième édition, Press polytechniques et universitaires romandes, 213 p, 2002.
- [31] L. Aké-Assi, *Flore de la Côte d'Ivoire: étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques*. Tome I, II et III. Catalogue des plantes vasculaires, Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université Nationale, Abidjan, Côte d'Ivoire, 1984.
- [32] C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication", *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423, 1948.
- [33] J. M. Felfili, M. C. Silva Junior, A. C. Sevilha, C. W. Fagg, B. M. T. Walter, P. E. Nogueira and A. V. Rezende, "Diversity floristic and structural patterns of cerrado vegetation in central Brazil", *Plant ecologic*, vol. 175, N° 1, pp. 37-46, 2004.
- [34] E. C. Pielou, "Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession", *Journal of theoretical biology*, vol. 10, pp. 370-383, 1966.
- [35] REDD+, *Formation théorique sur la surface terrière*, 2021. Nitidae, Filières et Territoires, projet REDD+ de la Mé. [Online] Available: https://www.nitidae.Org/files/0b1d232c/formation_theorique_sur_la_surface_terriere.pdf (Consulté le 10 Mars 2022).
- [36] J. Alteyrac, Influence de la densité de peuplement et de la hauteur dans l'arbre sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'Épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.), Thèse de doctorat en sciences du bois. Faculté de Foresterie et de Géomatique, Université de Laval (Québec), 2005.
- [37] Z. Sveenjak, B. Varga and J. Butorac, "Yield components of apical and subapical ear contributing to the grain yield responses of prolific maize at high and low plant populations", *Journal of Agronomy and Crop Sciences*, vol. 192, pp. 37-42, 2006.
- [38] G. Dembélé, Potentiel de régénération des espèces ligneuses préservées dans les agrosystèmes à base de cultures de rente (café, cacao et hévéa) dans la ville de Daloa, Mémoire de Master Bioressources et Agronomie, Option Amélioration des ressources agricoles, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire), 2019.
- [39] M. N. Gbané, Diversité des espèces ligneuses associées dans les agrosystèmes cacaoyers et caféiers de l'espace riverain de l'Université Jean Lorougnon Guédé (Centre-Ouest de la côte d'Ivoire). Mémoire de Master Bioressources et Agronomie, option Foresterie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire), 2020.
- [40] S. C. Piba, A. Koulibaly, D. Goetze, S. Porembski et D. Traoré, "Diversité et importance sociale des espèces médicinales conservées dans les agrosystèmes cacaoyers au Centre-Ouest de la Cote d'Ivoire", *Annales de Botanique de l'Afrique de Ouest*, vol. 7, pp. 80-96, 2011.

- [41] A. Koulibaly, D. Kouamé, N. Grog, K. E. Kouassi, A. Bakayoko and S. Porembski, "Floristic characteristics of the mosaic and how forest progress on savanna in the Lamto Reserve region (Côte d'Ivoire)", *International Journal of Development Research*, vol. 6, N° 5, pp. 7792-7799, 2016.
- [42] A. Koulibaly, "Développement agricole durable: la phytodiversité comme outil de gestion des plantations de cultures de rente en Côte d'Ivoire", *Agronomie Africaine*, N° Spécial (8), 11 p., 2019.
- [43] A. Djago, Diversité floristique et stockage de carbone dans les agrosystèmes cacaoyers de Bédiala (Daloa, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), Mémoire de Master Bioressources et Agronomie, option Foresterie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire), 2021.
- [44] I. Bamba, G. Z. Golou, B. Kambiré, C. S. Yao et Y. S. S. Barima, "Agrosystèmes et conservation de la diversité végétale dans la périphérie de la forêt classée du Haut- Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)", *European Journal of Scientific Research*, vol. 154, N° 4, pp. 443-457, 2019.
- [45] Cirad, Le café, des terroirs et des hommes, 2003. Available: <http://www.cirad.fr/fr/web.savoir/curieux/brochures/cafe/pdf/brocafe6.pdf>. (Consulté le 11 Mars 2022).
- [46] Ruf, F. Ruf T. et Vautherin, J. P., Le café et les risques de l'intensification. Cas de la Côte d'Ivoire et du Togo. Edition IRD, pp. 489-517, 2022.
- [47] A. S. P. N'Guetta, K. B. Kouamanan, A. A. Yapo et Y. J. Lidah, "Amélioration génétique de *Coffea canephora* pierre par hybridation inter-spécifique: étude de descendance de première génération de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner et *Coffea congensis* Froehner", *Agronomie africaine*, vol. 18, N° 3, pp. 201- 212, 2006.
- [48] CNRA, Comment cultiver le caféier robusta en Côte d'Ivoire, 2005. Fiche technique. Centre National de Recherche Agronomique, [Online] Available: <http://www.erails.net /images/cote-ivoire/cnra/cnra/fi le/ftech%20caf%C3%A9.pdf> (consulté le 10 Mars 2022).

ANNEXE: LISTE DES ESPÈCES RECENSÉES DANS LES DIFFÉRENTS PEUPELEMENTS CAFÉIERS DE KÉIBLA

N°	Espèces	Familles	Type biologiques	Chorologie	T0	T1	T2	T3
1	<i>Adenia cissampeloides</i> (Planch. ex Hook.) Harms	Passifloraceae	mp	GC	x	x		
2	<i>Agelaea pentagyna</i> (Lam.) Baill.	Connaraceae	mp	GC	x			x
3	<i>Ageratum conizoides</i> Linn.	Asteraceae	Th	GC-SZ	x	x	x	x
4	<i>Albizia zygia</i>	Mimosaceae	mP	GC-SZ	x	x	x	x
5	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg	Euphorbiaceae	mp	GC-SZ			x	x
6	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	MP	GC				x
7	<i>Antiaris africana</i> (Engl.) C.C. Berg	Moraceae	mP	GC				x
8	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>welwitschii</i> (Engl.) Corner	Moraceae	mP	GC	x	x	x	x
9	<i>Baphia pubescens</i> Hook. F.	Fabaceae	mp	GC				x
10	<i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	mP	GC-SZ	x			x
11	<i>Blighia unijugata</i> Baker	Sapindaceae	mP	GC	x	x	x	
12	<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Fabaceae	mp	GC		x		
13	<i>Capsicum annum</i> L.	Solanaceae	np	I			x	x
14	<i>Cassia occidentalis</i> L.	Caesalpiniaceae	np	GC-SZ		x		x
15	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaerth.	Bombacaceae	MP	GC-SZ				x
16	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	Fabaceae	mp	GC	x	x		
17	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. M. King & H. Rob.	Asteraceae	np	GC	x	x	x	x
18	<i>Citrus limon</i> Burn. F	Rutaceae	mp	I		x	x	x
19	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	mp	I		x		x
20	<i>Cnestis ferruginea</i> DC.	Connaraceae	mp	GC	x			
21	<i>Combretum micranthum</i> G. Don	Combretaceae	mp	GC				x
22	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f. subsp. <i>Diffusa</i>	Commelinaceae	np	GC-SZ		x	x	
23	<i>Corchorus olitorius</i> L.	Tiliaceae	np	GC-SZ			x	
24	<i>Croton hirtus</i> L'Hérit.	Euphorbiaceae	np	GC		x		
25	<i>Dialium guineense</i> Willd.	Caesalpiniaceae	mP	GC	x			
26	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae	mP	GC	x	x	x	x
27	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	Th	GC	x	x	x	x
28	<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae	Ch	GC	x	x		
29	<i>Ficus benjamina</i> L.	Moraceae	mP	GC				x
30	<i>Ficus capensis</i> Thunb.	Moraceae	MP	I				x
31	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	mp	GC-SZ	x	x		x
32	<i>Ficus sur</i> Forsk.	Moraceae	mp	GC-SZ		x		
33	<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	mP	GC			x	
34	<i>Griffonia simplicifolia</i> (Vahl ex DC.) Baill.	Caesalpiniaceae	mp	GC	x	x	x	
35	<i>Hevea brasiliensis</i> (Kunth) Müll.Arg	Euphorbiaceae	mP	GC-SZ				x
36	<i>Hibiscus owariensis</i> P. Beauv.	Malvaceae	np	GC	x	x	x	
37	<i>Justicia secunda</i> Valh	Acanthaceae	np	GC		x		
38	<i>Laportea ovalifolia</i> (Schum. & Thonn.) Chew	Urticaceae	np	GC	x	x	x	x
39	<i>Mallotus oppositifolius</i> (Geisel.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	mp	GC	x	x	x	x
40	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	mP	I		x		
41	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	mp	I		x		
42	<i>Milicia regia</i> A. Chev.	Moraceae	MP	GC-SZ				x
43	<i>Millettia zechiana</i> Harms	Fabaceae	mp	GC-SZ	x			
44	<i>Mimosa invisa</i> Mart.	Mimosaceae	np	GC	x		x	
45	<i>Mimosa pudica</i> L.	Mimosaceae	np	GC		x		
46	<i>Mitracarpus scaber</i> Zucc.	Rubiaceae	Th	GC-SZ		x	x	
47	<i>Monodora tenuifolia</i> Benth.	Annonaceae	mp	GCW				x
48	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	mp	GC	x	x	x	x
49	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Cecropiaceae	Mp	I	x			
50	<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	mp	GC-SZ	x	x		
51	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	mp	GC	x	x	x	x
52	<i>Phyllanthus reticulatus</i> Poir. var. <i>reticulatus</i>	Euphorbiaceae	np	I	x			
53	<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	Euphorbiaceae	np	GC-SZ	x	x	x	

54	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	mp	GC	x	x	x	x
55	<i>Psychotria albicaulis</i> Scott-Elliot	Rubiaceae	np	GCW		x		
56	<i>Secamone afzelii</i> (Schultes) K. Schum.	Asclepiadaceae	mp	I	x	x	x	
57	<i>Setaria verticillata</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae (Gramineae)	Th	GC	x			
58	<i>Sida acuta</i> Burm. F.	Malvaceae	np	GC		x	x	
59	<i>Solanum torvum</i> Sw.	Solanaceae	np	GC		x	x	
60	<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae	np	GC-SZ		x		
61	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Loganiaceae	Th	GC			x	
62	<i>Synedrella nodiflora</i> Gaertn	Asteraceae	Th	GC				x
63	<i>Tapinanthus bangwensis</i> (Engl. & K. Krause) Danser	Loranthaceae	Ep	SZ	x	x		
64	<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae	mp	I		x		x
65	<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	Sapotaceae	mp	GC	x	x	x	
66	<i>Zanthoxylum Zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	Rutaceae	mp	SZ			x	
		Nombre d'espèces			32	40	29	31
		Nombre de Genres			29	38	29	28
		Nombre de Familles			22	26	09	19

*T*₀-Pratique paysanne; *T*₁-Recepage + bonne pratique agricole + sans fertilisation; *T*₂-Recepage + bonnes pratique agricole + fertilisation; *T*₃-Replantation + bonnes pratiques agricoles + fertilisation; mp-microphanérophyte; Th-Thérophyte; Ch-Chamephyte; Ep-Epiphyte; np: Nanophanérophyte; mP-Mésophanérophyte; G-Geophyte

GC-Taxon de la région Guiné-Congolaise; i-Taxon introduit ou cultivé; GC-SZ-Taxon de la zone de transition entre les régions Guiné-Congolaise et Soudano-Zambézienne; GCW-taxons endémiques du bloc forestier à l'Ouest du Togo.

Economic performance determinants of farms in the context of health and climate change in rural district of kourthèye in Niger

Idrissa Saidou Mahamadou¹⁻², Soumana Boubacar¹⁻², Nouhou Mossi Oumoul-Kairou¹⁻², and Sanouna Abdoukarimou¹⁻²

¹Département de Sociologie et Économie Rurales, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP 10960 Niamey, Niger

²Laboratoire d'Analyse et de Recherche en Sociologie et Economie Rurale (LARSER), Niger

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: It's in a context of climate change and health that this research aims to identify the determinants of the economic performance of farms in the rural municipality of Kourthèye (Niger) on a sample of 250 producers. By adopting a parametric approach, the levels of economic efficiency were estimated and decomposed into allocative and technical efficiency from a stochastic production frontier (Cobb-Douglas-type); and the correlation test to study the link between economic performance indicators and those of health. The farm was broken down into irrigated and dry crops. Empirical results show that there's an efficiency differential between them. For irrigated crops, the average allocative efficiency indices are 0.35 and 0.26 for dry crops. With regard to the economic efficiency, it's 0.17 and 0.10 respectively, reflecting the weak economic performance of farms. The examination of the economic performance determinants shows that Household size, Off-farm income, Experience in agriculture, Access to informal credit, training of farmers, and Climate information play a positive and significant role in achieving of production frontier. However, all the health indicators taken into account have a negative and significant effect at 1% on the economic performance of these farms. Thus, a policy of the state, donors and NGOs, improving health status, other significant determinants, adoption of new modern technologies could certainly improve the overall level of economic performance of farms.

KEYWORDS: economic efficiency, determinants, stochastic production frontier, farms.

1 INTRODUCTION

Agriculture plays the most crucial role in feeding the world's population, and [1] plays a significant role in the economics of every country [2]. Unfortunately, for several decades, agricultural production, which remains dependent on climate, has not been able to meet increasingly growing demand [3]. According to the latest bulletin from the British Met Office, Europe, America, Africa, plus the northern areas, will suffers most from the increase in temperature in the coming years, and the projections, if confirmed, could seriously question the Earth's climate stability, making it ever more complicated to achieve the objectives present both in the Paris Agreement and in the 2030 Agenda. As for the next five years, the period 2020-2024, the global average temperature should fluctuate between 1.06 °C and 1.62 °C more than the average of the pre industrial period (1850-1900), with a probability slightly below 10% to temporarily exceed 1.5 °C: the limit that the IPCC scientific community in the "special report" of 2018 recommends not to exceed, in order to avoid the most serious impacts on people and ecosystems by the climate change [4]. In this context, poverty and hunger reduction are intertwined challenges and enduring issues in the world, particularly in developing countries [5]. Empirical studies suggest that most under developed and developing countries are still facing the problem of high poverty levels. Most farmers in these countries practice subsistence farming with low productivity [6]. The most important aspect of small family farms is to protect the rural environment against the socio-economic marginalization of rural territories and reducing the out-migration from the countryside as well [7].

With more than $\frac{3}{4}$ of desert territory, Niger can only be exploited for agriculture in its southern part [3] where a large section of the population depends on agriculture for its livelihood [8] (Abdul et al., 2020). Agriculture of the country areas has been characterized by low productivity due to land degradation, low technological inputs, low soil fertility, weak institution linkage, lack of appropriate and effective agricultural policies and strategies [9,10]. While several efforts have been undertaken to raise their production and productivity so as to achieve food security, such efforts have had negative implications for the environment. The vicious cycle of poverty among these farmers has led to the unimpressive performance of the agricultural sector [11]. Efficiency, along with productivity and competitiveness, is one of the key characteristics in the analysis of farms. Efficiency studies are not, despite the importance of the concept as a tool for analyzing farm performance, abundant in agriculture sector [12] of Niger. These farmers need to be abreast with the knowledge of efficiency in agricultural production especially in the area of resource allocation that will help to bring about increased agricultural productivity [13]. Therefore, there is a need for empirical studies that analyse the relationship between inputs, outputs, and farm-specific characteristics and efficiency in the irrigated and dry crop. Only focused research of this nature can be the basis of policies that promote productivity and efficiency at the household level. The goal of this study, therefore, is to determine the economic performance determinants of farms in the context of health and climate change in rural district of kourthèye in Niger; in order to suggest a few high priority areas for the policy intervention designed to improve the efficiency of the agricultural production, and lead to substantial and sustainable increases in the income and decreases in the rural poverty in Niger. The research questions to be addressed are: i) what is the average level of technical, allocative and economic efficiency in rural district of kourthèye's farms? ii) Are there significant differences between health and economic performance indicators these farms?

2 CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE STUDY

2.1 ECONOMIC PERFORMANCE

Economic performance refers to the company's ability to achieve optimum profitability in a competitive environment. [14] and [15] underlines that the words economic performance and competitiveness are often associated, competitiveness being defined "as the capacity to face competition and to face it successfully" Company competitiveness or economic performance then translates "its ability to sell products that meet the demands of demand (in terms of price, quality and quantity), while generating profits allowing it to develop". The economic performance in terms of efficiency and effectiveness at the farm level can be measured by the accumulation of plot approaches. At the plot level and as at the farm level, the results indicators can be expressed in terms of gross margin, direct margin, net margin or added value. The gross margin is a result indicator determined by the difference between the product and the operating expenses used by arable crops [16].

2.1.1 CONCEPT OF EFFICIENCY

Efficiency was described by [17] as the extent to which time, effort, or cost is well managed for an intended task or purpose; it also refers to the success of producing a large amount of output as possible given a set of input [18].

It is defined also as the maximum of ratios of weighted outputs to weighted inputs subject to the condition that similar ratios for every decision-making unit (DMU) are less than or equal to unity [19]. The efficiency of each DMU then is relative to the output to input ratio of the most efficient farm. In general, there are two measurement methods of efficiency analysis, the parametric and non-parametric one. Parametric approaches provide a consistent framework to analyse efficiency [20]; however, a weakness of the parametric approaches is that the stated hypothesis can never be detected directly [21]. A non-parametric deterministic mathematical programming approach was developed by [22], which attributes all the deviations away from the frontier technology to inefficiency.

The stochastic frontier model is a regression model estimated by maximum likelihood with a non-normal and non-symmetric disturbance [23]. An example of a general stochastic frontier functional formulation is $y_i = f(x_i, \beta) + v_i - u_i = f(x_i, \beta) + e_i$, where v_i represents the random error component and u_i is the technical inefficiency component. The random error term, v_i , is assumed to be independent and identically distributed (i.i.d), with half normal distribution, as well as independent from the term u_i . Therefore, the error term, $e_i = v_i - u_i$, is not symmetric as long as $u_i \geq 0$ [24].

2.1.2 THE CONCEPT OF TECHNICAL EFFICIENCY

Technical efficiency refers to the ability of a farm to either produce the optimum level of outputs from the given bundle of inputs, or to produce the given level of outputs from the minimum amount of inputs for the given technology. It may help in exploring the potential benefits of promoting the most efficient of existing technologies in use by vegetable farmers. [25] to

study the determinants of technical efficiency used the SFA methodology developed by [26]. Stochastic frontier models allow for an analysis of technical inefficiency in the framework of production functions. The SFA method is based on an econometric (i.e. parametric) specification of a production frontier. Using a generalised production function and cross-sectional data, this method can be depicted as follows: $y_i = f(x_{ij}; \beta) * \exp(\frac{\sigma^2}{2}) (\epsilon_i)$

The concept of technical efficiency model can be also illustrated graphically using a simple example of a two input (x_1, x_2) - two output (y_1, y_2) production process (Figure 1). Efficiency can be considered in terms of the optimal combination of inputs to achieve a given level of output (an input orientation), or the optimal output that could be produced given a set of inputs (an output orientation).

In Figure 1 (a), the firm is producing a given level of output (y_1^*, y_2^*) using an input combination defined by point A. The same level of output could have been produced by radially contracting the use of both inputs back to point B, which lies on the isoquant associated with the minimum level of inputs required to produce (y_1^*, y_2^*) (i.e. Iso (y_1^*, y_2^*)). The input-oriented level of technical efficiency (TEI (y, x)) is defined by OB/OA .

However, the least-cost combination of inputs that produces (y_1^*, y_2^*) is given by point C (i.e. the point where the marginal rate of technical substitution is equal to the input price ratio w_2/w_1) [27].

The production possibility frontier for a given set of inputs is illustrated in Figure 1 (b) (i.e. an output-orientation). If the inputs employed by the firm were used efficiently, the output of the firm, producing at point A, can be expanded radially to point B. Hence, the output oriented measure of technical efficiency (TEO (y, x)); can be given by OA/OB . This is only equivalent to the input-oriented measure of technical efficiency under conditions of constant returns to scale. While point B is technically efficient, in the sense that it lies on the production possibility frontier, higher revenue could be achieved by producing at point C (the point where the marginal rate of transformation is equal to the price ratio p_2/p_1). In this case, more of y_1 should be produced and less of y_2 in order to maximize revenue. To achieve the same level of revenue as at point C while maintaining the same input and output combination, output of the firm would need to be expanded to point D. [27].

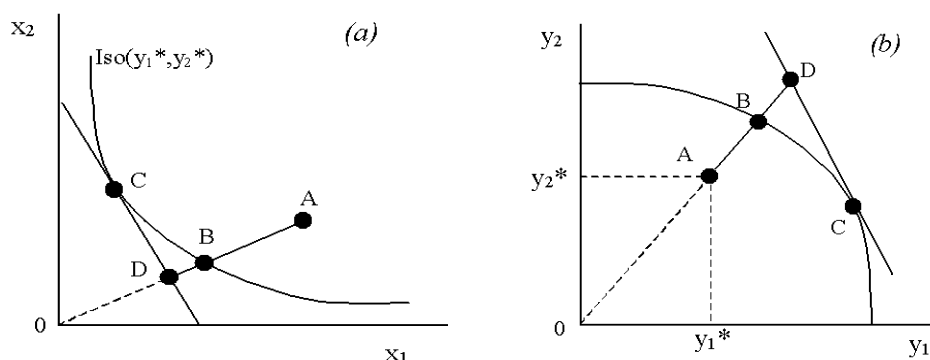


Fig. 1. Mesures d'efficacité axées sur les intrants (a) et les extrants (b)

3 RESEARCH METHODOLOGY

3.1 DATA

The study was conducted in rural municipality of Kourtheve in Niger in twelve (12) villages located in the area of the river valley. The size of the surveyed sample is 250 farmers. The following mathematical formulas were used to determine the final sample by following the following steps:

- (I) Determination of the initial sample the size (TEI):

$$TEI = \frac{z^2 * P (1 - P)}{e^2} \quad (1)$$

- (II) Adjusting the sample size to account for the size of the farmers (TEA):

$$TEA = TEI N / (N + TEI) \quad (2)$$

(III) Adjustment for the response rate, to determine the size of the final sample (TEF):

$$TEF = TEA / TR \quad (3)$$

Where TEF = Sample size, z is the security on the representativeness of the population. A margin of error of 5% was used ($z = 1.96$); P is the homogeneity of the population, found from previous studies $q = 1 - p$. A response rate (TR) of 90% has been used. This study concerned Irrigated and dry crops farmers and datas such as socio-economic characteristics of farmers (age, sex, educational level, marital status household size, income, access to informal credit, farming experience... etc), some health indicators, factors of institutional characteristics and Characteristics of farms were collected.

3.2 THEORETICAL AND ANALYTICAL METHOD

In order to study the efficiency, there are two ways: a parametric or deterministic approach, which needs a specific function of production and other parametric variables, and a non-parametric model or the DEA (Data Envelopment Analysis) aimed at defining in function the distance from the frontier of an hypothetical function of production an index of technical inefficiency [28]. The DEA is the most commonly applied technique in agricultural economics [26]. The DEA is an excellent empirical model that compares a decision unit with an efficient frontier using the performance indicators [29]:

The most significant feature of the estimating specification in the original DEA model is that it may allow the weights of all considered variables to be allocated [30].

The overall economic efficiency score for the i th farm was computed as the ratio of the minimum cost to the observed cost and it is comparable to the economic efficiency score (Equation 3), where $EE = 1$ indicates economically The economic efficiency for a DMU can also be defined as the product of the technical and allocative efficiency [22].

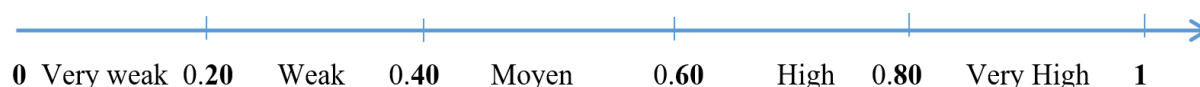
$$EE_i = \frac{w_i' x_i^*}{w_i' x_i} \quad (4)$$

The allocative efficiency index is the ability of a farm to choose its inputs in a cost minimizing way (Equation n°5).

$$AE_i = \frac{\frac{w_i' x_i^*}{\theta_i^{CRS}}}{\frac{w_i' x_i}{\theta_i^{CRS}}} = \frac{w_i' x_i^*}{w_i' \theta_i^{CRS} x_i} = \frac{x_i^*}{\theta_i^{CRS} x_i} \quad (5)$$

where $AE = 1$ indicates that the farm is allocatively efficient, and $AE < 1$ indicates the maximum proportion of cost that the technically efficient farm could save by behaving in a cost minimizing way [20].

To assess these efficiencies the study was based on a scale from 0 to 100%. A farm with a performance score between 0 and 20 is considered economically very low, between 20 to 40 low, 40 to 60 medium, 60 to 80 high and 80 to 100% very high; as the following scale shows us:



[31] defined the technical efficiency of an individual farmer in terms of the ratio of the observed output to the corresponding frontier output given the available technology as the defined by:

$$TE = \frac{Y_i}{Y_i^*} = \frac{f(x_i, \beta) \exp(V_i - U_i)}{f(x_i, \beta) \exp(V_i)} = e^{(-U_i)} \quad (6)$$

Where: Y_i is the observed output of irrigated or dry crop and Y_i^* is the frontier output which the farmer is expected to attain given his/her input level. The parameters of the stochastic frontier production function are estimated using the maximum likelihood method. This stochastic production frontier function is empirically defined by:

$$\log(Y) = \beta_0 + \sum_j \beta_j \log x_j + (u - v) \quad (7)$$

The variances of interest in this model are $\sigma_2 = \sigma_2 v + \sigma_2 u$ and $\alpha = \sigma_2 u / \sigma_2 = \sigma_2 u / (\sigma_2 v + \sigma_2 u)$. By definition the parameter α is between 0 and 1. A value of $\alpha = 1$ indicates that the deviation of the frontier is entirely due to technical inefficiency, while a value $\alpha = 0$ means that all the deviation of the frontier is due to random shocks. Thus, if $0 < \alpha < 1$, the variation in production is characterized by the presence of both technical inefficiency and random shocks.

These formulas (EE, AE, TE) are used in this study to determine the level of the technical, allocative and economic efficiency of farms (divided into irrigated and dry crops) in the context of climate change.

In measuring economic performance indicators, the following scheme has been established and followed to take into account the economic profitability of farms.

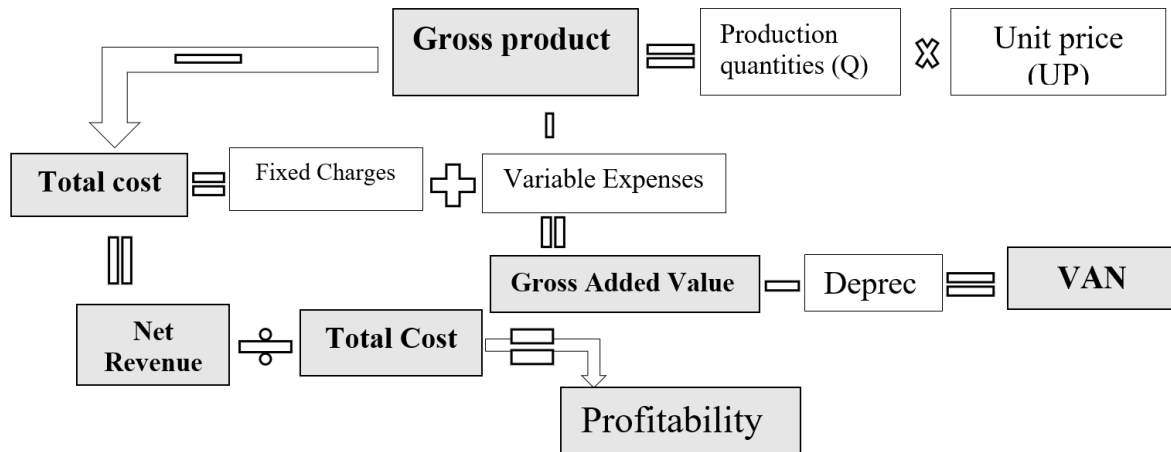


Diagram: Farm profitability calculation process

The Cobb-Douglas stochastic frontier production function was used to identify the technical and economic efficiency of farms in this study are given in the following equations:

$$Y_{TEi} = \beta_0 + \alpha_1 \log_{X_2} + \alpha_2 \log_{X_2} + \alpha_3 \log_{X_3} + \alpha_4 \log_{X_4} + \alpha_5 \log_{X_5} + \alpha_6 \log_{X_6} + \alpha_7 \log_{X_7} + \alpha_8 \log_{X_8} + \alpha_9 \log_{X_9} + \alpha_{10} \log_{X_{10}} + \alpha_{11} \log_{X_{11}} + \alpha_{12} \log_{X_{12}} + \alpha_{13} \log_{X_{13}} + \alpha_{14} \log_{X_{14}} + \alpha_{15} \log_{X_{15}} + \alpha_{16} \log_{X_{16}} + \alpha_{17} \log_{X_{17}} + \alpha_{18} \log_{X_{18}} + \varepsilon_i T(u_i + v_j)$$

$$Y_{EEi} = \beta_0 + \alpha_1 \log_{X_2} + \alpha_2 \log_{X_2} + \alpha_3 \log_{X_3} + \alpha_4 \log_{X_4} + \alpha_5 \log_{X_5} + \alpha_6 \log_{X_6} + \alpha_7 \log_{X_7} + \alpha_8 \log_{X_8} + \alpha_9 \log_{X_9} + \alpha_{10} \log_{X_{10}} + \alpha_{11} \log_{X_{11}} + \alpha_{12} \log_{X_{12}} + \alpha_{13} \log_{X_{13}} + \alpha_{14} \log_{X_{14}} + \alpha_{15} \log_{X_{15}} + \alpha_{16} \log_{X_{16}} + \alpha_{17} \log_{X_{17}} + \alpha_{18} \log_{X_{18}} + \varepsilon_i T(u_i + v_j)$$

With TE=Technical Efficiency, EE= Economic Efficiency X1=Household size, X2 =Age, X3=Off-farm income, X4=Membership of a Farmers' Organization, X5=Number of Years of Experience, X6=Number of people who fell ill, X7=Cost of patient care, X8=Average duration of disability, X9=Access to agricultural credit, X10=Ethatic grant, Trainig of farmers, X11=Climate information, X12=Adoption des nouvelles technologies, X13=Family Labor, X14=Number of cultivable fields, X15=Area, X16=Wage workforce, X17=agricultural equipment, X18=Intermediate consumption, X19=Animal availability and X20 =Economic result (Profitability) and i=Irrigated or Dry crop

4 RESULTS

4.1 CHARACTERISTICS OF VARIABLES INTRODUCED INTO THE MODEL

Table 1 describes the indicators for these factors. The average household size is 9 ± 5 persons. The average age of farmers is 54.19 ± 13.36 years. The analysis of the table shows that 38.9% of farmers are affiliated to a Peasant Organization. In the context of climate variability, it was important to consider the inclusion of some health indicators in the model for analyzing the determinants of the economic performance of farm households. Also, the analysis of the table indicates that on average 6 person fall ill with an average cost of care of 9612 FCFA. In the case of agricultural activities, the result obtained on the health factor shows that on average 6 to 7 days are lost for a health problem. On the other hand, from an institutional point of view, most farmers (92.4%) have access in one way or another to information on climate variability. For farm characteristics, it should

be noted that on average the cultivated area is $1,168 \pm 0,87$ ha for dry crops and $0,34 \pm 0,16$ ha for irrigated crops. The average daily wage of a workforce is estimated at $1838,02 \pm 496,61$ FCFA.

Table 1. Descriptive analysis of farm performance variables

Models Variables	Descriptive analysis		
	Modalities	Mean or frequency	S.R
Socio-economic characteristics of farmers			
Household size	Continue	9,9	3,9
Age	Continue	58	14,7
Off-farm income	Yes	31,4%	
	No	68,6%	
Number of years of experience	Continue	37,93	14,21
Membership of a Farmers' Organization	Yes	38,9%	
	No	61,1%	
Climate-health factors			
Mean number of people who fell ill	Continue	4	1,13
Mean cost of patient care	Continue	9612,	6177,56
Average duration of disability	Continue	18,8	14,4
Factors of institutional characteristics			
Access to agricultural credit	Yes (1)	16,7%	
	No (0)	83,3%	
Ethatic grant	Yes (1)	30,1%	
	No (0)	69,9%	
Trainig of farmers	Yes (1)	51,3%	
	No (0)	48,7%	
Climate information	Yes (1)	92,4%	
	No (0)	7,6%	
Characteristics of farms			
Family labor (mean number)	Continue	4,80	3,24
Number of cultivable fields (mean number)	Continue	2,47	1,22
Area (ha)	Dry crops farms (DCF)	1,168	0,87
	Irrigued crop farms (ICF)	0,34	0,16
Wage workforce per day (Fcfa)	Continue	1838,02	496,61
Animal availability	Yes (1)	80,3%	
	No (0)	19,7%	

4.2 LEVEL OF ECONOMIC PERFORMANCE OF AGRICULTURAL HOLDINGS

The results shown in Table 2 show the average levels of technical, allocative and economic efficiency of irrigated and dry crops; and their distribution by classes of performance index. It was found that, in terms of technical efficiency, most irrigated farms have a performance index between 0.40 and 0.60. This shows a relatively average level of efficiency of the irrigated farms and suggests a great disparity between the farms that determine the border. Moreover, for dry crops, the majority (37.8%) have an index below 0.20: hence the low efficiency of these types of holdings. In terms of economic efficiency, most farms (75.6% for irrigated crops and 91.1% for dry crops) have a performance index below 0.20. For the case of the average allocatives efficiencies, they are respectively 0.35 and 0.26 for these same holdings. The minimum level of technical efficiency is 0,11 for irrigated farms and 0,05 for dry farms, while the maximum level is 1 for farms considered to be operating at optimum size and constant yields of scale.

Table 2. Distribution of Farm Economic Performance Indices

Economic Performance Index Class	Appreciation	Technical efficiency		Allocative efficiency		Economic efficiency	
		ICF	DCF	ICF	DCF	ICF	DCF
[0 - 0.20 [	Very weak	5,0%	37,8%	26,1%	62,8%	75,6%	91,1%
[0.20 – 0.40 [	Weak	36,1%	25,0%	35,6%	18,9%	19,4%	7,2%
[0.40 – 0.60 [	Medium	52,2%	30,6%	27,2%	15,6%	2,8%	1,1%
[0.60 - 0.80 [	High	5,6%	2,2%	7,8%	2,2%	1,1%	0,0%
[0.80 – 1.00]	Very high	1,1%	4,4%	3,3%	0,6%	1,1%	,6%
Minimum		0,11	0,05	0,01	0,13	0,00	0,01
Mean		0,41	0,33	0,35	0,26	0,17	0,10
Maximum		1,00	1,00	1,00	1,00	0,71	1,00

4.3 DETERMINANTS OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF FARMS

4.3.1 CASE OF IRRIGATED CROP FARMS (ICF)

The gamma (γ), assessment, significantly different from zero, indicates the existence of 57% productive inefficiencies and deviation from the border. This result means that the gap between observed and potential output of the sectors studied is partly due to their inefficiency. Thus, 43% of the differences between observed and potential output of sectors are related to random effects including measurement errors, which may be due to the nature of the data, which are sector-wide averages.

The result of Table 3 shows that variables such as age and agricultural experience are positively related to technical and economic efficiency in a significant way ($p < 0.001$). Indeed, older farmers are technically efficient because of their high level of knowledge of the situations experienced in relation to the less elderly, allowing them to develop different strategies to deal with climate shocks on the farm. Training has played a very significant role in the positive improvement of the level of technical efficiency to a threshold of 1% and 5% for economic efficiency. Farmers who receive training may be more efficient than those who do not. The plausible reasons for a positive correlation could be explained by the acquisition of certain skills, access to information and good planning of agricultural activities according to the climate context. Consideration of key health indicators has been of paramount importance in the context of climate variability. The results of the table indicate that all the health indicators considered showed a significant negative effect on both technical and economic efficiencies: the number of people who fell ill (-0.070), cost of patient care (-0.136) and average duration of disability (-0.046) at the 5% threshold for technical efficiencies and (-0.061), (-0.190) and (-0.034) for economic efficiencies at the 1% threshold, respectively. The greater impact on economic efficiency can be explained by the high cost of care. At the level of Factors of institutional characteristics, the results showed that training of farmers and climate information positively improves technical efficiency in reaching the production boundary. Variables such as access to informal agricultural credit, ethical grant are negatively correlated with economic efficiency. For economic efficiencies, only variables such as climate information and ethical grant are significant. This could be explained by the fact that for these crops some intermediate consumption is subsidized and managed by the state. As regards the characteristics of irrigated farms, it is noted that the variables wage workforce, agricultural equipment, intermediate consumption, family labor and economic result (profitability) have a positive and significant effect with both efficiencies at a threshold of 1%. this may be due to the fact that irrigated crops, in this case rice farming is more practiced (twice a year) and marketed. They also contribute to improving the living conditions of farmers by increasing their income. There is also a negative link between the size of the area exploited and the efficiencies.

Table 3. Determinants of the technical and economic efficiency of ICF

Independantes variables	Technical efficiency			Economic efficiency		
	Coef.	Std. Err.	P>t	Coef.	Std. Err.	P>t
Socio-economic characteristics of farmers						
Household size	.024**	.118	.050	.022**	.005	.040
Age	.014***	.492	.000	.010***	.021	.000
Off-farm income	.197**	.187	.049	.004***	.008	.000
Membership of a Farmers' Organization	.064	.246	.220	.028	.011	.325
Number of Years of Experience	.142***	.764	.000	.012***	.033	.000
Climate-health factors						
Number of people who fell ill	-.070**	.254	.051	-.061***	.001	.000
Cost of patient care	-.136**	.030	.030	-.190***	.004	.000
Average duration of disability	-.046**	.119	.039	-.034***	.009	.000
Factors of institutional characteristics						
Access to informal agricultural credit	-.048***	1.759	.001	.138	.017	.452
Ethatic grant	-.076***	.473	.000	.036***	.005	.001
Trainig of farmers	.126***	.393	.000	.027	.004	.120
Climate information	.066***	.889	.000	.064**	.009	.023
Characteristics of farms						
Family Labor	.025***	.063	.000	.048***	.007	.002
Number of cultivable fields	-.063	.168	.344	.150	.021	.290
Area	-.062*	.018	.070	-.077*	.008	.080
Wage workforce	.661***	.619	.000	-.120***	.005	.000
agricultural equipment	.076***	.076	.000	.097***	.021	.000
Intermediate consumption	.058***	.050	.000	-.037***	.008	.000
Animal availability	.041**	.090	.030	.069**	.034	.041
Economic result (Profitability)	.064***	.017	.000	.030***	.041	.001
Sigma2 σ^2	0.36	0.83	-	0.23	0.80	-
gammay	0.57	0.15	0.000	0.50	0.12	0.00
Log likelihood function	163.275 (0.000), N=250					

*** = significatif à 1%, ** = significatif à 5%, * = significatif à 10%.

4.3.2 CASE OF DRY CROP FARMS (DCF)

The parameters of the model of the indicators of the economic performance determinants of DCF meet the basic conditions required. Gamma = 0.69 provides information on the presence of inefficiency and allows to say that 69% of variations in input costs are due to the economic inefficiency of producers and that 31% of this variability is due to random factors as well as measurement errors. The analysis of the determinants of technical and economic efficiency in a climate change context shows that variables such as Household size have a significant and positive effect on the economic efficiency of DCF and not a significant effect on technical efficiency. In fact, with climate change, as a result of soil poverty, most of the labor force is moving out of the country and financing part of the agricultural activities. The Number of Years of Experience and age positively improve both efficiencies at the 1% threshold. This could be explained by the fact that these two variables are part of the determinants of perception and adaptation to the effects of climate change. As a result, the older the farmer becomes, the more experience he accumulates and the number of years of farming experience increases the efficiency of family farms. Off-farm income and Membership of a Farmers' Organization are significant at the 5% threshold in terms of technical efficiency. The results of this table show that there is a negative link between levels of techno-economic efficiency and health indicators. The Number of people who fell ill, Cost of patient care and Average duration of disability are significant at the 5% threshold with technical efficiency and 1% with economic efficiency. In terms of institutional factors, the results show a positive and significant sign of access to informal credit, trainings of farmers, climate information and Ethatic grant in terms of technical efficiency at a 5% threshold and then negative and not significant in terms of economic efficiency for the informal credit and

government subsidies variables. There is also a negative link in terms of government subsidies and economic efficiency. This could be explained by the fact that, in most cases, additional state aid is scarce or late for farmers; This delays cultivation activities at times in this climate change context, where rains are irregular and poorly distributed in space but also in time. Climate information has a positive and significant impact (1%) on economic efficiency. The results suggest that, family labor, number of cultivable fields, area, and wage workforce have a positive and significant effect on economic efficiency levels at the 1% threshold. The results show that the agricultural equipment coefficient plays a positive and significant role in economic efficiency at 5%. Economic result (Profitability), although improving the level of technical and economic efficiency of farms, is not statistically significant as this type of crop is more used to support households' food needs.

Table 4. Determinants of the technical and economic efficiency of DCF

Independantes variables	Technical efficiency			Economic efficiency		
	Coef.	Std. Err.	P>t	Coef.	Std. Err.	P>t
Socio-economic characteristics of farmers						
Household size	.114	.059	.541	.030***	.005	.000
Age	.043***	.046	.000	.056***	.021	.004
Off-farm income	.293**	.398	.032	.085***	.008	.000
Membership of a Farmers' Organization	.012**	1.231	.020	.060	.011	.320
Number of Years of Experience	.031***	.822	.000	.179***	.033	.001
Climate-health factors						
Number of people who fell ill	-.084**	-.122	.045	-.183***	.180	.000
Cost of patient care	-.017**	.471	.035	-.186***	.134	.000
Average duration of disability	-.156**	.090	.026	-.061***	.109	.000
Factors of institutional characteristics						
Access to informal agricultural credit	.028**	.988	.015	-1.490	.017	.612
Ethatic grant	.021**	.535	.050	-.010	.005	.116
Trainig of farmers	.050**	.445	.026	.003	.004	.112
Climate information	.014**	.005	.035	.078	.009	.000
Characteristics of farms						
Family Labor	.114**	.837	.020	.150***	.007	.000
Number of cultivable fields	.007	.009	.429	-.238***	.005	.000
Area	.011**	.027	.050	-.264***	.015	.000
Wage workforce	.054***	.591	.000	.102***	.040	.000
Agricultural equipment	.026***	2.460	.000	.077**	.021	.050
Intermediate consumption	.011**	.004	.030	.005**	.008	.025
Animal availability	.077	.041	.554	-.077	.021	.655
Economic result (Profitability)	.077	.021	.0170	.077	.021	.199
Sigma²	0.562	0.431		0.310	0.235	
Gammay	0.71	0.321	.000	0.69	0.28	.000
Log likelihood function	30.686 (0.000), N=250					

*** = significatif à 1%, ** = significatif à 5%, * = significatif à 10%.

4.4 RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC PERFORMANCE INDICATORS AND HEALTH INDICATORS

Analysis of the correlation reveals a negative link between health indicators and those of the economic performance of farms regardless of the type of crop considered. In fact, the increase in the number of people who fell ill, the cost of patient care and average duration of disability, significantly (1%) reduces the economic efficiency of farms with respective coefficients of -.138, -.382 and -.113. Moreover, the analysis of the correlation table shows that health indicators such as number of people who fell ill and average duration of disability also negatively impacts the economic profitability of both cultures.

Table 5. Correlation test between health indicators and economic performance

Measuring indicators	EE of Irrigated Crop	EE of Dry Crop	Number of Actif people who fell ill	Cost of patient care	Average duration of disability	Profitability
EE of Irrigated Crop	1					
EE of Dry Crop	0,123***					
Number of people who fell ill	-0,138***	-0,221***	1			
Cost of patient care	-0,382**	-0,037***	0,541***	1		
Average duration of disability	-0,113***	-0,151***	0,0117***	0,035*	1	
Profitability	0,481	0,311	-0,101**	0,065**	-0,113***	1

*** = significatif à 1%, ** = significatif à 5%, * = significatif à 10%. EE= Economic efficiency

5 DISCUSSION

In the study area, agriculture is the main economic activity of the population, whose production is carried out in rain for some speculations and in irrigation for others [32]. In terms of farming, the average household is the majority [33]. Unfortunately, this activity also faces the poverty of farmers, the effects of climate change coupled with the health context, thus contributing to making these farms technically and economically inefficient. In this context, knowledge of the determinants of economic performance is of paramount importance to any farm. Several factors were considered in this study. These are the socio-economic characteristics of farmers, Factors of institutional characteristics, Characteristics of farms and health factors. In order to be economically efficient, you have to understand or invest rationally in these factors. It is remarkable that in addition to the factors of production, the health aspect has a negative impact on the economic performance of farms. In fact, the increase in the various costs of taking care of the diseases recorded in households (the degree of complication, treatment, prevention and other expenses linked to the indirect treatment process), but also by the total number of sick persons, significantly affects other agricultural expenditure. This same result was found by [33]. Most farms (75.6% for irrigated crops and 91.1% for dry crops) have an economic performance index of less than 20%. The average technical efficiency in the variable scale yield is 0.41 and 0.33 for irrigated and dry crops respectively; This means that, on average, respondents were able to obtain about 41% of the potential output of a given combination of inputs. This also implies that about 59% (1-TE) and 67% (1-TE) of production are discontinued due to technical inefficiency for irrigated and dry farms respectively. These results are lower than the results found by [34] (0.558 of overall economic efficiency) in the economic analysis of maize production and [35] in his study of the technical efficiency of family farms in Mauritius. In the area, farmers place more importance on irrigated crops, in this case rice farming than on dry crops. This could be the reason why irrigated farms are economically more efficient than dry farms. Thus, the effects of climate change are more noticeable on farms with dry crops than irrigated, especially with soil degradation, low soil fertility, health problems at household level, irregular and poorly distributed rain and the total dependence of these farms on the rainy season (which lasts no more than 3 months). However, this type of agricultural production system is increasingly characterized by an overexploitation of natural resources, which is the basis of its functioning, following the rapid growth of the rural population [36]. In the short and medium term, this overexploitation leads to soil degradation which leads to a reduction in productivity, compromising the sustainability of agricultural production systems [37], thus promoting the technical and economic inefficiency of farms. Reduced rainfall and climate variability reduce plant productivity [38]. It is also important to clarify the finding of a new pest (earthworm) as a result of climatic variability in irrigated farms. Despite the different strategies adopted by farmers, ineffectiveness in terms of control has been noted. The study, like that of [39], showed that the deterioration in health status leads to a resolution of the population situation. An episode of malaria in an agricultural asset would cause a very significant reduction in the yield of irrigated crops. The number of working days missed on the holding is an indicator influencing the economic result [40, 33]. The strong mobilization of the family labor force, as confirmed by [41], may be explained by the fact that the requirements in the dry crop operation are not as important in terms of labor compared to those in irrigated crops for which the labor requirement is very high. [33], and that the slightest delay in Crop operations would negatively affect the yield [41] of dry crops.

6 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study uses the Cobb-Douglas-type production boundary to identify the determinants of technical and economic efficiencies in dry and irrigated farms. Based on the estimated levels of these economic efficiencies, the average level of

economic efficiency is low for dry and medium-sized farms for irrigated crops. The effects of climate change are becoming more and more worrying in the area and are coupled with the degrading health situation of the peasants especially during the rainy season. The results show that the farms studied perform poorly economically when referring to the average indices of these farms. However, it is noted that irrigated farms are economically more efficient (0.17) than dry farms (0.10). For the determinants of the technical efficiency of irrigated farms, variables such as age, number of years of experience, household size, factors of institutional characteristics, family labor, wage workforce, agricultural equipment, intermediate consumption, economic result (profitability) were statistically more significant. Furthermore, it should be noted that age, off-farm income, number of years of experience, climate information, family labor, wage workforce, agricultural equipment, intermediate consumption and economic result (profitability) positively improve economic efficiency and negatively by variables such as number of people who fell ill, cost of patient care, average duration of disability, ethatic grant, wage workforce and intermediate consumption. The analysis of the determinants of the technical efficiency of dry crop farms shows that variables such as Age, Number of Years of Experience, Wage workforce, agricultural equipment, Access to agricultural credit, train of farmers, Climate information, Family Labor improve the level of technical efficiency of farms. For the determinants of the technical efficiency of irrigated farms, variables such as age, number of years of experience, household size, factors of institutional characteristics, family labor, wage workforce, agricultural equipment, intermediate consumption, economic result (profitability) were statistically more significant. Furthermore, it should be noted that age, off-farm income, number of years of experience, climate information, family labor, wage workforce, agricultural equipment, intermediate consumption and economic result (profitability) positively improve economic efficiency and negatively by variables such as number of people who fell ill, cost of patient care, average duration of disability, ethatic grant, wage workforce and intermediate consumption. The analysis of the determinants of the technical efficiency of dry crop farms shows that variables such as Age, Number of Years of Experience, Wage workforce, agricultural equipment, Access to agricultural credit, train of farmers, Climate information, Family Labor improve the level of technical efficiency of farms.

Based on these research findings, the study makes recommendations at three levels: at the government level, to agricultural households, Funders, researchers and academics:

- The government should put more emphasis on improving the health of farmers, modern production technologies, more appropriate means of combating the effects of climate change, in order to significantly reduce the technical and economic inefficiencies of farmers.
- Households should ensure hygiene and avoid stagnating water at the level of dwellings. This reduces the proliferation of mosquitoes, the source of malaria, and ultimately reduces the number of days of disability and the cost of treatment.
- Funders, researchers and academics should encourage new scientific research to combat new predators found on irrigated farms, whose impact will significantly reduce economic performance.

REFERENCES

- [1] Truc Linh Le¹, Pai-Po Lee, Ke Chung Peng, Rebecca H. Chung. (2019). Evaluation of total factor productivity and environmental efficiency of agriculture in nine East Asian countries. <https://doi.org/10.17221/50/2018-AGRICECON>. *Agricultural Economics – Czech*, 65, 2019 (6): 249–258.
- [2] Hornungová Jana, Milichovský František. (2018). Agricultural Sector Performance Evaluation in Terms of Financial Indicators: a Comparison of Czech Republic, Slovakia and Western Balkan States. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 66 (2): 497 – 507.
- [3] Soumana Boubacar, Mahamadou Mounkaila Abdoukader., (2015). Analyse des systèmes de production de la riziculture hors aménagement dans les communes rurales de Zabori et Karakara au Niger. *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, Tome XIX-A-vol.2, 135-148.
- [4] British Met Office. Decadal forecasts (bulletins), (2020). Available online: <https://www.metoffice.gov.uk/research/climate/seasonal-to-decadal/long-range/decadal-fc/index>.
- [5] Rudra Bahadur Shrestha, Wen-Chi Huang, Shriniwas Gautam, Thomas Gordon Johnson (2015). Efficiency of small scale vegetable farms: policy implications for the rural poverty reduction in Nepal doi: 10.17221/81/2015-AGRICECON.
- [6] Daniel Hailu (2020). Determinants of Technical Efficiency in Wheat Production in Ethiopia. *International Journal of Agricultural Economics*. Vol. 5, No. 5, 2020, pp. 218-224. doi: 10.11648/j.ijae.20200505.19.
- [7] Nicola Galluzzo., (2015). An analysis of the efficiency in a sample of small Italian farms part of the FADN dataset. *Agric.Econ – Czech*, 62, 2016 (2): 62–70. doi: 10.17221/37/2015-AGRICECON. Association of Geographical and Economic Studies of Rural Areas (ASGEAR), Rieti, Italy.

- [8] Abdul Qayyum, Wasif Khurshid, Muddasar Jamil Shera. (2020). A Generic Way of Determining Cost of Production of a Crop Using Dynamics Weights: A Case Study in Pakistan. *International Journal of Agricultural Economics*. Vol. 5, No. 5, 2020, pp. 150-155. doi: 10.11648/j.ijae.20200505.11.
- [9] Aklilu A. (2015). Institutional Context for Soil Resources Management in Ethiopia: A Review: September 2015, Addis Ababa, Ethiopia.
- [10] Abush T, Mwangi G, John D, Tolessa D. (2011). Subsistence Farmers Experience and Perception about Soil and Fertilizer use in Ethiopia. *Ethiopia. Journal of Applied Science and Technology* 2 (2): 61-74.
- [11] Osawe, Akinyosoye, B.T. and Omonona., (2017). Technical efficiency of small scale farmers: an application of the stochastic frontier Production function to fish farmers in ibadan metropolis. Vol. 16, No.1. *Journal of Economics and Rural Development*.
- [12] Mohamed salah bachta, ali chebil, (2002). Efficacité économique des exploitations céréalières de la plaine du sers-tunisie. *New medit* n. 2/2002. 5 pages.
- [13] Wategire BB, Ike PC. (2015). An analysis of the technical efficiency of non-motorized small scale Shrimp Fishers in the Coastal areas of Delta State, Nigeria. *Mediterranean Journal of Social Sciences* 6 (1): 285-291.
- [14] Latruffe, L. (2010). « Compétitivité, productivité et efficacité dans les secteurs agricole et agroalimentaire », Éditions OCDE. <http://dx.doi.org/10.1787/5km91nj6929p-fr>.
- [15] Porter (1990).
- [16] Djermoun Abdelkader, Bradaï Abdelhamid., (2018). Présentation des indicateurs de performances techniques et économiques des systèmes d'irrigation. at: <https://www.researchgate.net/publication/328051863..> SAGREN Vol 02, No 01, pp 09-16, Janvier 2018.
- [17] Nnamdi E, Stephen O, Glory BC, Ubon E, Emeka Osuji & Melissa Okwara (2016). Farming techniques, environmental challenges, and technical efficiency of Sweet Potato production in Abia State, Nigeria. *International Journal of Agricultural Management and Development* pp. 409-420.
- [18] Ajayi O.O., Amos T.T. and Aminu T.J. (2018). Analysis of the technical efficiency of Tomato production in Oyo State, Nigeria. *Second International Conference on Food Security and Hidden Hunger (8th – 10th October 2018)*, Alex Ekwueme Federal University Ndufu-Alike, Ebonyi State, Nigeria. Pages: 13-16.
- [19] Cooper W.W., Seiford L.M., Editors J.Z. (2011): *Handbook on Data Envelopment Analysis*. 2nd Eds Springer, New York, Dordrecht Heidelberg London.
- [20] Chavas Jean-Paul, Aliber M. (1993): An analysis of economic efficiency in agriculture: a nonparametric approach. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 18: 1–16.
- [21] Varian H.R. (1984): The nonparametric approach to production analysis. *Econometrica*, 52: 579–597.
- [22] Farrell M.J. (1957): The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120: 253–290.
- [23] Greene W., (2005). Fixed and random effects in stochastic frontier models. *Journal of productivity analysis* 2005; 23: 7–32.
- [24] Carvalho and Mendes ASIII Morello GMIV Bonamigo DVIIal., (2015). Main Factors that Affect the Economic Efficiency of Broiler Breeder Production. *ISSN 1516-635X 2015 / v.17 / n.1 / 11-16*.
- [25] Rudinskaya T., Hlavsa T., Hruska M. (2019): Estimation of technical efficiency of Czech farms operating in less favoured areas. *Agricultural Economics – Czech*, 65: 445–453.
- [26] Aigner D., Lovell C.K., Schmidt P. (1977): Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6: 21–37.
- [27] Kumbhakar, S.C. and C.A.K. Lowell (2000). “Stochastic Frontier Analysis.” Cambridge University Press, Cambridge. Aklilu A (2015). Institutional Context for Soil Resources Management in Ethiopia: A Review: September 2015, Addis Ababa, Ethiopia.
- [28] Bielik P., Rajcaniova M. (2004): Scale efficiency of agricultural enterprises in Slovakia. *Agricultural Economics – Czech*, 50: 331–335.
- [29] Parichatnon S., Maichum K., Peng K.-C. (2018): Measuring technical efficiency of Thai rubber production using the three-stage data envelopment analysis. *Agric. Econ. – Czech*, 64: 227–240.
- [30] Chien L., Chi S. (2019): An integrated data envelopment approach for evaluating the meat companies efficiency. *Agricultural Economics – Czech*, 65: 470–480.
- [31] Obianefo, C.A., Nwigwe, C.A., Meludu, T.N. and Anyasie, I.C. (2020). Technical efficiency of rice farmers in Anambra State value chain development programme. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 12 (2): 67-74.
- [32] Oumarou Haladou Issoufou, Soumana Boubacar, Toudou Adam et Yamba Boubacar., 2016. Perception et adaptation du changement des facteurs climatiques: cas des producteurs de niébé à Karma (Tillabéry). *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, Tome XXI-A, Vol.1, 107-119.

- [33] Sanouna A., Soumana B., Hassane M., Toudou A., Mahamadou I. S., (2020). Déterminants de la production dans les exploitations agricoles de la vallée du fleuve dans la commune de kourthèye au Niger. *Agronomie Africaine* 32 (4): 463 - 474.
- [34] Mahamat Mallah Choukou (2019). Déterminants de la production du maïs dans le Kanem- Tchad. ISBN13 9786202262736.
- [35] Malick.ND (2018). Analyse de l'efficacité technique des exploitations agricoles familiales à Maurice: une application de la méthode Data Envelopment Analysis (DEA). *European Scientific Journal* March 2018 edition Vol.14, No.9 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. Doi: 10.19044/esj.2018.v14n9p143.
- [36] Diao, X. (2010) The Role of Agriculture in African Development, *World Development* (2010) doi: 10.1016/j.worlddev.2009.06.011.
- [37] Lal R, (1988). Soil degradation and the future of agriculture in sub-Saharan Africa. *Journal of soil and water conservation*.43 (6), 444-451.
- [38] Sansan Youl, Bruno Barbier, Charles-Henri Moulin, Raphaël J. Manlay, Edwige Botoni, Dominique Masse, Victor Hien & Christian Feller., (2008). « Modélisation empirique des principaux déterminants socio-économiques de la gestion des exploitations agricoles au Sud-Ouest du Burkina Faso », BASE [En ligne], volume 12, 9-21 URL: <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=1924>.
- [39] David B et David C., (2004). The effect of health on economic growth: A production Function Approach. *Word developpement*, vol.32, issue 1,1-13.
- [40] Idrissa S.M (2019). Analyse des indicateurs de la santé et leurs impacts sur la productivité des agriculteurs dans la commune rurale de Kourthèye. Mémoire de Master 2. Université Abdou Moumouni de Niamey.
- [41] Soumana B., (2006). Les déterminants du niveau des revenus des ménages ruraux et la pauvreté dans la vallée du fleuve au Niger, Région de Tillabery. Thèse de doctorat d'Etat en sciences agroomques.146 pages.

Influence de la hauteur du massif filtrant sur l'élimination des polluants azotés des eaux usées domestiques dans un filtre à sable à alimentation intermittente

[Effect of sand depth filter in nitrogen the removal from domestic wastewater in an intermittent sand filter]

Béatrice Assamoi Ama-Cauphys, Jean-Marie Pétémanagnan Ouattara, Evichie Marie Mireille Brou, and Lacina Coulibaly

Laboratoire d'Environnement et Biologie Aquatique, UFR-Sciences et Gestion de l'Environnement, Université NANGUI
ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A series of sand filters in the shape of a "U" are an inexpensive option to to the treatment of nitrogen pollution. This filter system was contained three compartments. Each compartment was contained two columns, a filter column and a settling one. The size of filter media decreased successively in the direction of water flow. This disposition of layering increases solids absorption et adsorption. However, the filter sand depth and media grain size can impact their treatment efficiency. Thus, the effect of sand filter depth and media grain size upon treatment kinetic was studied. To do this, three (3) sand depth (60, 70 et 90 cm) was studied. The results show that the filter bed depth of 90 cm was the most efficient for nitrogen removal. However, the coarse shales provide a good reduction of ammonium and Total Kjeldahl nitrogen in the filtrates compared to the other media grain size. Shale medium and lagoon sand are efficient in the nitrate removal and chemical oxygen demand. The results obtained show that the filter of 90 cm of mean shale and with lagoon sand is an efficient technology for treating nitrogen urban wastewater.

KEYWORDS: Intermittent sand filter, bed depth, nitrogen removal, media grain size, domestic wastewater, shale.

RESUME: Une série de filtres à sable à alimentation intermittente en forme de "U" constitue une alternative moins coûteuse pour traiter efficacement la pollution azotée des eaux usées. Ces filtres étaient composés de trois compartiments constitués chacun d'une colonne filtrante dont la granulométrie des massifs filtrants diminue du premier au troisième compartiment et d'une colonne de sédimentation. Cette disposition des couches augmente la capacité d'absorption et d'adsorption des particules. Cependant, la hauteur du lit filtrant et sa granulométrie peuvent affecter leur efficacité de traitement. Ainsi, l'effet de la hauteur du massif filtrant et de sa granulométrie sur le fonctionnement du filtre à sable intermittent a été étudié. Pour ce faire. Les schistes grossiers, moyens et le sable de lagune ont été utilisés comme massif filtrant. Les influences de trois hauteurs de lit filtrant (60, 70 et 90 cm) ont été étudiées. Les résultats ont montré que le filtre de hauteur 90 cm donnaient globalement, un meilleur rendement d'élimination de l'azote (ammonium: 95%, nitrate: 56,11%, azote total Kjeldahl: 94%). Cependant, les schistes grossiers permettaient d'obtenir une bonne réduction de l'ammonium et de l'azote total Kjeldahl dans les filtrats par rapport aux autres massifs. En revanche, le schiste moyen et le sable de lagune sont efficaces dans l'enlèvement de nitrate et la demande chique en oxygène. Au vu des résultats obtenus, le filtre à sable intermittent garni de 90 cm de schiste moyen peut convenir au traitement des eaux usées pour une dépollution azotée.

MOTS-CLEFS: Filtre à sable intermittent, hauteur du lit filtrant, élimination d'azote, granulométrie du lit filtrant, eaux usées domestiques, schiste.

1 INTRODUCTION

Le développement d'urbanisation conjugué à la croissance démographique engendre une augmentation des besoins en eau. Celui-ci entraîne une utilisation excessive des ressources en eau par la production et le rejet d'un important volume d'eaux usées dans les milieux récepteurs [1]. Ces eaux sont très souvent rejetées dans la nature sans traitement adéquat, ce qui favorise une introduction massive de charges polluantes (composés organiques et inorganiques) dans l'environnement. La plus préoccupante de celles-ci est l'apport excessif de nutriments dans les milieux récepteurs. L'azote, élément vital des organismes, se retrouve à de fortes charges sous différentes formes à l'intérieur des eaux, dans les pesticides agricoles ou encore dans les effluents des stations d'épuration municipales [2]. Sa présence dans les eaux perturbe les équilibres naturels des écosystèmes aquatiques [3]. Par exemple, l'oxydation biologique de l'ammonium (NH_4^+) entraîne une consommation d'oxygène dans le cours d'eau. De plus, la vie aquatique peut être gravement atteinte pour des concentrations en azote ammoniacal de l'ordre de 2 mg/L [4]. Associé au phosphore, l'azote peut également mener à des problèmes de croissance indésirable d'algues ([5], [6], [7]). Par ailleurs, l'azote peut constituer une gêne pour la potabilisation des eaux de surface, car la présence de NH_4^+ entraîne une surconsommation de chlore dans le traitement de l'eau potable ([8], [9]), alors qu'une eau chargée en nitrates (NO_3^-) est susceptible de provoquer la méthémoglobinémie chez le nourrisson [10]. Il est donc reconnu que la réduction de rejets notamment l'azote est indispensable pour prévenir la baisse de qualité des milieux récepteurs. Divers procédés de traitement physico-chimique ou biologique ([11], [12]) de l'azote ont été expérimentés. Les processus biologiques de nitrification et de dénitrification s'avèrent habituellement plus économiques que les traitements physico-chimiques [13]. Dans le procédé biologique, la nitrification correspond à l'oxydation des ions ammonium (NH_4^+) en nitrites (NO_2^-). Ces derniers sont ensuite oxydés en ions nitrates (NO_3^-) [14]. Cependant, comme ce dernier composé peut nuire à la réutilisation de l'eau, il peut être nécessaire de l'éliminer des eaux usées en ayant recours à la dénitrification qui est une réaction anaérobie permettant la réduction des ions nitrates formés en azote gazeux (N_2). Elle nécessite une source de carbone pouvant provenir, de l'effluent à traiter (dénitrification exogène) ou du carbone associé aux microorganismes dénitrifiant. Les procédés de boues activées et les réacteurs biologiques séquentiels sont des exemples de traitement biologique de l'azote. Cependant, ceux-ci présentent des coûts importants d'investissement par habitant et nécessitent l'utilisation de réacteurs distincts pour la nitrification et la dénitrification ([15], [16]). L'idéal dans les processus de traitement biologique de l'azote serait de réunir au sein d'un même réacteur les conditions aérobies de nitrification et anaérobie de dénitrification en présence de sources de carbone. Ces conditions sont obtenues par une stratégie de gestion des réacteurs de façon discontinue et séquentielle. Cette gestion consiste à créer des phases aérobie et anaérobie au sein des réacteurs par des périodes d'apport et des périodes de non-apport d'oxygène [17]. Ce fonctionnement fournit les conditions d'une nitrification et dénitrification simultanées pour l'élimination de la pollution azotée.

Les filtres à sable à alimentation intermittente montés en série, fonctionnant en période d'alimentation et de repos en eaux usées semble fournir ces conditions. De plus, des mécanismes physiques, chimiques et biologiques entrent en jeu au sein du matériau filtrant à l'intérieur de ces filtres. Parmi les mécanismes chimiques, on peut citer l'adsorption sur les substrats favorisant une grande capacité de rétention des particules. Sur le plan biologique, ces filtres peuvent éliminer le fer, le manganèse et les polluants organiques, car un biofilm peut se développer à la surface du milieu filtrant [18]. Ce phénomène peut s'accompagner d'une dégradation des nutriments et de la matière organique au sein du massif filtrant comme l'ont constaté [19]. Vu les grands avantages qu'ils présentent, les filtres à sables intermittents sont moins coûteux à réaliser et à exploiter. De plus, ils ont une surface spécifique élevée, ce qui permet une élimination des polluants par filtration et sédimentation. Le développement de tels procédés présente un intérêt du fait de l'ampleur des polluants azotés dans le monde et particulièrement en Côte d'Ivoire. Cependant, bien qu'il s'agisse d'une technologie avantageuse, la majorité des recherches précédentes ont mis l'accent sur l'élimination des particules solides en suspensions, de la turbidité, des matières organiques et des bactéries pathogènes avec un intérêt moindre pour l'élimination de l'azote [20]. Des recherches précédentes ont testé la performance des filtres à sable à alimentation intermittente montés en série pour éliminer l'azote des eaux usées en utilisant la nitrification et la dénitrification ([21], [22], [23]). Les résultats ont montré une élimination d'environ 70% d'ammonium et 94 à 96% de nitrate. En dépit de ces avantages, peu d'études ont été réalisées sur cesdits filtres sur l'élimination du nitrate en Côte d'Ivoire. Les travaux de [24] sur l'élimination de l'azote et du phosphore par des filtres à sable intermittent garnis de matériaux endogènes (granite, cuirasse et schiste) à Abidjan ont donné des résultats satisfaisants de l'ordre de 90%, 40 à 75%, 49,6 à 88,7% et 75% de réduction respectivement pour l'ammonium, phosphore total, demande chimique en oxygène (DCO) et nitrate. Ce qui prouve que ces filtres sont une solution prometteuse. Cependant, des informations supplémentaires, telles que l'influence de la hauteur et de la granulométrie du massif filtrant sur performance de traitement de ces filtres sont nécessaires pour appréhender leurs conditions de fonctionnement optimal.

L'objectif de ce travail est de développer un filtre à sable à alimentation intermittente et d'étudier l'effet de la hauteur et de la granulométrie du massif filtrant sur l'élimination de l'azote contenu dans les eaux usées. Contrairement aux matériaux filtrants conventionnels constitués de sable et de granites concassés, les filtres ont été garnis de schistes concassés et de sable

de lagune pour améliorer la fonction biologique et d'adsorption. En effet, le schiste est naturel et est un très bon adsorbant susceptible de libérer du fer et de l'aluminium dans les massifs pouvant être impliqués dans les réactions d'adsorption de l'azote.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Trois filtres pilotes à alimentation intermittente en PVC de diamètre 11 cm et de hauteur 130 cm ont été utilisés dans cette étude (figure 1). Ce dispositif est composé de trois compartiments C1, C2 et C3 de forme U respectivement montés en série. Chaque compartiment est constitué d'une colonne filtrante et d'une colonne de sédimentation. Les colonnes filtrantes sont garnies du bas vers le haut de 15 cm de gravier, et de matériaux filtrants de hauteur variable (60, 70 et 90 cm). L'étude de l'influence de hauteur du massif filtrant a consisté à augmenter de 10 cm la hauteur de massif filtrant à partir de 50 cm utilisés lors des essais de traitement de [24]. Le montage est fait de sorte que la granulométrie du massif filtrant diminue du premier compartiment au troisième pour chaque réacteur. La première et la seconde colonne filtrante ont été garnies par du schiste, avec des schistes grossiers à granulométrie uniforme ($m = 3650 \mu\text{m}$, $\text{CU}=1,66$) dans la première colonne filtrante du compartiment C1, schiste moyen à granulométrie variée ($m = 1416,67 \mu\text{m}$, $\text{CU}= 5$) dans la seconde colonne filtrante du compartiment (C2) et de sable moyen à granulométrie variée ($m=466,67$, $\text{CU}=2,5$) dans la troisième colonne du dernier compartiment. Tous les filtres ont été alimentés au débit de 7,5 L/j.

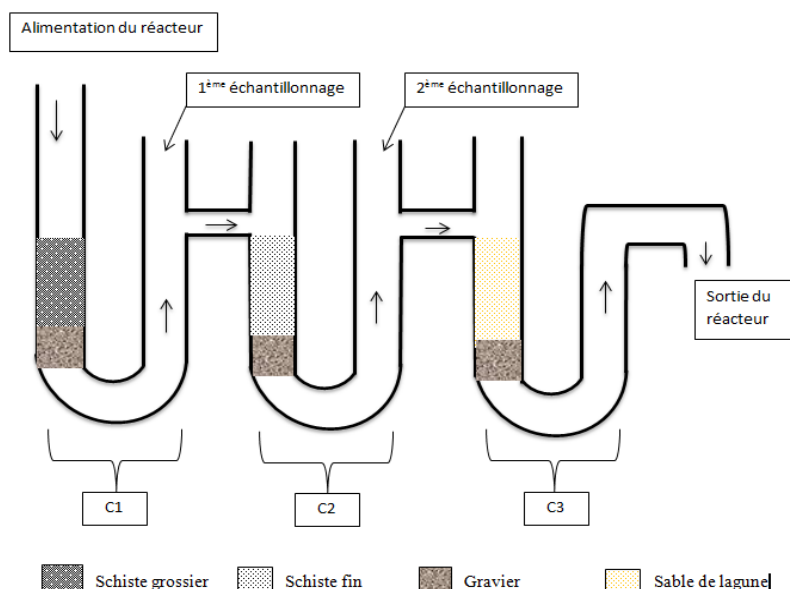


Fig. 1. Configuration du réacteur; C1 = compartiment 1; C2 = Compartiment 2; C3 = Compartiment 3

2.2 MÉTHODES

2.2.1 PRÉPARATION DES MASSIFS FILTRANTS

Le schiste et le sable utilisés ont été prélevés respectivement sur le site de Lomo-Nord (Toumodi, Côte d'Ivoire) et d'une carrière de sable de la lagune Ébrié. Les schistes ont été concassés pour obtenir deux types de granulométrie après tamisage avec des tamis de mailles 5 mm et 2 mm. Les schistes peuvent relarguer du fer et de l'aluminium.

2.2.2 ÉCHANTILLONNAGE DES EAUX USÉES ET DES FILTRATS

Les eaux usées utilisées ont été prélevées dans le collecteur d'eau pluviale du boulevard Latrille situé dans la Commune de Cocody, Abidjan (Coordonnées géographiques: N 05° 20' 59,8": E 004° 00' 09,6"). Les populations qui y résident raccordent de façon illicite leurs systèmes d'évacuations des eaux usées à cause des coûts élevés du raccordement au système d'égout. Ces

eaux ont été stockées après prélèvement dans des bidons plastiques de vingt litres (20L). Ensuite, les échantillons ont été transportés sur le site expérimental pour alimenter les filtres.

2.2.3 MODE D'ALIMENTATION

L'alimentation des réacteurs a consisté à appliquer pendant environ 30 min des eaux usées urbaines sur la surface d'infiltration des compartiments C1 du système. Ensuite, sous l'effet de la gravité, l'eau s'infiltré dans les autres compartiments en traversant successivement le massif et la colonne de sédimentation des compartiments C2 et C3. Le réacteur est par la suite laissé au repos pendant 2 jours, ce qui correspond à une alternance des phases d'alimentation et de repos. Un échantillon d'eau usée brute (EB) et le filtrat du réacteur ont été prélevés séparément dans des flacons de 0,5 L une fois par semaine et conservés à 4°C jusqu'à l'analyse.

2.2.4 ANALYSE DES PARAMÈTRES

Les paramètres tels que pH, Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-), Demande chimique en oxygène (DCO) et l'azote total Kjeldahl (NTK) ont été déterminés selon les méthodes standards AFNOR. Les rendements épuratoires (R) des paramètres chimiques à la sortie de différentes colonnes de sédimentation de chaque compartiment ont été calculés à partir des relations (3) (4) et (5).

$$R_{C1} (\%) = \frac{X0 - X1}{X0} \quad (3)$$

$$R_{C2} (\%) = \frac{X1 - X2}{X1} \quad (4)$$

$$R_{C3} (\%) = \frac{X2 - X3}{X2} \quad (5)$$

Avec R_{C1} , R_{C2} , R_{C3} = rendement épuratoire respectif dans les compartiments C1, C2, C3;

$X0$ = concentration du paramètre considéré dans l'eau brute (mg/L);

$X1$, $X2$ et $X3$ = concentration du paramètre considéré dans le filtrat du compartiment C1, C2 et C3 (mg/L);

2.2.5 TRAITEMENT STATISTIQUE

Une analyse de variance ANOVA à un facteur et ANOVA de kruskal Wallis a été utilisée pour tester la variation entre les paramètres physico-chimiques de l'eau brute, des filtrats et des rendements épuratoires entre les différents réacteurs. Ces tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1 à un seuil de significativité $<0,05$.

3 RÉSULTATS

3.1 PH

La figure 2 présente l'évolution du pH de l'eau brute (EB) et des différents filtrats en fonction du temps. On remarque dans l'ensemble que le pH des différents filtrats est supérieur à celui de l'eau brute. Dans l'EB, les valeurs varient entre 6,79 et 7,44. En revanche, dans les différents filtrats, on note une tendance à la basification lorsque la hauteur du massif filtrant augmente de 60 cm à 90 cm. En effet, les valeurs de pH oscillent entre 7,42 et 7,60 pour filtre de 90 cm (H90), entre 7,41 et 7,66 pour filtre de 70 cm (H70) et entre 7,38 et 7,56 pour le filtre de 60 cm (H60). Les pH des filtrats ont augmenté avec la diminution de la granulométrie du massif filtrant. Les valeurs oscillent entre 7,42 et 7,38 dans le compartiment C1, entre 7,39 et 7,47 dans le C2 et entre 7,56 et 7,66 dans le C3. Le test de Kruskal-Wallis n'a pas montré de différence significative entre le pH de l'eau brute et celui des filtrats (test d'Anova, $p > 0,05$).

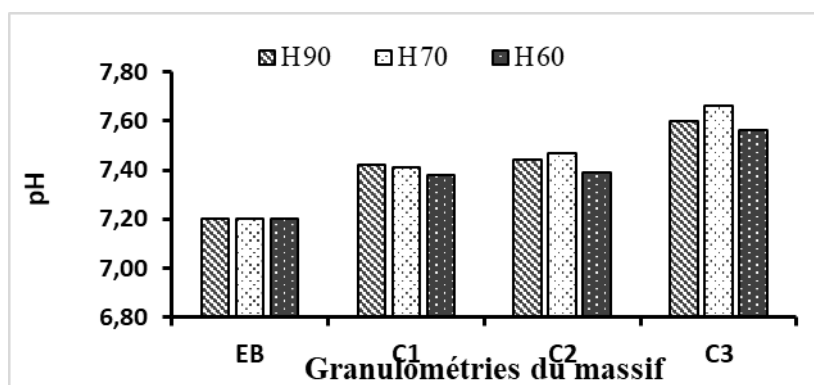


Fig. 2. Influence de la hauteur et de la granulométrie du massif filtrant sur l'évolution du pH de l'eau brute et des filtrats des différents filtres; EB = eau brute; H60 = filtre de 60 cm de massif filtrant, H70 = filtre de 70 cm de massif et H90 = filtre de schiste de 90 cm de massif filtrant

3.2 DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE (DCO)

L'évolution des concentrations de la DCO à l'entrée et à la sortie des différents filtres est montrée par la figure 3. Dans l'ensemble, la concentration de la DCO dans l'eau brute était supérieure à celles des filtrats. La valeur moyenne dans l'eau brute était de 290,13 mg O₂/l. Par contre, les concentrations de DCO enregistrées à la sortie du filtre est de 9,32 mg O₂/L, 16,40 mg O₂/l et 24,53 mg O₂/l respectivement pour les filtres H90, H70 et H60. Ce qui donne un abattement de 82% pour le H90, 77% pour le H70 et 69% pour le H60. On a noté une différence significative entre les concentrations de DCO de l'EB et celles des filtrats. S'agissant des filtrats, les concentrations de DCO augmentent lorsque la hauteur du massif filtrant diminue. En considérant l'effet de la granulométrie des massifs filtrants, le schiste moyen à granulométrie variée (C2) et le sable moyen à granulométrie variée (C3) permettent d'obtenir une bonne réduction de DCO. La concentration moyenne de DCO relevée à la sortie des compartiments C1, C2 et C3 du filtre H90 est de 141,88 mg O₂/L, 50,69 mg O₂/L et 9,32 mg O₂/L respectivement. Le pourcentage de réduction de DCO est de 51% dans C1, 64% dans C2 et (82%) dans C3. Alors que celles dans les filtres H70 sont de 152,92 mg O₂/L pour le C1, 70, 98 mg O₂/L pour le C2 et 16,40 mg O₂/L pour le C3 avec des rendements de réduction respectifs de 47%, 54% et 70%. Quant au filtre H60, les concentrations de DCO dans les compartiments C1, C2 et C3 sont de 168,3 mg O₂/L, 78,81 mg O₂/L et 24,53 mg O₂/L respectivement. Le pourcentage de réduction de la DCO est de 42% dans le C1, 53% dans le C2 et 69% dans le C3. Une différence significative était enregistrée entre les concentrations de DCO de H90 et celles de H60 et entre celles de C1 et C3 (test de Kruskal-Wallis: $p < 0,05$).

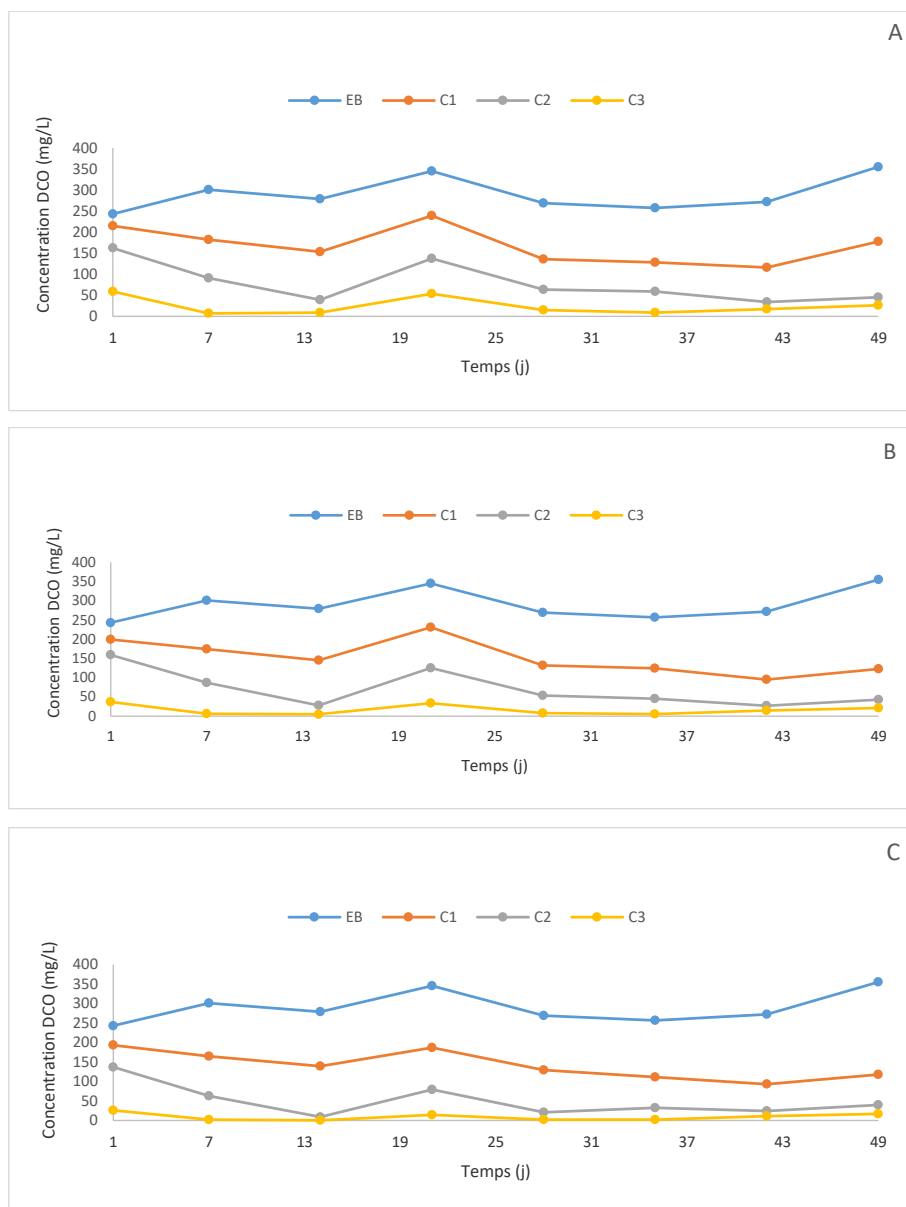


Fig. 3. Variation de la DCO dans les différents filtres en fonction du temps; EB = eau brute; H60 = filtre de 60 cm de massif filtrant (A), H70 = filtre de 70 cm de massif (B) et H90 = filtre de schiste de 90 cm de massif filtrant (C)

3.3 L'AZOTE TOTAL KJELDAHL (NTK)

La figure 4 montre que la concentration en NTK pour les eaux usées à l'entrée des filtres fluctue entre 37,6 mg/L et 51,63 mg/L avec une valeur moyenne de 44,19 mg/L. Les concentrations en NTK relevées à la sortie des filtres H60 varient de 0,22 mg/L à 10,98 avec une concentration moyenne de 1,84 mg/L, varie de 4,04 mg/L à 0,06 mg/L avec une concentration moyenne de 0,76 mg/L à la sortie du filtre H70 et varient de 3,09 mg/L à 0,54 mg/L avec une moyenne de 0,54 mg/L à la sortie du filtre H90. Le pourcentage de réduction du NTK fluctue entre 78,75% à 99,60% avec un abattement moyen de 95,83% pour le H60, de 92,17% et 99,89 avec un abattement moyen de 98,28% pour le H70 et de 94,01 et 99,76% avec un abattement moyen de 98,77% pour le H90. Ces concentrations diminuaient lorsque la hauteur du massif filtrant augmentait. Par ailleurs, le rendement d'élimination de NTK diminue avec la réduction de la granulométrie du massif filtrant (de C1 à C3). L'abattement moyen de NTK à la sortie des colonnes de sédimentation des compartiments C1, C2 et C3 du filtre 90 (Figure 5A) est d'environ 94%, 64% et 46% respectivement. Celui à la sortie des colonnes de sédimentation des compartiments C1, C2 et C3 du filtre H70 (Figure 5B) est de 77%, 87 % et 41% respectivement. Quant aux filtres FH60, l'abattement moyen de NTK à la sortie des compartiments C1, C2 et C3 est de 69%, 78% et 38% respectivement. Une différence significative (Test de Kruskal-Wallis, $p < 0.05$) est notée entre les concentrations de NTK de l'eau brute et celles des filtrats des différents compartiments. Concernant les filtrats, une

différence significative n'était observée qu'entre les concentrations de NTK des filtres H90 et celles des filtres H70 et entre les concentrations de NTK des filtres H90 et celles de H60.

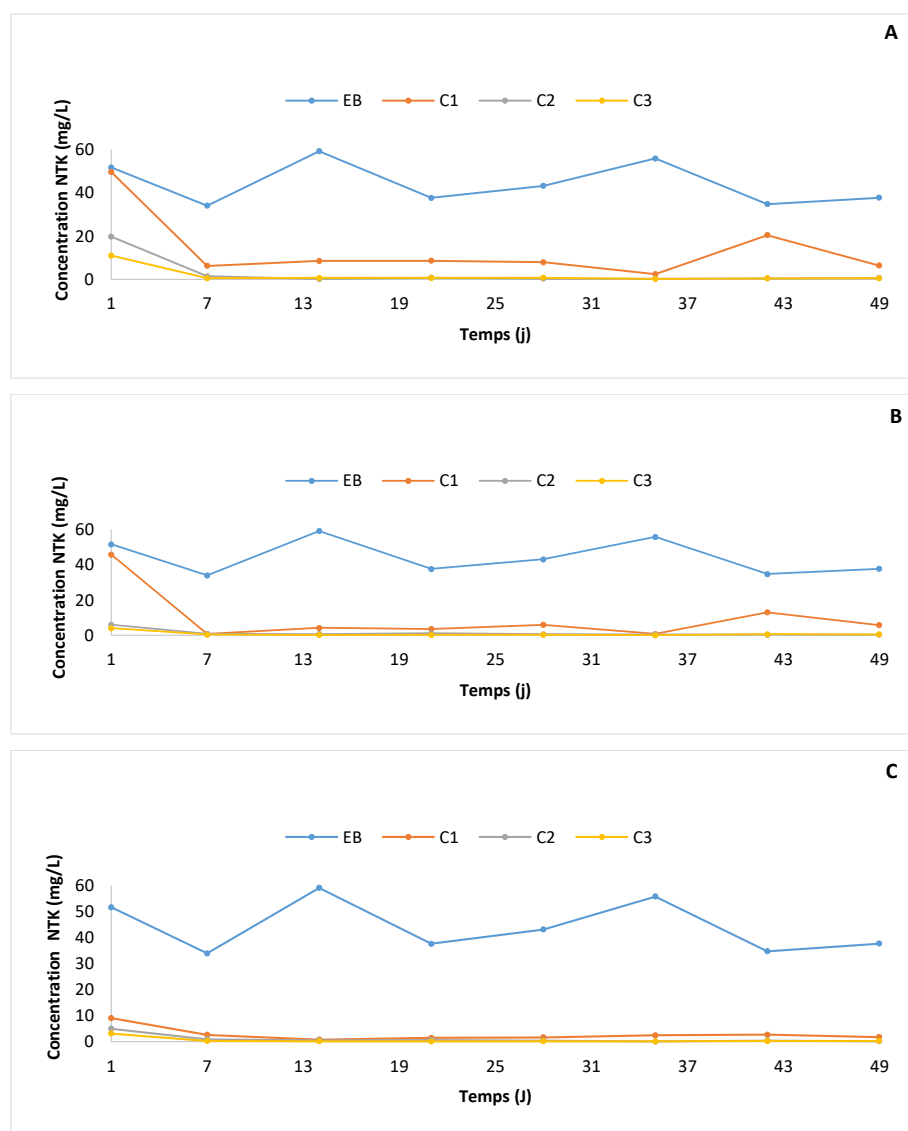


Fig. 4. Variation du NTK dans les différents filtres en fonction du temps; EB = eau brute; H60 = filtre de 60 cm de massif filtrant (A), H70 = filtre de 70 cm de massif (B) et H90 = filtre de schiste de 90 cm de massif filtrant

3.4 AMMONIUM (NH_4^+)

La figure 5 présente l'évolution de la concentration de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie des différents filtres. Dans l'ensemble, les concentrations de NH_4^+ des eaux brutes étaient supérieures à celles des filtrats de H60, H70 et H90. Les valeurs de NH_4^+ dans les eaux brutes variaient entre 26,10 et 45,66 mg/L. En revanche, dans les filtrats, les concentrations de NH_4^+ étaient comprises entre 0,01 et 7,93 mg/L, entre 0,03 et 2,33 mg/L et entre 0,01 et 2 mg/L respectivement pour les filtres H60, H70 et FH90. Ce qui donne un abattement moyen de 96,67% pour le filtre H60, 98, 88% pour le H70 et 99,17% pour FH90. Les concentrations de NH_4^+ de l'EB diffèrent significativement de celles des filtrats (Test de Kruskal-Wallis: $p < 0.05$). Concernant les filtrats, les concentrations de NH_4^+ diminuaient avec l'augmentation de la hauteur des lits filtrants. Toutefois, entre les filtrats une différence significative n'était observée qu'entre les FH90 et FH70 et qu'entre les H90 et FH60 (Test de Kruskal-Wallis: $p < 0.05$). En considérant l'effet de la granulométrie, on constate que le rendement d'élimination des NH_4^+ est élevé à la sortie du compartiment C1 garni de schiste grossier à granulométrie uniforme suivi du compartiment C2 garni de schistes moyens à granulométrie variée avec des rendements moyens respectifs de 70,02% et 80,27% pour les filtres H60, 78,57% et

89,77% pour le H70 et 94,97% et 64,76% pour le H90. En revanche, le rendement le plus faible a été obtenu à la sortie de la colonne filtrante du compartiment C3 garni de sable moyen à granulométrie variée. L'abattement moyen de NH_4^+ dans ce compartiment était de 44%, 48,51% et 53,27% respectivement pour les filtres H60, H70 et H90.

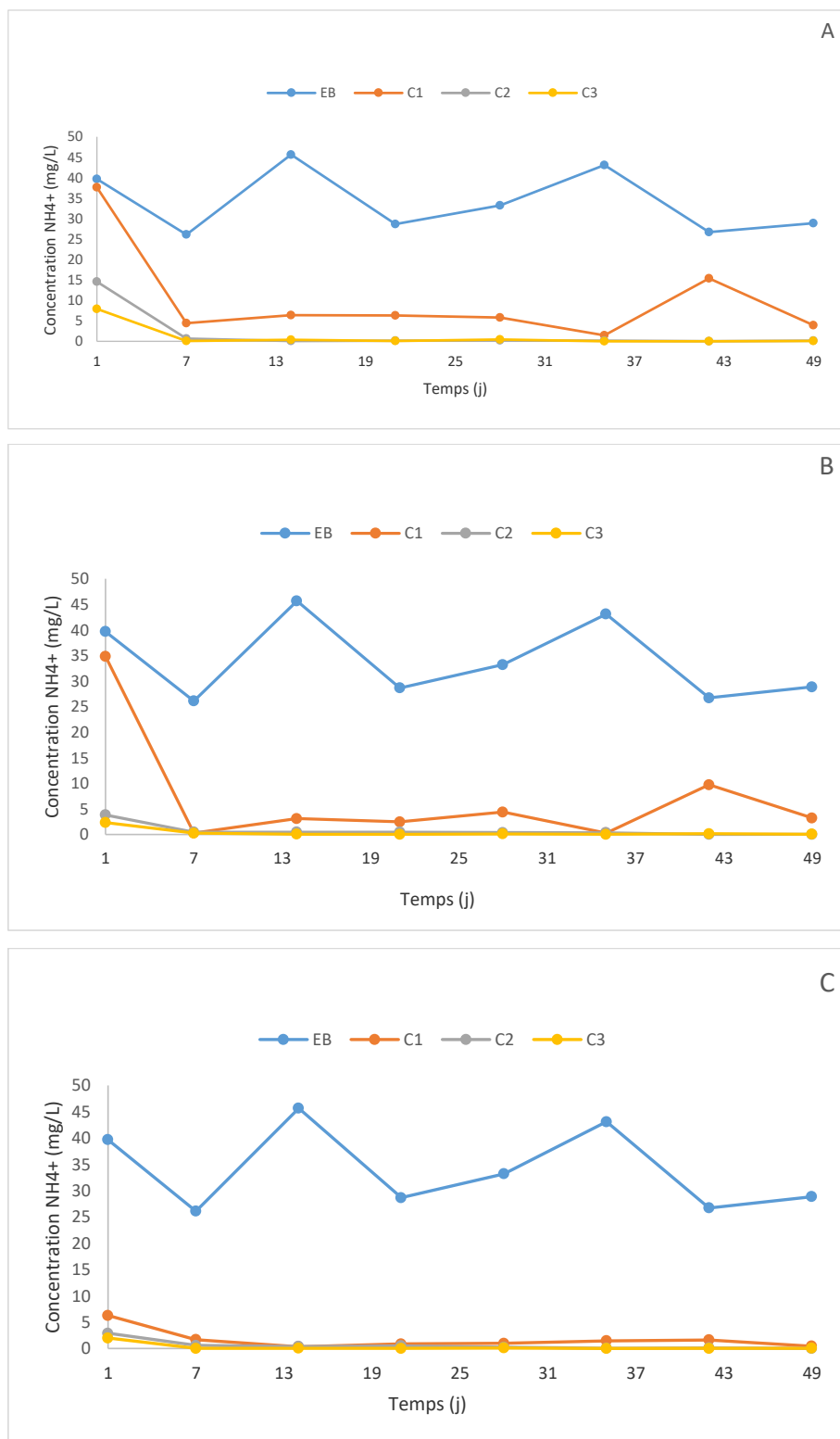


Fig. 5. Variation du NH_4^+ dans les différents filtres en fonction du temps; EB = eau brute; H60 = filtre de 60 cm de massif filtrant (A), H70 = filtre de 70 cm de massif (B) et H90 = filtre de schiste de 90 cm de massif filtrant

3.5 NITRATES (NO₃⁻)

Les concentrations de NO₃⁻ dans l'eau brute (EB) et les différents filtrats en fonction du temps sont présentées dans la figure 6. Dans l'ensemble, la concentration de NO₃⁻ de l'EB reste inférieure à celle des filtrats (Figure 6). La concentration moyenne dans l'EB était de 1,80 mg/L. Par contre, les concentrations moyennes de NO₃⁻ enregistrées à la sortie des filtres H60, H70 et H90 variaient entre 0,83 et 3,39 mg/L, entre 0,06 et 4,60 mg/L et entre 0,15 et 2,29 mg/L (C3) respectivement. On obtient un abattement moyen de 5,07 % pour le filtre H60, 33,59% pour le H70 et 56,05% pour le filtre H90. Le test de Kruskal-Wallis a montré une différence significative entre les concentrations des NO₃⁻ de l'EB et celles des filtrats ($p < 0,05$). En considérant les filtrats, les concentrations de NO₃⁻ diminuaient lorsque la hauteur du lit filtrant augmentait. Une différence significative a été observée entre les concentrations des filtrats des filtres H90 et H60 (test de Kruskal-Wallis: $p < 0,05$). Par ailleurs, dans les compartiments C1 des différents filtres, on note une production importante de NO₃⁻ avec les valeurs qui fluctuent entre -0,55 mg/L et -0,43 mg/L. En revanche, dans les compartiments C2 et C3 des différents filtres, les rendements d'élimination sont élevés et sont respectivement de l'ordre de 55 et 31% pour le filtre H90, 45 et 17% pour le H70 et 41% pour le H60.

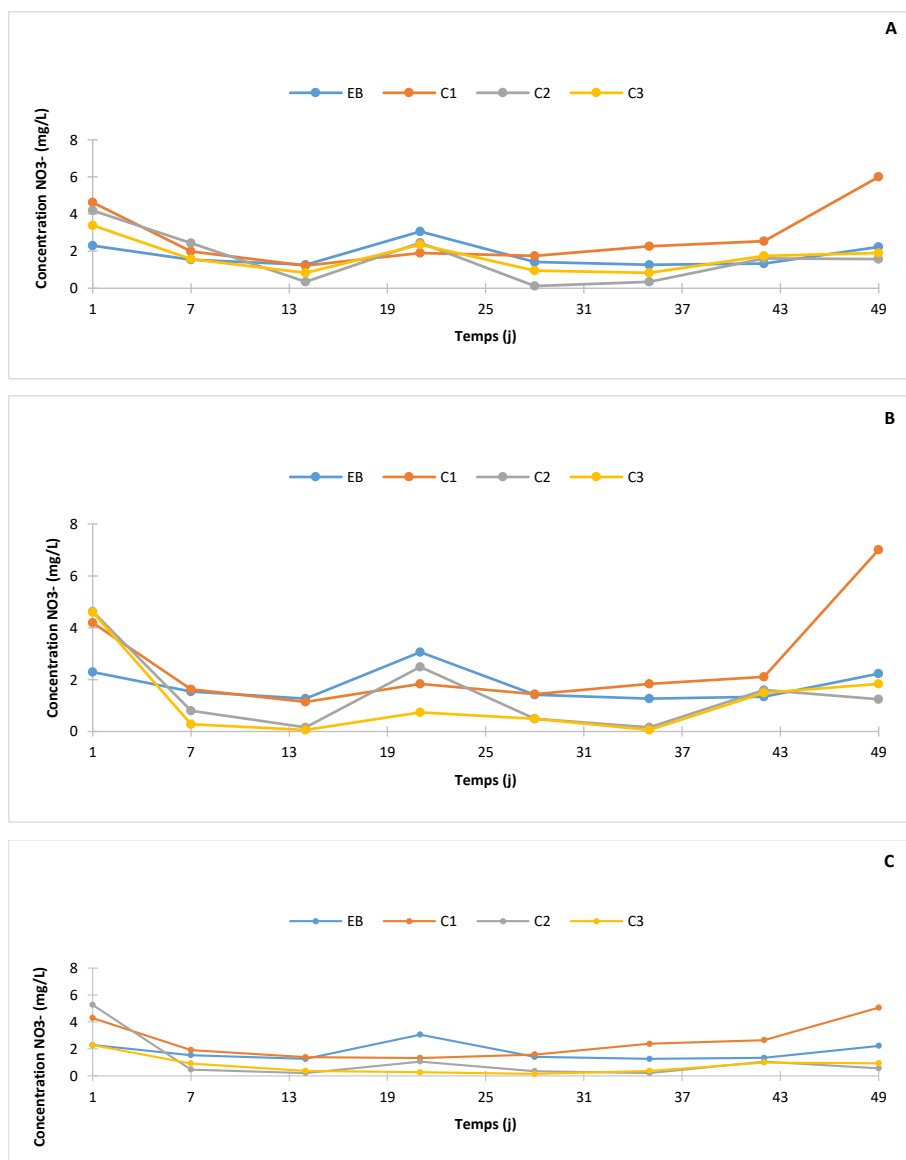


Fig. 6. Variation du NO₃⁻ dans les différents filtres en fonction du temps; EB = eau brute; H60 = filtre avec une hauteur de schiste de 60 cm (A), H70 = filtre avec une hauteur de schiste de 70 cm (B) et H90 = filtre avec une hauteur de schiste de 90 cm (C)

4 DISCUSSION

L'étude a mis en évidence l'influence de la hauteur du massif et de sa granulométrie sur la capacité épuratoire de l'azote par des filtres à sable à alimentation intermittente garnis de schiste concassé et de sable. Concernant le pH, celui des EB varie entre 6.79 et 7.44. Ces valeurs sont celles couramment obtenues dans le cas des eaux usées domestiques [25], ce qui confirme que les eaux utilisées pour les traitements ont une origine purement domestique. On a remarqué une augmentation du pH des filtrats lorsque la hauteur du lit filtrant passe de 60 à 90 cm. Cette tendance à la basification du pH des filtrats pourrait s'expliquer par les effets combinés du caractère alcalin du schiste ainsi que la diminution du transfert d'oxygène dans les couches plus profondes. En effet, une augmentation de la hauteur du lit filtrant entraîne une faible aération du filtre, ce qui réduit les processus de nitrification et d'oxydation de la matière organique au cours desquels le milieu devient acide [26]. Des résultats similaires ont été observés par certains auteurs qui les ont expliqués par le même phénomène ([27], [28]). Par ailleurs, une augmentation du pH s'expliquerait par la dissociation des oxydes de fer et d'alumine contenus dans les schistes qui permet la disponibilité des ions OH^- dans le milieu [29], ce qui neutraliserait les ions H^+ des eaux. La tendance à la basification du pH des filtrats lorsque la granulométrie du massif filtrant diminue pourrait se justifier par une réduction de l'aération de ce massif due à la réduction des pores du massif filtrant [30].

Quant à la DCO, les faibles valeurs dans les filtres profonds (H90) seraient liées à une bonne colonisation des massifs par des microorganismes épurateurs, mais également à la bonne oxygénation du massif favorisée par l'alternance des phases. En effet, cette alternance favorise une autorégulation du biofilm et une recharge en oxygène des milieux granulaires [31]. Une faible vitesse de percolation donc un temps plus important de contact entre les eaux usées et la microflore épuratrice dans les couches profondes favorise la rétention et la dégradation de la DCO dans le massif. C'est d'ailleurs cette situation qui pourrait entraîner la diminution de la DCO à la sortie de la colonne filtrante du compartiment (C3) garni de sable de lagune. Ces faibles concentrations de DCO observées dans les compartiments C3 sont en conformité avec celles obtenues par [33] et [32]. Ils ont travaillé avec des sables grossiers et fins et ont obtenu des pourcentages d'élimination de la DCO qui étaient de 95 à 99% lorsqu'ils ont utilisé des filtres à sable de granulométrie fine et 53% pour les filtres à sable garnis de sable grossier. Ces auteurs ont expliqué ces résultats par l'existence des pores de petits diamètres dans ces massifs fins qui permettent la rétention d'un maximum de polluants particuliers. Par ailleurs, la diminution de la DCO, lorsque la hauteur du massif augmentait de 60 à 90 cm, pourrait s'expliquer par une augmentation de la rétention des matières oxydables et l'oxydation de celle-ci par des processus biologiques associés à la flore bactérienne entraînée par celle de la hauteur du massif filtrant ([34], [35]). En effet, la faible conductivité hydraulique due à la forte hauteur de massif filtrant (90 cm) de ce filtre fait qu'il y a une infiltration lente de l'eau usée dans le massif; ce qui est favorable à la rétention et à la dégradation de la DCO dans le massif. Par contre, les faibles rendements d'élimination de la DCO obtenus dans les compartiments C1 garnis de schiste grossier pourraient s'expliquer par de courts temps de séjour des eaux usées dans ces massifs suite à une infiltration rapide des eaux usées.

S'agissant des composés azotés (NTK, NH_4^+ et NO_3^-), les meilleurs taux d'élimination de ces composés dans les différents filtres seraient liés au fait que ces filtres fonctionnent par apport fractionné d'eaux usées domestiques qui se traduit par de courtes périodes d'alimentation et de longue période de repos. Dans ces conditions, les temps de séjours sont très longs et supérieurs aux constantes de temps de diffusion des différents composés. Cela favorise le mélange d'eau ancienne contenant des nitrates formés pendant le temps de repos avec l'eau nouvelle contenant des composés organiques (DCO) et apportés pendant l'alimentation du filtre ([36], [14]). Ce mode d'alimentation peut occasionner la présence de zones aérobie, anaérobie et la présence de composés organiques au sein d'un filtre. Ces conditions réunies pourraient expliquer la coexistence des réactions de nitrification et de dénitrification qui permettent aux bactéries de transformer l'azote ammoniacal (NH_4^+) en nitrate (NO_3^-) puis en azote gazeux (N_2) au sein d'un même filtre [37]. Des cas similaires ont été observés par [38]. Par ailleurs, l'augmentation de la hauteur du massif filtrant entraîne une diminution de la concentration de NH_4^+ et NTK. Cette diminution pourrait s'expliquer par le fait que les hauteurs de sable 70 et 90 cm dans les différents filtres correspondaient à un temps de contact plus élevé de la pollution-biofilm. Cela favorise le développement maximal des activités d'assimilation et de nitrification pendant la phase de repos ([39], [40]). En considérant la granulométrie des lits filtrants, les rendements diminuent lorsque la granulométrie des massifs diminue de C1 à C3. Les rendements élevés dans les compartiments C1 garnis de schiste grossier s'expliqueraient par la bonne oxygénation de ce massif. Cette condition est favorable à la prolifération des bactéries nitrifiantes qui transforment les NH_4^+ en NO_3^- [41]. C'est d'ailleurs ce qui explique la production importante de NO_3^- et les faibles valeurs de pH dans ce compartiment. De plus, le massif du compartiment C1 étant grossier, celui-ci offre une faible surface spécifique. Dans ce cas, le pouvoir de rétention de la matière carbonée (DCO) diminue, ce qui empêche la dénitrification. Le résultat de la présente corrobore celui de [42] qui a obtenu une augmentation de NO_3^- en l'absence de source de carbone. Par ailleurs, les faibles concentrations de NO_3^- enregistrées dans les filtrats des compartiments C2 garnis de schiste moyen et C3 garnis de sable de lagune s'expliqueraient par la granulométrie des massifs. En effet, une diminution de la granulométrie entraînerait une augmentation de la surface spécifique, ce qui favoriserait l'adsorption en surface pour un meilleur échange de cation [43]. Par exemple, les schistes qui ont une porosité primaire élevée et se laissent traverser par l'eau qui dissocient les oxydes de fer

libérant le fer en solution sous forme d'ion ferrique (Fe^{3+}) et ferreux (Fe^{2+}). En outre, l'augmentation de la quantité de matériau permet de proposer plus de sites disponibles à l'adsorption de l'azote [44]. Ces ions forment avec l'azote, des complexes. Les massifs moyens (C2) et fins (C3) offrent de grandes surfaces favorables à une faible aération et une bonne rétention des polluants carbonés. Ces conditions favorisent la dénitrification. Cependant, les concentrations de NO_3^- diminuent avec l'augmentation de la hauteur. Cette diminution se justifierait par la dénitrification de NO_3^- . En effet, lorsque la hauteur du lit filtrant augmente, cela pourrait engendrer une situation anaérobie à la base du filtre qui favoriserait la dénitrification [45]. Ce résultat était conforme à celui de [46] qui a obtenu de faibles concentrations de NO_3^- lorsqu'il augmentait la hauteur de sable de 55 à 135 cm.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis d'étudier l'influence de la hauteur et de la granulométrie du massif filtrant sur l'élimination de la pollution azotée par des filtres à sable à alimentation intermittente garnis de schiste concassé. Les paramètres physico-chimiques analysés (pH, DCO, NTK, NO_3^- et NH_4^+) montrent que la qualité de l'eau traitée serait influencée par la hauteur et de la granulométrie des massifs filtrants. En effet, Le pH des filtrats était supérieur à celui de l'eau brute et augmentait lorsque la hauteur du lit filtrant augmentait. Les filtres de hauteurs 90 et 70 cm donnaient globalement un meilleur rendement d'élimination des polluants avec un pourcentage de réduction respectifs de 99,17 et 98, 88% pour NH_4^+ , 56,11% et 33,59% pour NO_3^- , 98,77% et 98,28% pour NTK et 82% et 77% pour la DCO par rapport à celui du filtre d'hauteur 60 cm dont le pourcentage de réduction de NH_4^+ , NO_3^- , NTK et DCO est 96,67%, 5,07%, 95,83% et 69% respectivement. Par ailleurs, Les colonnes filtrantes des compartiments C2 et C3 garnis respectivement de schiste moyen et sable moyen donnent les meilleurs rendements d'élimination de NO_3^- et DCO. En outre, les filtres garnis de schiste grossier (C1) ont été performants dans l'élimination du NH_4^+ et du NTK. En somme le filtre à sable intermittent de hauteur 90 cm et garni de schiste moyen peut convenir au traitement des eaux usées urbaines pour une dépollution azotée.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les chercheurs de l'Unité de Recherche en Biotechnologie et Ingénierie pour leurs contributions.

REFERENCES

- [1] S. Fouad, K. Hajjami, N. Cohen and M. Chlaida, "Qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de l'Oued Hassar: impacts des eaux usées de la localité de Mediouna (Périurbain de Casablanca, Maroc), " *Afrique Sciences*, vol.10, no.1, pp.91-102, 2014.
- [2] Y. Wu, Y. Wang, J. Wang, S. Xu, L. Yu, C. Philippe, T. Wintgens, "Nitrate removal from water by new polymeric adsorbent modified with amino and quaternary ammonium groups: Batch and column adsorption study," *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 66, pp. 191–199, 2016.
- [3] J. Prenter, C. MacNeil, J. T. A. Dick, G. E. Riddell, A. M. Dunn, "Lethal and sublethal toxicity of ammonia to native, invasive, and parasitised freshwater amphipods, " *Water Research*, vol. 38, no. 12, pp. 2847–2850, 2004.
- [4] Environnement Canada, *Procédés de traitement pour l'enlèvement de l'ammoniac des eaux usées municipales*. ISBN 0-662-88410-8, 2003.
- [5] E. V. Hullebusch, V. Deluchat, P. M. Chazal, Baudu M., "Environmental impact of two successive chemical treatments in a small shallow eutrophied lake: Part I. Case of aluminium sulphate. " *Environmental Pollution*, vol. 120, pp. 617-626, 2002.
- [6] E.B. Glennie, C. Littlejohn, Gendebien A., A. Hayes, R. Palfrey, D.Sivil, K. Wright, *Phosphate and alternative detergent builders: Final report*. EU Environment Directorate, WRc plc, Ref: UC 4011/12565-0, 172 p, 2002.
- [7] P. A. G. M., Scheren, C. Kroeze, F. J. J. G. Janssen, L. Hordijk, K. J. Ptasiński, "Integrated water pollution assessment of Ebrié Lagoon, Ivory Coast, West Africa", *Journal of Marine Systems*, vol. 44, pp. 1-17, 2004.
- [8] H. Zhang, H. Liu, X. Zhao, J. Qu, M. Fan, "Formation of disinfection by-products in the chlorination of ammonia-containing effluents: significance of Cl_2/N ratios and the DOM fractions, " *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 190, no. 1, pp.645-651, 2011.
- [9] T. Bond, J. Huang, N. J. D. Graham, M. R. Templeton, "Examining the interrelationship between DOC, bromide and chlorine dose on DBP formation in drinking water a case study, " *Science of the Total Environment*, pp.470–471 (2), 469–479, 2014.
- [10] S. Aslan, H. Cakici, "Biological denitrification of drinking water in a slow sand filter, " *Journal of Hazardous Materials*, vol. 148, pp. 253-258, 2007.

- [11] J. J. Schoeman, A. Steyn, "Nitrate removal with reverse osmosis in a rural area in South Africa." *Desalination*, vol. 155, no.1, 15-26, 2003.
- [12] N. Shaharudin, N. Suradi, N. A. F. Kamil: Measurement of water quality parameters before and after maintenance service in water filter system, in: *Proceedings of MATEC Web Conference*, 103, EDP Sciences, 2017.
- [13] H. Metcalf and I. Eddy, "Wastewater engineering: treatment and reuse," 4e édition révisé par G. Tchobanoglous, F. L. Burton et H. D. Stensel, New York, 962-969, 2003.
- [14] F. Edeline, *L'épuration biologique des eaux. Théorie et technologie des réacteurs*. Cebedoc, Paris, Techniques et Documentation, 1993.
- [15] R. Pujol, S. Tarallo, "Total nitrogen removal in two-step biofiltration," *Water Science and Technology*, vol. 41, no.4-5, pp.65-68, 2000.
- [16] C. F. Ouyang, R. J. Chiou, C. T. Lin, "Characteristics of nitrogen removal by the biofilter system," *Water Science and Technology*, vol.42, no. 12, pp.137-147, 2000.
- [17] A. C. Chen, J. S. Chang, L. Yang, Y. H. Yang, Nitrogen removal from sewage by continuous flow SBR system with intermittent aeration. *Environmental Technology*, vol. 22, pp.553-559, 2001,.
- [18] V. A. Pacini, A. Maria Ingallinella, G. Sanguinetti, "Removal of iron and manganese using biological roughing up flow filtration technology," *Water Research*, vol. 39, no. 18, pp.4463-4475, 2005.
- [19] A. Panuvatvanich, T. Koottatep, D. Koné, "Influence of Sand Layer Depth and Percolate Impounding Regime on Nitrogen Transformation in Vertical-flow Constructed Wetlands Treating Faecal Sludge." *Water Research*, vol. 43, no.10, pp. 2623-2630, 2009.
- [20] O. Nkwonta, G. Ochieng, "Roughing filter for water pre-treatment technology in developing countries: a review", *International Journal of Physical Sciences*, vol.4, no. 9, pp.455-463, 2009.
- [21] G. Nakhla, S. Farooq, "Simultaneous nitrification–denitrification in slow sand filters," *Journal of Hazardous Materials*, 96 (2-3), 291–303, 2003.
- [22] Aslan S., Biological nitrate removal in a laboratory-scale slow sand filter, *Water SA*, vol. 34, no. 1, pp. 90-106, 2008.
- [23] J. Zeng, S. Chen, K. Wan, J. Li, D. Hu, S. Zhang, X. Yu, "Study of biological up-flow roughing filters designed for drinking water pretreatment in rural areas: using ceramic media as filter material," *Environmental Technology*, vol. 41, no. 10, 1256-1265, 2020.
- [24] A. B. Ama, "Gestion des eaux usées domestiques: caractérisation en réseau et prétraitement à l'aide d'un filtre à sable à alimentation intermittente". Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 137p., 2013.
- [25] M. Radoux, "Qualité et traitement des eaux," *Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Station expérimentale de Viville*. Bruxelles: FUL.-153, 1995.
- [26] J. Mosely, "Enhanced CBOD and nitrogen removal in recirculating sand filter wastewater treatment system by addition of plastic media to the recirculating tank. Sumner & Cannon, Inc. Nashville, Tennessee, USA. 48 p, 2001.
- [27] A.L. C. Mangoua Allali, L. Coulibaly, "filtres à sable immergés à alimentation intermittente: effet de la hauteur de sable sur l'élimination des paramètres physico chimiques." *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 11, no.2, pp. 418-428, 2015.
- [28] P. J.-M. Ouattara et L. Coulibaly, "Effet de la charge hydraulique appliquée sur le fonctionnement d'un marais artificiel à drainage vertical planté avec *Panicum maximum* traitant des eaux domestiques", *International Journal of Biological and Chemical Science*, vol. 13, no. 5, pp. 24-38, 2019.
- [29] D. W. De Haas, M. C. Wentzel, G. A. Ekama, "The use of simultaneous chemical precipitation in modified activated sludge systems exhibiting biological excess phosphate removal part 6: modeling of simultaneous chemical-biological P removal—review of existing models," *Water SA*, vol. 27, no. 2: pp. 135-150, 2001.
- [30] Tchobanoglous G., Burton FL., Stensel H. D., *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (4 th Edn)*. McGraw-Hill: New York, 2003.
- [31] T. Gnagne, F. Brissaud, "Etude des limites de l'épuration par infiltration sur sable des eaux usées fortement chargées en matières oxydables," *Sud Sciences et Technologies*, vol. 9, pp. 34-41, 2002.
- [32] A. B. Ama, T. Koné, P. J.-M. Ouattara, L. Coulibaly, I. Savané, "An intermittent sand filter for domestic wastewater treatment: effect of hydraulic loading rate on the kinetic and amylase activity," *Journal of Chemical, Biological and physical sciences*, vol. 5 no. 1, pp. 1010-1021, 2015.
- [33] T. M. Yeo, K. Kone, T. Gnagne, Y. K. Bony, "Influence de la granulométrie sur la durabilité du Lit de Séchage à Ecoulement Non Saturé (LSENS) en traitement de boues de vidange des fosses septiques. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol.29, no. 2, pp. 275-286, 2020.
- [34] A. Bancolé, F. Brissaud, and T. Gnagne, "Oxidation processes and clogging in intermittent unsaturated infiltration", *Water Science and Technology*, vol. 48, no 11-12, pp 139–146, 2003.
- [35] Lin, E.; Page, D; Pavelic, P; Dillon, P; McClure, Stuart G; Hutson, J. "Evaluation of roughing filtration for pre-treatment of stormwater prior to Aquifer Storage Recovery (ASR)." *Adelaide, SA: CSIRO Land & Water*; 154p, 2006.

- [36] Roques H., Fondements théoriques du traitement chimique des eaux. Edition Lavoisier Tec & Doc, Paris, 1990, Volume II p. 523-904;.
- [37] A. B. Gupta and S. K. Gupta, "Simultaneous carbon and nitrogen removal from high strength domestic wastewater in an aerobic RBC biofilm, "Water Research, vol. 35, no7, pp. 1714-1722, 2001.
- [38] T.M. Yéo, T. Gnagne, K. F. Konan, Y. F. Kouamé, and P. V. Houenou, "Etude de la vulnérabilité d'un lit de séchage d'effluents de fosses septiques `écoulement non saturé. European journal of Scientific Research, vol. 24, no 2, pp.187-196, 2008.
- [39] Z. Y. Xu, G. M. Zeng, Z. H. Yang, Y. Xiao, M. Cao, H. S Sun., L. L. Ji, Y. Chen, "Biological treatment of landfill leachate with the integration of partial nitrification, anaerobic ammonium oxidation and heterotrophic denitrification", Bioresource Technol., vol. 101, pp 79–86, 2010.
- [40] Y. Millot, S. Troesch, P. Molle, D. Esser, R. Gourdon, and D.P.L. "Rousseau, Can a Single Stage Hybrid Constructed Wetland Achieve Good Total Nitrogen Removal? "in: 20th National Symposium of Applied Biological Sciences. Louvain, pp. 131–136, 2015.
- [41] F. El Hafiane, A. Rami, B. El Hamouri, "Technique d'élimination de l'azote et du phosphore dans un chenal algal à haut rendement, "Revue des Sciences de l'Eau, vol. 16, no 2, pp.157-172, 2003.
- [42] D. Petit, "Développement d'une nouvelle approche d'enlèvement de l'azote ammoniacal des eaux usées domestiques. "Maîtrise en génie concentration génie de l'environnement, École de Technologie Supérieure Université du Québec, Montréal, Canada, 125p, 2012.
- [43] H. Huang, X. Xiao, B. Yan, L. Yang,, "Ammonium removal from aqueous solutions by using natural Chinese (Chende) zeolite as adsorbent: Journal of Hazardous Materials, "vol. 175, pp. 247-252, 2010.
- [44] A., C. Alshameri, Y. Yan, A. S. Al-Ani A. Dawood C. Z. Ibrahim, H. Wang, "An investigation into the adsorption removal of ammonium by salt activated Chinese (Hulaodu) natural zeolite: Kinetics, isotherms, and thermodynamics, "Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, vol. 45, pp. 554-564., 2014.
- [45] B. G. Barthès, D. Brunet, A. Brauman, N. Fromin, R. Lensi, A. Volant, J. P. Laclau, D. Blavet, L. Chapuis-Lardy, "Determination of potential denitrification in a range of tropical topsoils using Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS)", Appl. Soil. Ecol., vol. 46, pp 81–89, 2010.
- [46] A. K. Al-Yousef, "Performance of slow sand filters in treating secondary effluent using different sizes of local sand". MSc Science in Civil Engineering. King Fahd University of Petroleum & Minerals. Dhahran, Saudi Arabia. 218 p, 1990.

Potentiel d'analyse des cernes de croissance: Cas de 09 essences forestières en Afrique Centrale

[Potential of tree-ring analysis: A case study on 09 commercial tree species in Central Africa]

Y. A. Amougou Ndi¹, M. Mbololo¹, F. B. Amougou Amougou^{1,2}, and Ndongso Din³

¹Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des sciences, Université de Yaoundé 1, Cameroon

²IRAD de Wakwa, Ngaoundéré, Cameroon

³Faculté des Sciences, Université de Douala, Cameroon

Copyright © 2022 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 presence of growth rings on tropical tree species is proven. In addition, the data on tree growth rhythms are fragmentary for many commercial tree species in the Congo Basin, and several studies question the dendrometric parameter values provided by the forest administration, parameters generally from permanent sample plots. In this study, we have evaluated the potential of tree-rings analysis in the semi-deciduous rainforest in Central Africa. For this, we examined the anatomy of wood of nine tree species to determine the visibility of tree rings and, on the subset of four species whose tree rings are visible, the potential of cross-dating has been evaluated as well as the annual character of formation by tree-rings analysis on stem discs. The age of trees is obtained for each of these tree species: *E. cylindricum*; *M. Altissima*; *M. Excelsa* and *T. scleroxylon* respectively (137, 126, 87 and 67). And the respective annual diametrical increases of (0.68 ± 0.42 ; $0, 71 \pm 0.31$; 0.64 ± 0.29 and 1.02 ± 0.19 cm.an). The comparison of these values to that of the Cameroonian forest administration shows that the latter is higher: 0.5 cm. an *E. cylindricum*, *M. Altissima*, *M. Excelsa* and 0.9 cm.an for *T. scleroxylon*. This method can be applied to other distinct and annual commercial tree species with distinct and annual tree rings to provide new data and fill the knowledge deficit on the growth rates of tropical trees.

KEYWORDS: Tree rings analysis, tree age, diametric increment, Cameroun, wood anatomy.

RESUME: La présence des cernes de croissance sur les essences forestières tropicales est avérée. De plus les données sur les rythmes de croissance des arbres sont fragmentaires pour de nombreuses essences commerciales du Bassin du Congo, et plusieurs études mettent en doute les valeurs de paramètres dendrométriques fournies par l'administration forestière, paramètre provenant généralement des parcelles permanentes. Dans cette étude, nous avons évalué le potentiel d'analyse des cernes en forêt tropicale humide semi décidue d'Afrique Centrale. À cette fin, nous avons examiné l'anatomie du bois de neuf essences pour déterminer la visibilité des cernes et, sur un sous-ensemble de quatre essences dont les cernes sont visibles, le potentiel d'interdatation a été évalué ainsi que le caractère annuel de la formation des cernes par l'analyse des cernes sur des rondelles de bois. L'âge des arbres est obtenu pour chacune de ces essences forestières: *E. cylindricum*; *M. altissima*; *M. excelsa* et *T.scleroxylon* respectivement de (137, 126 87 et 67 ans). Et les accroissements diamétriques annuels respectifs de ($0,68 \pm 0,42$; $0, 71 \pm 0,31$; $0,64 \pm 0,29$ et $1,02 \pm 0,19$ cm.an). La comparaison de ces valeurs à celle de l'administration forestière Camerounaise, montrent que ces dernières sont supérieures: 0,5 cm.an *E. cylindricum*, *M. altissima*, *M. excelsa* et de 0,9 cm.an pour *T.scleroxylon*. Cette méthode peut être appliquée à d'autres essences commerciales à cernes distincts et annuels pour fournir de nouvelles données et combler le déficit de connaissance sur les rythmes de croissance des arbres tropicaux.

MOTS-CLEFS: Analyse de cernes, âge des arbres, accroissement diamétrique, Cameroun, Anatomie du bois.

1 INTRODUCTION

L'Afrique Centrale abrite la seconde plus large surface continue de forêts tropicales humides du monde d'environ 2 millions de km² [1]. Plus de 44 millions d'ha de ces forêts ont été affectées à l'exploitation forestière sélective [2]. Le concept de gestion des forêts durable

(GDF) maintient et améliore la fourniture de biens et de services fournis par les forêts afin de répondre aux besoins actuels et futurs et de protéger leur contribution au développement économique, écologique et social à long terme [3]. Il est particulièrement essentiel d'assurer un approvisionnement continu de bois sans affecter leurs services et leurs fonctions. Les informations écologiques de base des espèces d'arbres récoltées (âge, trajectoires de croissance, régénération et survie...), sont essentielles pour la planification de la GDF, et ces informations sur les essences forestières tropicales sont couramment obtenues sur les mesures répétées de ces arbres dans les parcelles d'échantillons permanentes (PPs). Les mesures dans les PPs en Afrique Centrale sont des méthodes indirectes et consistent à la prise répétitive des diamètres des arbres sur plusieurs années de croissances [4], et sa contribution à la fourniture d'informations sur les essences africaines est encore très limitée. Beaucoup d'études ont été faites [5], [6], [7]. Les informations écologiques de bases sur les essences forestières exploitées (âge, trajectoires de croissance, régénération, taux de survie...), sont essentielles pour les planifications en GDF. La distribution géographique de ces PPs implique que les informations sur zones forestières commerciales importantes sont manquantes [8], et plusieurs PPs sont de petites tailles, généralement d'un (1) hectare de superficie, et contiennent un petit nombre d'essences/espèces commerciales, qui sont présent à une densité de 5 arbres. ha⁻¹ [9], [10]. Parce que la période de « monitoring » des PPs est juste une infinie fraction de l'âge des arbres, cela entraîne souvent des résultats biaisés sur les estimations des relations arbre-âge [11]. A cause du manque d'informations (données) à long terme sur l'âge et l'accroissement des espèces forestières commerciales. A la lumière de ce qui précède, les recherches sur les cernes de croissance sont de plus en plus reconnues comme, une méthode rapide et directe d'obtention des données (âges et accroissements) pour les espèces forestières tropicales, quelques études ont prouvées leurs potentiels pour la GDF [12], [13], [14], [15], [16], [17], en Afrique Central particulièrement les informations obtenus de l'analyse des cernes de croissance prennent en compte les informations d'accroissement sur toute la durée de vie des arbres et peuvent donc être utilisé pour la modélisation des âges et trajectoires de croissance des espèces forestières exploitées et aussi pour évaluer le temps nécessaire pour ces arbres d'atteindre les diamètre légaux d'exploitation (Diamètre Minimum d'Exploitabilité: DME) [18], [19], [20], [21].

Malgré l'intérêt grandissant sur ces paramètres de nos jours, les informations sur l'accroissement spécifique à chaque individu (arbre), spécialement pour les forêts tropicales sont encore manquantes. Pour la GDF, l'analyse des cernes de croissance peut être utilisée comme données supplémentaires aux informations d'accroissement des PPs.

Dans cette étude, nous présentons ici des résultats d'analyse de 09 essences/espèces forestières commerciales de la forêt dense humide semi-décidues dans la région de l'Est Cameroun. (i) un dépistage des limites des cernes de croissances dans le bois des 09 essences forestières; (ii) une étude plus poussée sur un sous échantillon de quatre essences présentant des limites de cernes distinctes; (iii) la détermination de l'âge des arbres; (iv) la détermination des accroissements annuels

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude a été conduite aux environs de la ville de Gari-Gombo (Ndeng) dans la région de l'Est Cameroun. Les rondelles de bois ont été collectées au sein de l'Assiette Annuelle de Coupe (AAC) 3-3, en cours d'exploitation durant l'année 2013 de l'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) 10 025, de la Société Forestière Industrielle de la Lokoundjé du Groupe Decolvenaere Cameroun (SFIL-GDC). Cette UFA a été partiellement/totalement exploité précédemment (1990-1997), ses limites approximatives sont comprises entre 3°30'N et de 3°55'N latitudes et 14°45'E et 15°00'E longitudes. Sa surface est de 49 595 ha, la surface de l'AAC (3-3) de 2013 est de 1586 ha [22]. Les roches de ces sols sont majoritairement de type ferrallitique brun rougeâtre et jaune [23], le socle géologique est constitué de roches métamorphiques: granite et gneiss [24]. Le climat est équatorial humide [25], la moyenne des précipitations est de 1471.78 mm, et la moyenne des températures est 24 ° C (21.94 - 24.56 ° C). La moyenne d'humidité de l'air est de 80 %, l'altitude est comprise entre 600-680. (Figure.1). Cette UFA avait un certificat de gestion durable "Forest Stewardship Council" (FSC) jusqu'en 2014, et à ce jour elle a un certificat de traçabilité et de légalité. Le climat régional est équatorial, avec une distribution de précipitation unimodale et une saison sèche de Décembre à Février: précipitation mensuelle < 60mm [26]. Les valeurs des précipitations au environ de la station météorologique de Yokadouma (85 km au Sud-Ouest du site d'étude), Les quatre saisons incluant une longue saison sèche (mi-Novembre à mi-Mars). La végétation de la région est la forêt dense Guinéo-Congolaise [27], le site d'étude est la zone de transition entre la forêt dense humide sempervirente et la forêt semi-décidue [28].

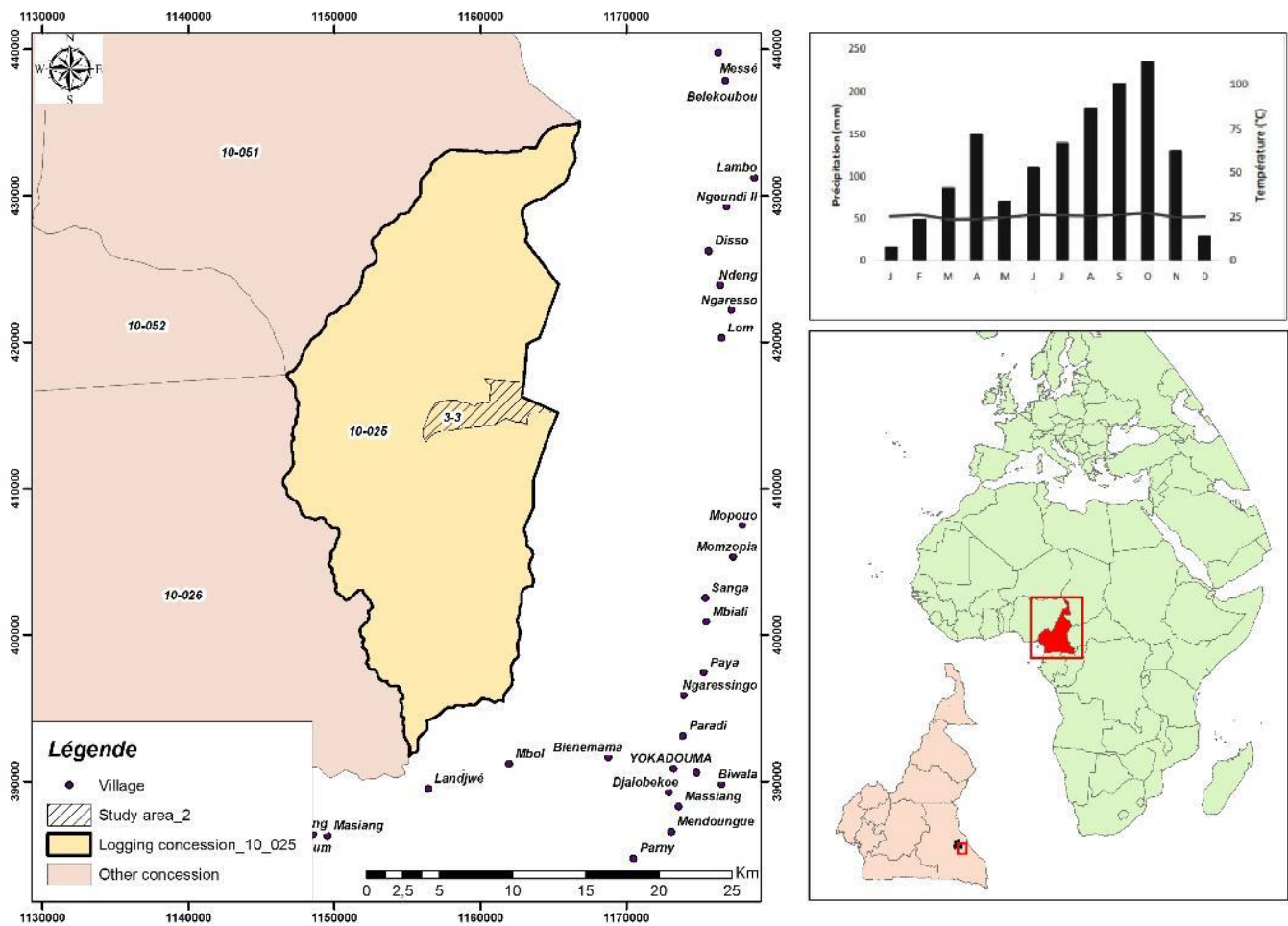


Fig. 1. Localisation et diagramme ombrothermique du site d'étude: a. sites d'études AAC 3-3 (2013) de l'UFA 10 025 (beige) de la Société Forestière Industrielle de la Lokoundjé (SFIL) du Groupement Decolvenaere Cameroun

2.2 ESPÈCES CHOISIES

Cette étude concerne neuf espèces forestières qui ont été sélectionnées en Aout 2013, durant les activités d'exploitation dans l'AAC 3-3 de l'UFA 10 025 [22]. Ces espèces choisies en fonction du carnet de commande de la SFIL-GDC, de la disponibilité de la ressource et de la visibilité des cernes de croissance. Les espèces étudiées sont: *Afzelia bipindensis* Harms; *Cylicodiscus gabunensis* Harms; *Erythrophleum suaveolens* Guill. & Perr.; *Pterocarpus soyauxii* Taub. (Fabaceae); *Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev.; *Triplochiton scleroxylon* K. Schum (Malvaceae); *Entandrophragma cylindricum* Sprague; *Entandrophragma utile* (Dawe & Sprague) Sprague (Meliaceae) et *Milicia excelsa* (Welw) C.C. Berg (Moraceae). Et toutes ces espèces étant connu comme possédant des cernes de croissances [29], [30], [31], [32], [33]. *A. bipindensis*; *C. gabunensis*; *E. cylindricum*; *E. utile*; *E. suaveolens*; *M. altissima* et *T. scleroxylon* sont présent en Afrique Centrale et de l'Ouest. Pour *M. excelsa*, en plus de l'Afrique Centrale et de l'Ouest, se retrouve en Afrique de l'Est et légèrement en Afrique du Sud. Par contre *P. soyauxii* se rencontre au-delà de l'Afrique Centrale (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des neuf espèces forestières: nom scientifique, nom commercial/local, distribution géographique (C: Afrique Centrale, O: Afrique de l'Ouest, E: Afrique de l'Est); DME: Diamètre Minimum d'Exploitation; catégorie commerciale définie par l'administration forestière [34]; AAM: Accroissement Annuel Moyen définie par l'administration forestière [35]; principales utilisation du bois au Cameroun; précédentes études sur le potentiel de l'analyse des cernes de croissance

Nom scientifique	Nom Commercial/local	Distribution en Afrique Tropicale [36], [37], [38], [39], [40]	DME (cm) [35]	AAM (cm/an) [34], [35]	Catégorie commerciale [34]	Principales utilisations du bois [36], [37], [38], [39], [40]	Précédentes études sur les cernes de croissances
<i>Azelia bipendensis</i> (Fabaceae)	Doussié Rouge/M'banga	Afrique C + O	80	0,4	I	Fourniture, construction navale, pont, instrument de musique	Oui [41], [33]
<i>Cylicodiscus gabunensis</i> (Fabaceae)	Okan/Adoum	Afrique C + O	60	0,4	II	Fourniture, hydraulique pont	Non
<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Meliaceae)	Sapelli/Assié	Afrique C + O	100	0,5	Exceptionnelle	Fourniture, instrument de musique	Oui [18], [32], [33], [41], [42], [43], [44]
<i>Entandrophragma utile</i> (Meliaceae)	Sipo/Asseng-Assié	Afrique C + O	80	0,5	I	Fourniture construction navale	Oui [20], [32], [33], [41],
<i>Erythroleum suaveolens</i> (Fabaceae)	Tali/Elon	Afrique C + O	50	0,4	III	Fourniture, hydraulique	Oui [18], [41], [43]
<i>Mansonia altissima</i> (Malvaceae)	Bété/Koul	Afrique C + O	60	0,5	II	Fourniture, artisanat, construction navale (bordé et pont)	Oui [41]
<i>Milicia excelsa</i> (Moraceae)	Iroko/Abang	Afrique C + O + E + Mozambique, Zimbabwe	100	0,5	Exceptionnelle	Fourniture, construction navale	Oui [18], [33], [41]
<i>Pterocarpus soyauxii</i> (Fabaceae)	Padouk/Mbel	Afrique C + Nigeria et Angola	60	0,4	II	Fourniture, construction navale, travaux hydrauliques, sculpture	Oui [20], [41]
<i>Triplochiton scleroxylon</i> (Malvaceae)	Ayous/Ayus	Afrique C + O	80	0,9	I	Intérieur, placage et panneaux, talon de chaussures, jouets en bois	Oui [30], [31], [33], [41], [42], [44], [45]

2.3 COLLECTE ET PREPARATION DES RONDELLES DE BOIS

Pendant les activités d'exploitations, les paramètres suivants ont été pris: le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) à l'aide d'un mètre ruban (50 – 100 m); et le géo référencement de tous les arbres échantillonnés à l'aide d'un GPS Garmin 64st. Avant que les rondelles de bois ne soient récoltées dans les chantiers d'abattages de l'AAC 3-3, une rondelle de bois est prélevée à la base de la grume au environ du DHP et/ou au-dessus des empattements ou autre anomalies par le biais d'une tronçonneuse, cette dernière a été subdivisée en deux moitiés égales et par la suite chaque moitié est divisée en trois fragments (camemberts), ceci en s'assurant que toutes les parties de la rondelle sont prises (du centre de la rondelle vers l'écorce). De manière aléatoire un à trois fragments de rondelle sont pris. Un total de 20 rondelles (fragments) des neuf espèces forestières ont été récoltés: dont 02 d'*A. bipendensis* (84 cm); de *C. gabunensis* (65 cm); d'*E. cylindricum* (115 cm); d'*E. suaveolens* (52 cm); 1 d' *E. utile* (84 cm); et 3 de *M. altissima* (64 cm); de *T. scleroxylon* (92,1 cm); de *M. excelsa* (102 cm) et de *P. soyauxii* (65 cm). Pour faciliter l'inspection des cernes toutes ces rondelles de bois ont été séchées naturellement, puis transportées au xylarium du Musée Royale d'Afrique Centrale (MRAC) Tervuren-Belgique. Les rondelles ont été usinées pour uniformiser à l'aide d'un robot électrique la surface à poncer, par la suite à l'aide d'une ponceuse à meule et des papiers abrasifs de grains 40 à 800 ou 1000 elles ont été poncées à l'atelier de menuiserie du MRAC. Et en utilisant un compresseur à air après chaque passage de la ponceuse pour enlever les traces de poussière.

2.4 ANALYSE DES CERNES

L'observation et le marquage des limites de cerne des rondelles de bois s'est faite à l'œil nu et à l'aide d'une simple loupe (grossissement 2,5x), et d'un stéréo-microscope Olympus OlympusSZH10 (grossissement 7–70x). Toutes les limites de cerne ont été examinées/marquées à l'aide d'un crayon sur les deux transects, et en prenant en compte toutes les parties de la rondelle (de la moelle vers l'écorce). Après chaque série de dix cernes marqués, ces derniers ont été suivis sur toute la circonférence de la rondelle dans l'optique de rechercher les différentes anomalies, ceci est le processus d'inter-datation. Les fragments de rondelles de bois, ont été numérisées à 1200 DPI sur un scanner de marque Canon type CanonScanLider700F et un photocopier Canon de marque IR 8700 (grandes rondelles). Pendant la numérisation, près de tous les transects à scannés, une règle graduée a été placée près de la rondelle en guise d'échelle. Les fichiers scans des transects numérisés, ont été affinés à l'aide du logiciel Fiji/Image J, pour les transects entiers (de la moelle à l'écorce). Dans le cas où le transect est divisé en deux, lors de l'enregistrement la partie de la moelle et celle de l'écorce sont enregistrées avec le même numéro mais en ajoutant (a) à la première et (b) à la seconde partie, puis les transects sont affinés par Image J [46].

2.5 MESURE DES LARGEURS DE CERNES

Les largeurs des cernes de croissances ont été mesurés à l'aide des images scans avec une précision de 0,01 mm par l'interface graphique 'Image J/Fiji' du centre vers l'écorce. En prenant en compte la date d'abattage des arbres et de récolte des rondelles de bois (2013) et l'échelle de 1 mm. A la fin des analyses des cernes sur Image J, un fichier Excel est généré avec toutes les différentes mesures des cernes de croissance.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES CERNES DE CROISSANCES ET ANOMALIES

L'examen macroscopique des rondelles de bois des neuf espèces, a permis de caractériser l'aspect visuel de ces dernières. Les espèces ayant un aubier/duramen différencié sont les suivantes (*A. bipendensis*; *C. gabunensis*; *E. cylindricum*; *E. utile*; *E. suaveolens*; *M. altissima*; *M. excelsa* et *P. soyauxii*) et seule *T. scleroxylon* présente un aubier/duramen non différencié. La couleur de l'aubier est brun rougeâtre (*A. bipendensis*); brun jaune à brun doré (*C. gabunensis*); brun rouge à brun violet (*E. cylindricum*); brun rouge (*E. utile*); brun jaune à brun rouge (*E. suaveolens*); Brun jaunâtre à brun gris (*M. altissima*); Brun jaune à brun foncé (*M. excelsa*); rouge foncé (*P. soyauxii*) et blanc à jaunâtre (*T. scleroxylon*). La couleur du duramen est quant à elle blanc à jaune pâle (*A. bipendensis*); claire (*C. gabunensis*); gris rosâtre à blanchâtre (*E. cylindricum*); blanc rosé (*E. utile*); blanc rosâtre (*M. altissima*); blanchâtre (*M. excelsa*); blanchâtre (*P. soyauxii*) et blanc à jaunâtre (*T. scleroxylon*) (Tableau 2; Fig.2.)

Tableau 2. Aspects macroscopiques des rondelles de bois des neuf espèces, différenciation aubier/duramen, couleur aubier, couleur duramen

Nom scientifique	Aubier/Duramen	Couleur duramen	Couleur aubier
<i>A. bipendensis</i> (Fabaceae)	Bien différencié	Brun rougeâtre	Blanc à jaune pâle
<i>C. gabunensis</i> (Fabaceae)	Bien différencié	Brun jaune à brun doré	En couleur claire
<i>E. cylindricum</i> (Meliaceae) *	Bien différencié	Bois rouge à brun violet	Gris rosâtre à blanchâtre
<i>E. utile</i> (Meliaceae)	Bien différencié	Bois rouge	En couleur blanc rosé
<i>E. suaveolens</i> (Fabaceae)	Différencié	Brun jaune à brun rouge	Blanc rougeâtre à jaunâtre
<i>M. altissima</i> (Malvaceae) *	Différencié	Brun jaunâtre à brun gris	Blanc rosâtre
<i>M. excelsa</i> (Moraceae) *	Différencié	Brun jaune à brun foncé	Blanchâtre
<i>P. soyauxii</i> (Fabaceae)	Bien différencié	Rouge foncé	Blanchâtre
<i>T. scleroxylon</i> (Mavaceae) *	Non différencié	Blanc à jaunâtre	Blanc à jaunâtre

A la suite de l'examen des sections transversales des rondelles de bois poncées des neuf espèces et des coupes disponibles dans la xylothèque du MRAC et des descriptions anatomiques détaillées des caractéristiques du bois disponible pour la plupart des espèces étudiées [41]; [47] et dans la base de donnée en ligne « InsideWood » [48]. Des neuf espèces étudiées, huit (*A. bipendensis*; *E. cylindricum*; *E. utile*; *E. suaveolens*; *M. altissima*; *M. excelsa*; *P. soyauxii* et *T. scleroxylon*) présentent les limites de cernes distinctes et parmi lesquelles deux présentent un très bon potentiel d'analyse (*E. cylindricum* et *T. scleroxylon*) et quatre un bon potentiel d'analyse (*E. utile*; *E. suaveolens*; *M. altissima* et *M. excelsa*) (Tableau 2). Les limites des cernes de quatre espèces étaient caractérisées par une fine bande de parenchyme, difficile à identifier pour différentes raisons. Chez *E. cylindricum*, la limite de cerne de croissance est dessinée par une ligne de parenchyme axial, pouvant aussi apparaître sous forme d'un fin alignement de chainettes (Fig. 2.b). Les anomalies rencontrées ici sont les faux cernes, les cernes nuls ou partiellement nuls. Pour *M. altissima* la limite de cerne de croissance est dessinée par une ligne

fine/large (chaînette) de parenchyme épaissi d'une à deux cellules incluant des pores et des canaux traumatiques, cette limite est caractérisée par un passage brusque d'une zone foncée à une zone très claire (coloration due à différents aspects du tissu fibreux) (Fig.2.a). Les anomalies d'identification pour cette espèce sont des cernes partiellement nuls. Chez *M. excelsa* la limite de cerne de croissance est souvent tracée par une bande mince et fragmentée de parenchyme ou par de parenchyme aliforme étiré en aile mince et droite qui tend s'aligner de manière tangentielle (Fig.2 d). Les anomalies sont rares pour cette espèce, car les faux cernes y sont rares et les cernes nuls sont facilement identifiables. *T. scleroxylon* la limite de cerne de croissance est dessinée par un parenchyme auquel est associé que quelques rares pores de faible diamètre, pouvant aussi apparaître sous la forme d'un fin alignement de chaînettes (Fig.2.c), les anomalies telles que les cernes nuls sont rares et le seul problème ici est l'étroitesse des cernes. En générale pour toutes ces espèces en plus des anomalies d'identification spécifique à chacune, il ressort du processus d'analyses des cernes que l'identification des cernes est difficile dans les zones proches de moelle (cœur du bois) et aussi dans les parties de l'aubier près de l'écorce. En plus toutes les anomalies ci-dessus mentionnées ont été résolues en suivant les cernes sur toute la circonférence de la rondelle de bois à travers les différents transects. La première anomalie rencontrée est les cernes discontinus, partiels, incomplets ou « Wedging ring ». La seconde anomalie est les faux cernes (cernes surnuméraires) cernes additionnels ou « Falses rings », Et enfin La troisième anomalie cernes manquant ou absent sur toute la surface de la rondelle ou « Missing rings ». L'inter-datation visuelle entre différents transects/rayons sur les rondelles de bois a résolu tous ces problèmes d'anomalies rencontrés lors du marquage des cernes de croissances.

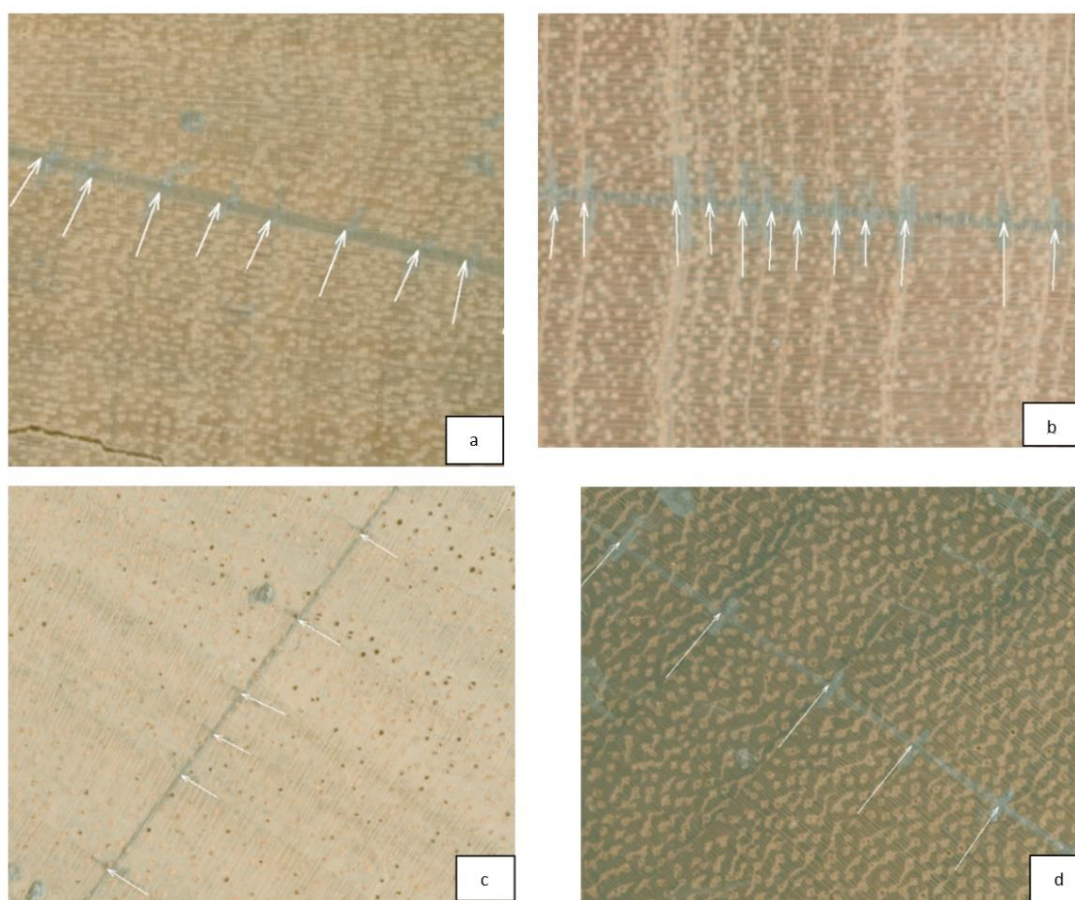


Fig. 2. Profil macroscopique de la section transversale des rondelles de bois avec les cernes de croissance marqués (flèches blanches), (a) *Mansonia altissima*; (b) *Entandrophragma cylindricum*; (c.) *Triplochiton scleroxylon* et (d) *Milicia excelsa*

3.2 RELATION ENTRE LA DYNAMIQUE DES CERNES ET L'ÂGE DES ARBRES

Les résultats des quatre espèces présentaient une très grande différence d'âge/durée de vie par espèce. *E. cylindricum* et *M. altissima* avaient les plus longues durées de vies/âges, respectivement (1876-2013 soit 137 ans et 1887-2013 soit 126 ans) tandis que *M. excelsa* avait une durée de vie moyenne (1927-2013 soit 87 ans) et *T. scleroxylon* avait la durée de vie la plus courte (1948-2013 soit 67 ans) (Fig.3). Pour *E. cylindricum* la largeur de cerne moyenne est de 0,1 mm, la valeur minimum étant de 0,02 mm et la valeur maximum de 0,32 mm (Fig.3); chez *M. altissima* la largeur moyenne cerne est de 0,08 mm, les valeurs minimum et maximum sont respectivement de 0,03 et 0,17 mm (Fig.31 b); *M. excelsa* la largeur de cerne moyenne est de 0,2 mm, les valeurs maximale et minimale sont respectivement de 0,54 mm et 0,6 mm (Fig.3); enfin *T. scleroxylon* la largeur moyenne de cerne ici est de 0,13 mm, la valeur minimale de 0,36 mm puis la valeur maximale de 0,52 mm (Fig. 3).

3.3 ESTIMATION DE LA CROISSANCE DIAMÉTRIQUE

L'accroissement diamétrique moyen varie en fonction des espèces. Pour *E. cylindricum* cet accroissement est de $0,68 \pm 0,42 \text{ cm.an}^{-1}$; chez *M. altissima* de $0,71 \pm 0,31 \text{ cm.an}^{-1}$; chez *M. excelsa* de $0,64 \pm 0,29 \text{ cm.an}^{-1}$ et *T. scleroxylon* de $1,02 \pm 0,19 \text{ cm.an}^{-1}$. (Tableau 2) Les valeurs des accroissements annuels moyens de l'administration forestière pour ces espèces sont respectivement de $0,5 \text{ cm.an}^{-1}$ pour (*E. cylindricum*, *M. altissima* et *M. excelsa*) et de $0,9 \text{ cm.an}^{-1}$ pour *T. scleroxylon* [34], [35], (Tableau 1, 2). Les accroissements annuels moyens obtenus sont supérieures à ceux de l'administration forestière, plus spécifiquement chez *E. cylindricum* cette valeur d'accroissement est 136 % supérieure à celle de l'administration forestière. Chez *M. altissima* cette valeur d'accroissement est 142 % supérieure à celle de l'administration. Chez *M. excelsa* cette valeur est 128 % supérieure à celle de l'administration et enfin chez *T. scleroxylon* cette valeur est 133 % supérieure à celle de l'administration forestière.

Tableau 3. Accroissements annuels moyens (AAM) obtenus par notre étude

Espèces	Nombre d'arbre/transects	AAM $\pm$ Ec (cm/an)
<i>E. cylindricum</i>	1/4	$0,68 \pm 0,42$
<i>M. altissima</i>	1/4	$0,71 \pm 0,31$
<i>M. excelsa</i>	1/6	$0,64 \pm 0,29$
<i>T. scleroxylon</i>	1/6	$1,02 \pm 0,19$

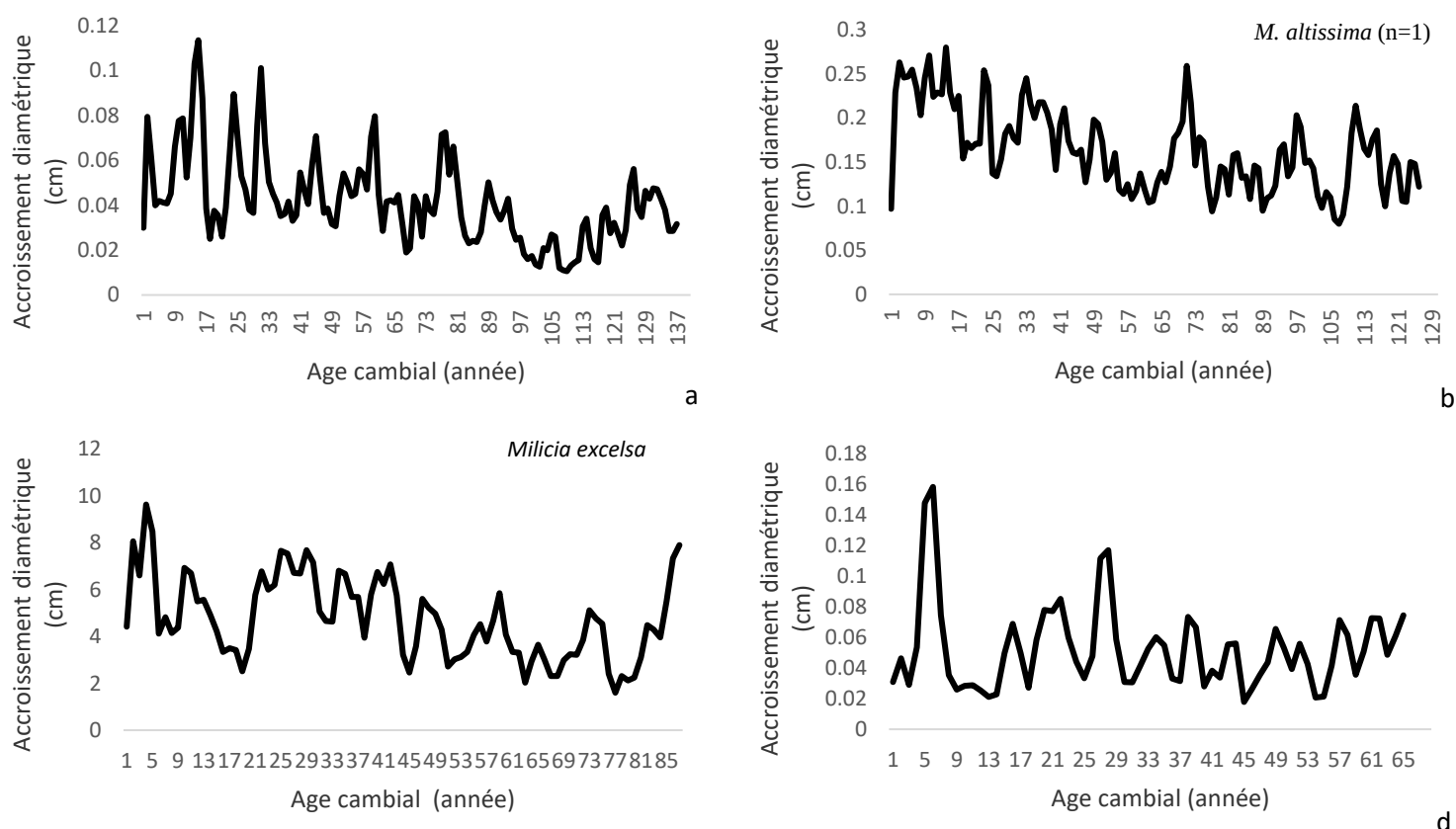


Fig. 3. Trajectoires de croissance (accroissements diamétriques cumulés) en fonction de la durée de vie (âge cambial) pour les quatre espèces des forêts semi-décidues du Cameroun: (a) *E. cylindricum*; (b) *M. altissima*; (c) *M. excelsa* et (d) *T. scleroxylon*

4 DISCUSSIONS

A la lumière des résultats de l'examen macroscopique des rondelles de bois de neuf espèces, puis des trois qui ont permis de caractériser l'aspect visuel de ces dernières. Les espèces ayant un aubier/duramen différencié et la seule espèce présente un aubier/duramen non différencié. Ainsi que de la couleur de ces différentes parties pour chacune de ces espèces. Ces résultats sont accords avec ceux des précédents travaux sur les bois frais [37], [38], [39], [40] et avec quelques variations moindres de couleur pour les bois secs [36], [41], [47]. La possibilité d'analyse des cernes de croissance des neuf espèces forestières commerciales de la forêt tropicale

humide de la Région de l'Est Cameroun, la plupart de ces espèces forme des limites des cernes distincts [48], compte tenu des difficultés d'analyse l'étude s'est focalisée sur quatre espèces décidues: *E. cylindricum*, *M. altissima*, *M. excelsa* et *T. scleroxylon*. Le potentiel d'analyse des limites des cernes de croissance est bon (+) *M. excelsa* et élevé (++) *E. cylindricum*, *M. altissima* et *T. scleroxylon*. Pour ces quatre espèces, les problèmes rencontrés sont communs à ceux de la dendrochronologie tropicale (cernes étroits, faux cernes, cernes manquant, cernes discontinus et variation intra-annuelle de densité ressemblant à des limites des cernes) [31], [32]. Les zones où l'identification des cernes étaient difficile pendant le marquage de ces dernières sont les abords immédiats de la moelle ou cœur du bois (cernes juvéniles) et dans l'aubier juste en dessous de l'écorce, ceci en raison de la structure particulière du bois dans ces zones. Selon [49] les arbres qui croissent dans les conditions climatiques difficiles sont susceptible de développer de multiples cernes manquants. Dans la même optique, les cernes discontinus, partiels ou incomplets étaient le problème le plus important [20], [50]. Ces différents problèmes (anomalies) ont été mentionnés dans d'autres études et ont conduit les chercheurs précédents de recommander d'effectuer des mesures des cernes de croissance sur les rondelles de bois plutôt que dans les carottes de bois [51], [52], ce que nous recommandons de nouveau. Les corrections des différentes erreurs de mesure des cernes de croissance ont été faites par la vérification de la continuité de ces dernières sur toute la surface (circonférence) de la rondelle de bois, par une inter datation [52]. L'analyse des cernes de croissance des quatre espèces, pour la détermination de l'âge/durée de vie de chaque individu/arbre par espèce. Montre qu'*E. cylindricum* a 137 ans, *M. altissima* a 126 ans, *M. excelsa* a 87 ans et *T. scleroxylon* a 67 ans. Ces âges sont comparables à ceux obtenus sur les analyses des carottes ou *E. cylindricum* avait un âge moyen de 66 ans pour les cinq individus et ou *T. scleroxylon* avait un âge de 124 ans (Worbes et al. 2003). De plus ces résultats peuvent aussi être comparables à ceux obtenus sur l'analyse des cernes ou *E. cylindricum* avait un âge de 208 ans et *M. excelsa* avait un âge de 158 ans (Nzongang, 2009). Sur les valeurs de l'accroissement diamétrique, notre étude a approfondie les analyses sur quatre espèces en utilisant la méthode d'analyse des cernes de croissance. En général les valeurs d'accroissement obtenues par cette étude pour *E. cylindricum*, *M. altissima*, *M. excelsa* et *T. scleroxylon* sont respectivement de $(0,68 \pm 0,42; 0,71 \pm 0,31; 0,64 \pm 0,29$ et $1,02 \pm 0,19$ cm.an), ces valeurs sont supérieures à celles de l'administration forestière (0.5 et 0.9 cm.an). De même la valeur d'accroissement obtenu pour *T. scleroxylon* est supérieure aux autres valeurs, cette dernière est suivi de la valeur de *M. altissima* puis celle d'*E. cylindricum* et enfin celle de *M. excelsa*. Compte tenu de notre échantillonnage réduit 1 arbre/espèce. Il est fort possible que les accroissements annuels moyens de l'administration forestière sous-estime les accroissements obtenus par cette étude. Cette étude préliminaire avec pour but de tester la méthode d'analyse des cernes avant de se lancer sur de grandes études d'analyses de grandes envergures sur différentes espèces/essences tropicales. Les accroissements annuels moyens pour ces différentes espèces ont été fournis par d'autres études, faite par différents auteurs certaines ont été faite sur les parcelles permanentes, d'autres sur les analyses des cernes sur les rondelles de bois ou des carottes et enfin sur les marquages cambiaux. Pour *E. cylindricum* avec une valeur d'accroissement de $0,68 \pm 0,42$ cm.an est supérieur à toutes les valeurs des différentes études; au Ghana à travers les mesures répétées des circonférences, les accroissements annuels moyens variant de 0,4-0,5 cm.an [53]; par l'analyse des cernes, sur 154 rondelles de bois en RCA et un accroissement annuel moyen de $0,48 \pm 0,09$ cm.an [54]; avec un accroissement annuel moyen de 0,34 cm.an sur les 24 arbres ayant reçu des marquages cambiaux et des mesures dendrométriques et provenant du Cameroun, Côte d'Ivoire et RCA [32]; sur l'analyse des cernes de 15 rondelles de bois provenant du Cameroun avec un accroissement annuel de $0,64 \pm 0,19$ cm.an [55]; par un dispositif sylvicole en RCA sur 52 arbres avec un accroissement annuel moyen de $0,33 \pm 0,31$ cm.an provenant des mesures des parcelles permanentes [56]; sur des mesures pluriannuelles des circonférences en Côte d'Ivoire avec un accroissement annuel de $0,28 \pm 0,22$ cm.an [57]; pour les 104 rondelles de bois provenant de la RCA, avec un accroissement annuel $0,39/0,47$ cm.an [41]; par la datation au ^{14}C de 5 rondelle et carotte à Biakoa Cameroun pour un accroissement de $0,26 \pm 0,06$ cm.an [44]; par l'analyse des cernes des 75 rondelles provenant de Pallisco au Cameroun avec un accroissement annuel de $0,5 \pm 0,05$ cm.an [18]; sur 124 arbres provenant des placettes d'inventaire circulaires de Pallisco au Cameroun avec un accroissement de $0,51 \pm 0,16$ cm.an [58]; à Pallisco au Cameroun et à l'aide du marquage cambial de 39 arbres pour un accroissement annuel de 0,30-0,66 cm.an [43]. Chez *M. altissima* avec une valeur d'accroissement de $0,71 \pm 0,31$ cm.an, étant supérieure à celle obtenu par l'analyse des cernes de 57 rondelles de bois en RCA, avec un accroissement annuel de 0,57 cm.an chez [59]. Chez *M. excelsa* avec une valeur d'accroissement de $0,64 \pm 0,29$ cm.an qui est supérieure à celles obtenus au Ghana par des mesures répétées des circonférences, les accroissements annuels moyens variant de 0,4-0,5 cm.an [53]; par l'analyse des cernes de 11 rondelles en RCA, avec un accroissement annuel de $0,59 \pm 0,09$ cm.an [54]; par l'analyse des cernes de 45 rondelles de bois en RCA, avec un accroissement de $0,51 \pm 0,09$ cm.an [59]; pour l'analyse des cernes des de rondelles provenant de Pallisco au Cameroun avec un accroissement annuel de $0,55 \pm 0,05$ cm.an [18]. Chez *T. scleroxylon* avec une valeur d'accroissement de $1,02 \pm 0,19$ cm.an supérieure aux étude d'analyse des cernes sur 67 rondelles de bois en RCA et l'accroissement annuel moyen est de $0,92 \pm 0,15$ cm.an [54]; à travers les mesures répétées des circonférences avec des accroissements annuels moyens variant de 0,8-1 cm.an [53]; sur l'analyse des cernes de 18 rondelles de bois provenant de la RCA, avec un accroissement annuel $0,62 \pm 0,28$ cm.an [41]; par la datation au ^{14}C de 18 rondelles et carottes à Biakoa Cameroun pour un accroissement de $0,26 \pm 0,06$ cm.an [44]; sur l'analyse des cernes de 25 rondelles partielles (barreaux) provenant de Libongo au Cameroun avec un accroissement annuel de $0,51 \pm 0,02$ cm.an [42]; sur des mesures pluriannuelles des circonférences en Côte d'Ivoire avec un accroissement annuel de $0,94 \pm 0,53$ cm.an [57]; avec une valeur inférieure $1,02 \pm 0,19$ cm.an à celle obtenu, sur l'analyse des cernes de 20 rondelles de bois provenant du Cameroun avec un accroissement annuel de $1,38 \pm 0,44$ cm.an [55]; avec des intervalles de valeur inférieure et supérieure $1,02 \pm 0,19$ cm.an à celle obtenu dont l'accroissement annuel moyen est de 0,50-1,72 cm.an sur les 17 arbres ayant reçu des marquages cambiaux et des mesures dendrométriques et provenant du Cameroun, Côte d'Ivoire et RCA [31]; par l'analyse des cernes avec Arc Map de 25 scans de rondelles de Mbang au Cameroun, pour des accroissements annuels de 0,45-1,14 cm.an [21] (Tableau. 3)

Tableau 4. Accroissements annuels moyens (AAM) de quelques études dans les forêts tropicales humides d'Afrique Central et de l'Ouest

Espèces	N	AAM (cm.an)	Ecart-type	Période/nbre d'année	Type de mesure	Localité	Référence
<i>E. cylindricum</i>	---	0,4-0,5	---	---	Mesure des circonférences	Ghana	[53]
	154	0,48	0,09	----	Analyse des cernes	Sud-Ouest-RCA	[54]
	25	0,34	---	1965-1973	Marquage cambial et mesure dendrométrique	Cameroun, Côte d'Ivoire et RCA	[32]
	15	0,64	0,19	----	Analyse des cernes	API Dimako-Cameroun	[55]
	52	0,33	0,31	1987-1995	Dispositif d'études sylvicoles	Mbaïki-RCA	[56]
	---	0,28	0,22	14 ans	Mesure pluriannuelle des circonférences	Mopri Côte d'Ivoire	[57]
	104	0,39*/0,47**	0,09*/0,19**	----	Analyse des cernes	Sangha Mbaéré-RCA	[41]
	5	0,24	0,06	0-114	Datation au ¹⁴ C des carottes	Biakoa Cameroun	[44]
	75	0,50	0,05	1975-2005	Analyse des cernes	2 UFA de PALLISCO-Cameroun	[18]
	25	0,19	0,02	1800-2000	Analyse des cernes	Libongo-Cameroun	[42]
	124	0,51	0,06	2009-2012	Placettes d'inventaire circulaires	6 UFA de PALLISCO-Cameroun	[58]
	39	0,30-0,66	0,05-0,08	2010-2012	Marquage séquentielle du cambium	6 UFA de PALLISCO-Cameroun	[43]
<i>M. altissima</i>	57	0,57			Analyse des cernes	Sud-Ouest-RCA	[59]
<i>M. excelsa</i>	---	0,4-0,5	---	----	Mesure des circonférences	Ghana	[53]
	11	0,51	0,09	----	Analyse des cernes	Sud-Ouest-RCA	[54]
	45	0,55	0,12		Analyse des cernes	Sud-Ouest-RCA	[59]
	34	0,55	0,05	1975-2005	Analyse des cernes	2 UFA de PALLISCO-Cameroun	[18]
<i>T. scleroxylon</i>	67	0,92	0,15		Analyse des cernes	Sud-Ouest-RCA	[54]
	17	0,50-1,72	----	1965-1974	Marquage cambial et mesure dendrométrique	Cameroun, Côte d'Ivoire et RCA	[31]
		0,8-1	---	---	mesure des circonférences	Ghana	[53]
	20	1,38	0,44	---	Analyse des cernes	API Dimako-Cameroun	[55]
	---	0,94	0,53	14 ans	Mesure pluriannuelle des circonférences	Mopri-Côte d'Ivoire	[57]
	34	1,11	0,28	----	Analyse des cernes	Sangha Mbaéré-RCA	[41]
	18	0,62	0,28	0-219	Datation au ¹⁴ C des carottes	Biakoa Cameroun	[44]
	25	0,51	0,02	1800-2000	Analyse des cernes	Libongo-Cameroun	[42]
	25	0,45-1,14	----	90-229	Analyse des cernes avec Arc Map	Mbang-Cameroun	[21]

5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Pour les neuf espèces étudiées un dépistage des limites des cernes distincts a été réalisé, et sur la base de ce dernier, les analyses des cernes ont été réalisées sur un sous échantillon de quatre d'entre elles présentant des limites des cernes de croissance distinctes (*E. cylindricum*; *M. altissima*; *M. excelsa* et *T. scleroxylon*). La méthode d'analyses des cernes permet d'avoir les informations précises et rapides d'essences-locales d'accroissements annuels et d'âge, qui peuvent être utilisés pour faire des prévisions et évaluer l'aménagement forestier. L'analyse des cernes ne fournit évidemment que des taux de croissance des arbres sur pieds ou vivants. La combinaison de ces taux de croissance avec des données de survie et de régénération des PP dans les mêmes forêts permettrait des simulations réalistes de la croissance de ces arbres. Une telle analyse permettrait une évaluation plus précise des conséquences de l'exploitation forestière. Cette étude peut constituer le début d'une meilleure base d'informations pour la gestion durable des forêts en l'Afrique Central. Nous recommandons de se focaliser sur toutes les essences tropicales produisant les cernes distincts, et de collecter le plus des rondelles possibles par espèces afin d'avoir les données précises et de faire des projections pour la gestion durable des forêts.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié de l'appui financier de la Coopération Belge au Développement et du Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC) à travers les stages groupés en Biologie du Bois. Nos remerciements vont aussi au Pr Hans Beeckman pour ses conseils dans la phase de collectes des données et le séjour de recherches dans le laboratoire d'anatomie du bois du MRAC. Le Dr Maaike de Ridder pour l'appui dans l'analyse des cernes de croissance. Et à la famille Decolvenaere (Fredy et Guy), et au personnel de la SFIL-GDC.

REFERENCES

- [1] Ph. Mayaux, B. Desclée, R. Nasi, A. Billand, P. Defourny, R. Eba'a Atyi, (eds.), The Forests of the Congo Basin – State of the Forest. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 276p. <http://dx.doi.org/10.2788/47210>. ISBN: 978-92-79-22716-5. 2010.
- [2] N. Bayol, B. Demarquez, C. de Wasseige, R. Eba'a Atyi, J.-F. Fisher, R. Nasi, A. Pasquier, X. Rossi, M. Steil, C. Vivien, Forest management and the timber sector in Central Africa, In: C. de Wasseige, P. de Marcken, N. Bayol, F. Hiol Hiol, Ph. Mayaux, B. Desclée, R. Nasi, A. Billand, P. Defourny, R. Eba'a Atyi, (eds.), The Forests of the Congo Basin – State of the Forest 2010. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 276p. <http://dx.doi.org/10.2788/47210>. ISBN: 978-92-79-22716-5. 2012.
- [3] A. Sarre, C. Sobogal, Is SFM impossible dream? *Unasylva*. (pp. 26-34). 2013.
- [4] N. Picard, S. Gourlet-fleury, Manuel de référence pour l'installation de dispositifs permanents en forêt de production dans le Bassin du Congo. COMIFAC, 265 p, 2008. [Online] Disponible: <http://hal.cirad.fr/cirad-00339816> (June 5, 2020).
- [5] G.B. Chuyong, R. Condit, D. Kenfack, E.C. Losso, S. Nsanyi Moses, N.C. Songwe, et al. "Korup forest dynamics plot, Cameroon," in *Tropical Forest Diversity and Dynamism: Findings from a Large-Scale Plot Network*, (eds) Losos E. C. and Leigh E. G. (Chicago, IL: University of Chicago Press), pp. 506–516. 2004.
- [6] L.S. Lewis, G. López-Gonzalez, B. Sonké, K. Affum-Baffo, T.R. Barker, L.O. Ojo, O.L. Phillips, J.M. Reitsma, L. White, J.A. Comiskey, M.N. Djuikouo Kamdem, C.E.N. Ewango, T.R. Feuldpausch, A.C. Hamilton, M. Gloor, T. Hart, A. Haldik, et al. Increasing carbon storage in intact African tropical forest. *Nature*, 457, pp. 1003-1006. 2009a.
- [7] S.L. Lewis, J. Lloyd, S. Sitch, E.T.A. Mitchard, and W.F. Laurance, Changing Ecology of Tropical Forests: Evidence and Drivers. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 40, pp. 529-549. 2009b.
- [8] N. Picard, S. Magnussen, L.N. Banak, S. Namkossere, Y. Yalibanda, Permanent sample plots for natural tropical forests: a rationale with special emphasis on Central Africa. *Environmental Monitoring Assessment*, 164, pp.279–295. 2010.
- [9] L. Poorter, F. Bongers, R.S.A.R. Van Rompaey, M. De Klerk, Regeneration of canopy tree species at five sites in West African moist forest. *Forest Ecology and Management* 84, pp.61–69. 1996.
- [10] J.S. Hall, D.J. Harris, V. Medjibe, P.M.S. Ashton, The effects of selective logging on forest structure and tree species composition in a Central African forest: implications for management of conservation areas. *Forest Ecology and Management*. 183, pp. 249–264. 2003.
- [11] M. Martinez-Ramos, E.R. Alvarez-Buylla, How hold are tropical rainforest tree? pp. 400-405. 1998.
- [12] R.J.W. Brien, P.A. Zuidema, The use of tree rings in tropical forest management: projecting timber yields of four Bolivian tree species. *Forest. Ecology and Management*, 226, pp. 256–267.2006a. doi: 10.1016/j.foreco.2006.01.038.
- [13] R.J.W. Brien, P.A. Zuidema, Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology*, 94, pp. 481–493. 2006b.doi: 10.1111/j.1365-2745.2005.01080.x.
- [14] J. Schöngart, B. Orthmann, K.J. Hennenberg, S. Porembski, M. Worbes, Climate-growth relationships of tropical tree species in West Africa and their potential for climate reconstruction. *Global Change. Biology*, 12, pp. 1139–1150. 2006. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01154.x.
- [15] D.M.A. Rozendaal, C.C. Soliz-Gamboa, P.A. Zuidema, Timber yield projections for tropical tree species: the influence of fast juvenile growth on timber volume recovery. *Forest Ecology and Management*, 259, pp. 2292–2300. 2010. <https://doi.org/10.1616/j.foreco.2010.02.030>.
- [16] L. López, R. Villalba, F. Bravo, Cumulative diameter growth and biological rotation age for seven tree species in the Cerrado biogeographical province of Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 292, pp. 49-55. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.011>.
- [17] R.J.W. Brien, J. Schongart, P.A. Zuidema, Tree rings in tropics: Insights into ecology and climate sensitivity of tropical trees. In G. Goldstein, L.S Santiago, (eds.), *Tropical Tree Physiology*, 439-461pp. Springer International Publishing Switzerland Tree Physiology 6. 2016. DOI 10.1007/978-3-319-27422-5_20.
- [18] A. Nzogang, Tropical forest dynamics after logging - natural regeneration and growth of commercial tree species - in southeast Cameroon, PhD Thesis, Doctor, Faculty of Forest and Environmental Sciences, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau, Germany, 220 p. 2009.
- [19] M. De Ridder, J. van den Bulcke, J. van Acker, H. Beeckman, Tree-ring analysis of an African long-lived pioneer species as a tool for sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 304, pp. 417–426. 2013b. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.007>.
- [20] P. Groenendijk, U. Sass-Klaassen, F. Bongers, P.A. Zuidema, Potential of tree-ring analysis in a wet tropical forest: A case study on 22 commercial tree species in Central Africa. *Forest Ecology and Management*, 323, pp. 65-78. 2014.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.037>.

- [21] G. Ligot, A. Fayolle, S. Gourlet-Fleury, K. Dainou, J.F. Gillet, M. De Ridder, T. Drouet, P. Groenendijk, J.L. Doucet, Growth determinants of timber species *Triplochiton scleroxylon* and implications for forest management in central Africa. *For. Ecol. Manage.* 437, pp. 211-221. 2019. doi: 10.1016/j.foreco.2019.01.042.
- [22] SFIL (Société Forestière Industrielle de la Lekoundjé). Plan d'aménagement de l'UFA 10 025 - Concession n°1070 In SFIL, 2009. Douala - Cameroun.
- [23] A. Jones, H. Breuning-Madsen, M. Brossard, A. Dampha, J. Deckers, O. Dewitte, T. Gallali, S. Hallett, R. Jones, M. Kilasara, Soil atlas of Africa. European Commission, Office of the European Union. 173p. 2013.
- [24] D. Martin, P. Segalen, Notice explicative. Carte pédologique du Cameroun oriental au 1/1000000. Centre O.R.S.T.O.M. de Yaoundé, Cameroun. O.R.S.T.O.M., Paris, France. 134p. 1966.
- [25] W. Köppen, Das geographische System der Klimate, in: *Handbuch der Klimatologie*, edited by: Köppen, W. und Geiger, G., 1. C. "Gebr, Borntraeger, 1–44. 1936.
- [26] M. Worbes, How to measure growth dynamics in tropical trees. *IAWA Journal*, 16 (4), pp. 337-351. 1995. doi: 10.1163/22941932-90001424.
- [27] F. White, The Vegetation of Africa. A Descriptive Memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO Vegetation Map of Africa. In: *Natural Resources Research Report XX*. Paris, France. 351p. 1983. ISBN 92-3-101955-4. doi: 10.2307/2260340.
- [28] Letouzey, R. Etude phytogéographique du Cameroun. Editions Paul Lechevalier, Paris France 511 p. 1968.
- [29] F.C. Hummel, The formation of growth rings in *Entandrophragma macrophyllum* A. Chev. and *Khaya grandifoliola* C. DC. *Empire Forestry Review*, 25, pp. 103-107. 1946.
- [30] R.G. Lowe, Periodic growth in *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. Federation of Nigeria Department Forest Research Technical Note No. 13, pp. 150-163. 1961.
- [31] P. Détéienne, A. Mariaux, Nature et périodicité des cernes dans le bois de Samba. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 169, pp. 29–35. 1976.
- [32] P., Détéienne, A. Mariaux, Nature et périodicité des cernes dans le bois rouge de méliacées africaines. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 175, 52–61. 1977.
- [33] P. Détéienne, Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. *IAWA Bulletin n.s.*, 10 (2), pp. 123–132. 1989.
- [34] MINEF (Ministère de l'Environnement et des Forêts), Arrêté n° 0222/A/ MINEF du 25 mai 2002 et ses fiches techniques, fixant les procédures d'élaboration, d'approbation, de suivi et de contrôle de la mise en œuvre des plans d'aménagement des forêts de production du domaine permanent. Yaoundé, Cameroun 100 pp.2001.
- [35] MINEF (Ministère de l'Environnement et des Forêts), 1999. Logiciel TIAMA, Traitement des Inventaires Appliqué à la Modélisation des Aménagements, Manuel d'utilisation, Yaoundé, Cameroun.
- [36] M. Chudnoff, Tropical timber of the world. Forest product laboratory/Forest Service/Department of Agriculture, United States. pp 319-538. 1980.
- [37] J. Vivien, J.J. Faure, Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale. ACCTechnique - Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris, France. 565p. 1985.
- [38] CIRAD (Centre International pour la Recherche Agronomique et le Développement), Tropix 7.0: Technological Characteristics of 245 Species Tropical Wood Species. 2011.
- [39] J. Vivien, J.J. Faure, Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale. COMIFAC, GIZ, TNS et FRM, Saint Berthevin, France, 945 p. 2011.
- [40] PROTA (Plant Resources of Tropical Africa), Timbers 1. 7 (1) PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands/CTA, Wageningen – Netherlands.804p. 2012.
- [41] P. Détéienne, F. Oyono, L. Durrieu de Madron B. Demarquez, Nasi, R. 1998. L'analyse de cernes: applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine. Cirad-Série Forafri N°15, Montpellier, France. 43p.
- [42] G. Battipaglia, E. Zalloni, S. Castaldi, F. Marzaioli, R. Valentini, Long Tree-Ring Chronologies Provide Evidence of Recent Tree Growth Decrease in a Central African Tropical Forest. *Journal. PLOS ONE* pp. 1-21. 2015. doi: 10.1371/0120962.
- [43] F. Fétéké, A. Fayolle, K. Dainou, N. Bourlands, A. Dié, P. Lejeune, J.L. Doucet, H. Beeckman, Variation saisonnière de la croissance diamétrique et phénologique foliaire et reproductive de trois espèces ligneuses commerciales d'Afrique centrale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 330 (4), pp. 3-21. 2016.
- [44] M. Worbes, R., Staschel, A., Roloff, W.J. Junk, Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*, 173, pp.105–123. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00814-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00814-3).
- [45] D.E. Lyamabo, Some aspects of girth and radial growth patterns of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. *Nigeria agricultural*, 6, pp. 51-57. 1971.
- [46] Schneider, C., A., Rasband, W., S., Eliceiri, K.W. NIH image to image J: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9 (7), pp. 671-675. 2012. doi: 10.1038/nmeth.2089.
- [47] H.G. Richter, and M.J. Dallwitz, onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. 2000. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 9th April 2019. delta-intkey.com.

- [48] E.A. Wheeler, InsideWood - A web resource for hardwood anatomy. IAWA Journal, 32, pp. 199-211. 2011. www.insidewood.lib.ncsu.edu.
- [49] T.H.G. Wils, U.G.W. Sass-klaassen, Z. Eshetu, A. Bräuning, A. Gebrekirstos, C. Couralet, I. Robertson, R. Touchan, M. Koprowski, D. Conway, K.R. Briffa, H., Beeckman, Dendrochronology in the dry tropics: the Ethiopian case. Trees 25, pp. 345–354. 2010.
- [50] V. Trouet, J. Esper, H. Beeckman, Climate-growth relationships of *Brachystegia spiciformis* from the Miombo woodland in south central Africa. Dendrochronologia 28, pp. 161–171. 2010.
- [51] M. Worbes, One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. Dendrochronologia. 20, pp. 217–231. 2002.
- [52] R.J.W. Brien, P.A. Zuidema, Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. Oecologia, 146, pp. 1–12. 2005. doi: 10.1007/s00442-005-0160-y.
- [53] D. Adler, Natural forest increment, growth and yield. In: Ghana forest inventory project seminar proceedings 29 - 3 march 1989 Wong J.L.G. & Dunn R.M (ed.), Overseas Development Administration (UK) /Ghana Forestry Department pp 47-52. 1989.
- [54] PROJET FAC 192. Etudes préalables à l'aménagement de la forêt dense - 3ème partie: études d'accroissement. M.T.E.F.C.P. (République Centrafricaine) 105p. 1975.
- [55] J.-L. Jardin, Etude de la croissance de l'ayous (*Triplochiton scleroxylon*), du sapelli (*Entandophragma cylindricum*), et du fraké (*Terminalia superba*) par analyse de cernes. Projet aménagement pilote intégré de Dimako. Ministère de l'Environnement et des Forêts, 1995. Douala, Cameroun.
- [56] F. Bedel, L. Durrieu de Madron, B. Dupuy, - Dynamique de croissance dans des peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine: le dispositif de M'Baïki en République Centrafricaine (1982 - 1995). Projet FORAFRI 60 p. 1997.
- [57] L. Durrieu de Madron, V. Favrichon, B. Dupuy, A. Bar Hen, L. Houde, H.F. Maitre, Croissance et productivité en forêt dense humide: bilan des expérimentations dans le dispositif de Mopri, Côte d'Ivoire (1978-1992). Projet FORAFRI 75p. 1997.
- [58] F. Fétéké, J. Perin, A. Fayolle, K. Dainou, N. Bourland, Y.L. Kouadio, S.J.J. Moneye, C.-C. Bekono. M.Y. Liboum, J.-L. Doucet,. Modéliser la croissance de quatre essences pour améliorer la gestion forestière au Cameroun. Bois et Forêts des Tropiques, 325, 5-20. 2015.
- [59] L. Durrieu de Madron Accroissement diamétrique du bété et de l'iroko. Bois et Forêts des Tropiques, Note de Recherche N° 275 (1). 2003.

Etude des facteurs associés à la survenue de l'hépatite virale B chez les donneurs réguliers de sang des villes de Bangui et Bimbo en République centrafricaine

[Study of factors associated with the occurrence of viral hepatitis B in regular blood donors in the cities of Bangui and Bimbo in the Central African Republic]

Christian Maucler Pamatika¹, Christian Diamant Mossoro-Kpindé^{1,2}, Germain Piamalé¹, Zéphirin Dalengat-Vobia¹, Henri Saint Calvaire Diemer¹⁻³, Geoffroy Ndakouzou Kongo⁴, and Jean de Dieu Longo¹⁻³

¹Ecole Doctorale des Sciences de la Santé Humaine et Vétérinaire (EDSSHV), Faculté des Sciences de la Santé (FACSS), Université de Bangui (UB), Central African Republic

²Département des Sciences Biomédicales, FACSS, UB, Central African Republic

³Département de Santé Publique, FACSS, UB, Central African Republic

⁴Centre National de Transfusion Sanguine, Bangui, Central African Republic

Copyright © 2022 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:* The objective of this study is to identify, in addition to the factors already known, other risk factors for hepatitis B in the Central African context and more particularly in donors.

Methods: This is a case-control study carried out among regular blood donors in the city of Bangui, capital of the Central African Republic and Bimbo, a neighboring town. The study population consisted of regular donors who tested positive for hepatitis B or cases and donors who tested negative or controls. Three witnesses were chosen for a case. The sample resulting from an empirical survey consisted of 245 cases and 735 controls. The selected witness was from the same district and had the same sex and an age close to that of the case. The data collected by interview were entered and analyzed with Epi Info 7. Risk ratio (RR), adjusted RR and χ^2 test significant for $p < 5\%$ served as a statistical test.

Results: A total of 980 regular blood donors aged 18 to 53 years were interviewed, of whom 960 (97.95%) were male. Unprotected sex ($RRa=10.5$), multi-partner sexual ($RRa=2.79$), reuse of hairdressing equipment ($RRa=6$), touching ($RRa=5$), flute ($RRa=4.36$), storytelling ($RRa=3.75$), single status and low level of education were significantly associated with the occurrence of hepatitis B ($p < 0.05$). The non-exchange of purging material ($RRa=0.97$) and cigarette material ($RRa=0.92$) ensured a significant protective effect against hepatitis B.

Conclusion: This study confirms the risk factors already known and has made it possible to identify other risk factors of the in the Central African context such as touching, flutes, reuse of hairdressing equipment and the notion of storytelling.

KEYWORDS: Associated factors, hepatitis B, blood donors, Central African Republic.

RESUME: *Objectif:* La présente étude a pour objectif d'identifier en plus des facteurs déjà connus, d'autres facteurs de risque de l'hépatite B dans le contexte centrafricain et plus particulièrement chez les donneurs bénévoles réguliers de sang des villes de Bangui et Bimbo.

Méthodes: Il s'agit d'une étude cas-témoins réalisée auprès des donneurs réguliers de sang de la ville de Bangui, capitale de la République centrafricaine et Bimbo, ville voisine. La population d'étude était constituée de donneurs réguliers testés positifs pour l'hépatite B ou cas et de donneurs testés négatif ou témoins. Trois témoins étaient choisis pour un cas. L'échantillon issu d'un sondage empirique était constitué de 245 cas et de 735 témoins. Le témoin choisi était du même arrondissement et avait

le même sexe et un âge proche de celui du cas. Les données collectées par interview ont été saisies et analysées avec Epi Info 7. Le risque relatif (RR), le RR ajusté et le test de χ^2 significatif pour $p < 5\%$ ont servi de test statistique.

Résultats: Au total 980 donneurs réguliers de sang âgés de 18 à 53 ans dont 960 (97,95%) de sexe masculin étaient interrogés. Les rapports sexuels non protégés ($RRa=10,5$), le multipartenaire sexuel ($RRa=2,79$), la réutilisation du matériel de coiffure ($RRa=6$), les attouchements ($RRa=5$), la flute ($RRa=4,36$), la notion de contage ($RRa=3,75$), le statut célibataire et le faible niveau d'éducation étaient significativement associés à la survenue de l'hépatite B ($p < 0,05$). La non échange du matériel de purge ($RRa=0,97$) et de cigarette ($RRa=0,92$) assurait un effet protecteur significatif contre l'hépatite B.

Conclusion: Cette étude confirme les facteurs de risque déjà connus et a permis d'identifier d'autres facteurs de risque de l' dans le contexte centrafricain tels que l'attouchement, les flutes, la réutilisation du matériel de coiffure et la notion de contage.

MOTS-CLEFS: Facteurs associés, hépatite B, donneurs de sang, République centrafricaine.

1 INTRODUCTION

L'hépatite virale B (HVB) est l'une des principales causes des maladies chroniques du foie dans le monde. Sa forme chronique conduit à des complications redoutables que sont la cirrhose et le cancer du foie. Le mode de transmission du virus varie selon les régions [1]. Certains facteurs de risque tels que l'exposition au sang chez les professionnels de santé, l'injection de drogue, les tatouages, la scarification, la notion de contage, les antécédents de transfusions sanguine, voire les comportements sexuels à risque pour la maladie ont déjà été rapportés ([2], [3], [4]). La prévention de cette transmission repose principalement sur la vaccination et la bonne maîtrise des facteurs de risque. La vaccination et le traitement antiviral de masse gratuits ne sont pas encore effectifs dans la majorité des pays africains [5]. La recherche de l'antigène de surface de l'HVB (AgHBs) ne fait pas partie du bilan prénatal chez les femmes enceintes en République centrafricaine (RCA), alors qu'ailleurs la connaissance de la sérologie AgHBs est d'une importance capitale pour l'enfant qui lorsqu'il est né d'une mère contaminée doit être vacciné automatiquement. Peu de personnes se font vacciner contre l'HVB à Bangui.

Une étude menée par Diemer et collaborateurs sur les accidents d'exposition au sang dans les maternités de Bangui a montré que 91,2% du personnel n'était pas immunisé contre l'HVB [3]. Selon certaines études dans 25% des cas les causes de la transmission de l'HVB ne sont pas encore connues [6]. En RCA la transmission de l'HVB selon certaines études est essentiellement sexuelle et intrafamiliale ([7], [8]). La transmission du virus à travers les dons de sang a déjà été évoquée par Gody et collaborateurs chez les drépanocytaires hospitalisés au Complexe Pédiatrique de Bangui [9]. En abordant cette étude la question qui se pose est celle de savoir si la hausse de prévalence de l'HVB dans le contexte centrafricain est due à une méconnaissance des facteurs de risque de la maladie déjà connus ou à d'autres facteurs de risque non encore identifiés. Ces observations justifient le choix de la présente étude. L'objectif de cette étude consiste à identifier en plus des facteurs déjà connus, d'autres facteurs de risque dans le contexte centrafricain et plus particulièrement chez les donneurs bénévoles de sang (DBS) réguliers des villes de Bangui et Bimbo en RCA.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Il s'agit d'une étude analytique de type cas-témoins réalisée à Bangui et couvrant la période de janvier à mars 2019. La population d'étude était constituée de cas et de témoins. Le DBS avec une sérologie de l'HVB (AgHBs) positive au laboratoire était considéré comme un cas. Compte tenu de la forme asymptomatique de la maladie, seul le DBS testé négatif pour l'HVB et ne présentant pas après le dépistage des signes cliniques en faveur d'une suspicion d'HVB était considéré comme témoin. Le témoin retenu pour l'étude a le même sexe et âge égal ou très proche de celui du cas et était choisi dans l'univers du cas (même arrondissement). Les cas et les témoins ont été choisis parmi les DBS ayant fait des dons de sang au dernier trimestre de l'année 2018. Le choix de ce groupe ayant contracté ou non l'HVB dans un passé proche a permis de minimiser au maximum le biais de mémoire dans les données. Trois témoins de la même période étaient appariés à un cas. La taille de l'échantillon était de 245 pour les cas (prévalence de l'HVB, 20,01% en 2018) et de 735 pour les témoins. Les variables de l'étude étaient les données sociodémographiques, les données cliniques sur certains antécédents (vaccination, transfusion sanguine, ictère, ascite, etc), les données sérologiques de l'antigène de surface de l'HVB (AgHBs). Les pratiques à risque recherchées étaient: le contact avec une personne au statut AgHBs inconnu (pratiques sexuelles à risque, contact avec le sang, contact direct avec les urines et la sueur), le partage d'objet tranchant ou pointu (lame, seringue), du matériel de coiffure ayant déjà servi (serviette, rasoir, eau tiède, éponge, eau savonneuse) et la cohabitation avec une personne infectée (partage de rasoir, de gant de toilette, etc). Chaque répondant après avoir pris connaissance de la fiche d'information et donné son avis a signé le consentement éclairé (en français et traduit en langue nationale). Un questionnaire pré-testé a permis de collecter les données de l'enquête.

Les données ont été saisies et analysées avec Epi Info 7. Les tests statistiques de Fisher exact (pour les effectifs inférieurs à 5) ou test de χ^2 de Pearson ont été utilisés pour la recherche des facteurs de risque. Le test est significatif pour *p-value* au seuil de 5%. L'analyse multivariée a été utilisée en premier lieu. Les variables dont le *p* est inférieur à 5% étaient intégrées dans la régression logistique. Le risque relatif (RR) et le RR ajusté mesurant le degré d'association entre les variables de l'étude et le statut sérologique des DBS ont été déterminés. L'autorisation administrative du Ministère de la Santé (N°574/MSP/DIR.CAB/DR/SGRHF/2017) a permis la réalisation de l'étude.

3 RÉSULTATS

Au total 980 DBS réguliers composés de 245 cas et 735 témoins ont été interrogés. L'âge des DBS varie de 18 à 53 ans. L'âge médian était de 25 ans et l'âge le plus fréquent de 25 ans. Les DBS de 18 à 24 ans (42,88%), de sexe masculin (97,95%), les célibataires (51,02%) et ceux ayant un niveau d'éducation secondaire (60,20%) étaient en nombre élevé. Le statut célibataire et le niveau d'éducation (secondaire) étaient les caractéristiques sociodémographiques associées à l'HVB ($p < 0,05$). Le tableau 1 présente les caractéristiques sociodémographiques des DBS de l'étude.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des DBS réguliers

Caractéristiques	Effectif n (%)	Cas n	Témoins n	χ^2	<i>p-value</i> ^a
Classe d'âge					
18 – 24 ans	420 (42,85)	105	315	0,05	0,99
25 – 34 ans	300 (30,62)	75	225		
35 – 44 ans	180 (18,37)	45	135		
45 – 54 ans	80 (8,16)	20	60		
Sexe					
Masculin	960 (97,95)	240	720	1,2 ^b	0,5
Féminin	20 (02,05)	05	15		
Statut matrimonial					
Marié	30 (03,07)	20	10	20	0,0008
Union libre	450 (45,91)	125	325		
Célibataire	500 (51,02)	100	400		
Niveau d'éducation					
Non scolarisé	02 (0,21)	01	01	144	0,0001
Elémentaire	38 (03,87)	32	08		
Premier cycle	255 (26,03)	110	145		
Second cycle	590 (60,20)	90	500		
Universitaire	95 (09,69)	10	85		
Profession					
Elève	50 (05,10)	20	30	2	0,14
Etudiant	45 (04,59)	05	40		
Porteur de tenue	06 (0,61)	03	03		
Conducteur	22 (02,25)	20	02		
Commerçant	51 (05,20)	10	41		
Coiffeur	10 (01,02)	08	02		
Autres employés	300 (30,7)	47	253		
Sans emploi	496 (50,62)	159	337		
Total	980 (100)	245	735		

a = χ^2 de Karl Pearson, *b* = odds ratio

ANTÉCÉDENTS CLINIQUES

Les DBS interrogés n'avaient pas assez d'antécédents cliniques pouvant évoquer le risque. La faible fréquence des avulsions dentaires (RR=0,99 [0,98-1,00]), des ictères (OR=0,99 [0,98-1,00]) et des interventions chirurgicales (OR=0,97 [0,95-1,00])

semblait assurer un effet protecteur contre l'HVB ($OR < 1$). Cet effet protecteur n'était pas statistiquement significatif ($p > 0,05$). Les données des antécédents cliniques sont présentées au tableau 2.

Tableau 2. Hépatite B et antécédents cliniques

Antécédents cliniques	Cas	Témoins	<i>p</i>	RR [IC à 95%]
Vaccination				
Oui	01	03	0,68	1,0 [0,9 - 1,0]
Non	244	732		
Transfusion sanguine				
Oui	00	00	NA	NA ^a
Non	245	735		
Avulsion dentaire				
Oui	02	02	0,26	0,9 [0,9 - 1,0]
Non	233	733		
Intervention chirurgicale				
Oui	03	02	0,15	0,9 [0,9-1,0]
Non	242	733		
Acupuncture				
Oui	00	00	NA	NA
Non	245	735		
Ictère				
Oui	02	01	0,15	0,9 [0,9-1,0]
Non	243	734		
Insuffisance rénale				
Oui	00	00	NA	NA
Non	245	735		
AES				
Oui	00	00	NA	NA
Non	245	735		
Total	245	735		

a = non applicable

PRATIQUES À RISQUE

Les pratiques à risque tels que les rapports sexuels non protégés, les échanges du matériel de coiffure, les attouchements, les flutes, le multipartenaire sexuel étaient significativement associées à l'HVB ($p < 0,05$). Le risque de contracter l'HVB était 10,5 fois plus élevé chez les DBS ayant un rapport sexuel non protégé ($RRa = 10,5$ [8,4-13,5]), 4,36 fois plus élevé chez les DBS exerçant des flutes ($RRa = 4,3$ [3,1-5,9]) et 5 fois plus élevé chez ceux qui font des attouchements ou caresses profondes à leurs partenaires ($RRa = 5$ [3,2-7,6]). Ce risque était 2,7 fois plus élevé chez les DBS ayant plusieurs partenaires sexuels ($RRa = 2,7$ [1,8-4,1]) et 6 fois plus élevé chez ceux qui fréquentent les salons de coiffure avec réutilisation du matériel de coiffure ($RRa = 6$ [4,9-7,8]). L'absence de tatouage et du piercing qui semble assurer un effet protecteur ($RR = 0,9$ [0,9-1,0]) bien que documentée n'était pas significativement associée à la survenue de l'HVB ($p = 0,09$) comme le montre le tableau 3.

Tableau 3. Hépatite B et pratiques à risque

Caractéristiques	Cas	Témoin	<i>p</i> -value	RR [IC 95%]	<i>p</i> -value	RRa [IC 95%]
Multipartenaire sexuel						
Oui	40	45	0,00015	2,7 [1,8–4,1]	0,000014	2,7 [1,8–4,1]
Non	205	690				
^aRS non protégé						
Oui	13	05	0,00004	10,5 [8,4–13,5]	0,000003	10,5 [8,4–13,5]
Non	232	730				
Attouchement						
Oui	50	30	< 0,0001	5 [3,2 – 7,6]	< 0,0001	5 [3,2 – 7,6]
Non	195	705				
Flute						
Oui	80	55	< 0,00001	4,5 [3,1 – 5,9]	< 0,0001	4,3 [3,1 – 5,9]
Non	165	680				
Jouet sexuel						
Oui	00	00	NA	NA ^c		
Non	245	735				
^bRI par voie anale ou orale						
Oui	00	00	NA	NA		
Non	245	735				
Tatouage ou piercing						
Oui	02	03	0,09	0,9 [0,9–1,0]		
Non	243	732				
Echange matériel de coiffure						
Oui	198	95	< 0,002	6 [4,9–7,8]	< 0,0001	6 [4,9–7,8]
Non	47	640				
Echange de lame						
Oui	00	00	NA	NA		
Non	245	735				
Total	245	735				

a = rapport sexuel, *b* = rapport intime, *c* = non applicable,

RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT

L'exposition familiale ou la notion de contagé était un risque environnemental associé à la survenue de l'HVB. Les DBS qui vivent ensemble avec un parent ayant une forme chronique étaient 3,7 fois plus exposé au risque de contracter la maladie (RRa = 3,7 [1,4-9,3], $p < 5\%$). Le faible partage du matériel de purge ($p = 0,0012$; RR = 0,9 [0,9-0,9]) et de cigarette ($p = 0,0007$; RRa = 0,9 [0,8-0,9]) assurait un effet protecteur significatif contre la maladie. Les échanges des gants de toilette semblait être un facteur de risque de l'HVB (RR > 1); mais ce risque n'était pas significatif ($p = 0,20$). Par contre, la faible fréquence de bises (RR= 0,9 [0,4-1,8]), de punaise (RR = 0,9 [0,9-1,0]), de poux au foyer (RR = 0,9 [0,94-1] et de la vaccination traditionnelle (RR=0,9 [0,9-1,0]) assuraient un effet protecteur non significatif (tableau 4).

Tableau 4. Facteurs de risque de l'HVB liés à l'environnement

Caractéristiques	Cas	Témoins	p-value	RR [IC 95%]	p-value	RRa [IC 95%]
Echange de gant de toilette						
Oui	05	08	0,20	1,8 [0,6–5,6]		
Non	240	727				
Bise aux joues						
Oui	10	32	0,51	0,9 [0,4-1,8]		
Non	235	703				
Notion de contagion						
Oui	10	8	0,004	3,7 [1,4-9,3]	0,005	3,7 [1,4-9,3]
Non	235	727				
Présence de punaise au foyer						
Oui	02	01	0,15	0,9 [0,9-1,0]		
Non	243	734				
Présence de poux au foyer						
Oui	10	13	0,06	0,9 [0,9-1,0]		
Non	235	722				
Echange du matériel de purge						
Oui	06	01	0,012	0,9 [0,9-0,9]	0,0012	0,9 [0,95-0,99]
Non	239	734				
Vaccination à l'indigène						
Oui	01	02	0,57	0,9 [0,9-1,0]		
Non	244	733				
Partage de cigarette						
Oui	20	05	0,0007	0,9 [0,8-0,9]	0,0006	0,9 [0,89-0,96]
Non	225	730				
Total	245	735				

4 DISCUSSION

Il s'agit d'une étude analytique à la recherche des facteurs de risque. L'étude a été réalisée auprès des BDS réguliers des villes de Bangui et Bimbo en Centrafrique. Les participants à l'enquête à prédominance masculine (97,95%) étaient âgés de 18 à 53 ans. Les données de notre étude ont montré l'absence d'une association significative entre les caractéristiques sociodémographiques comme l'âge, le sexe, la profession et la maladie. Les données des études de Nambei pour l'âge et le sexe, de Mansour pour le sexe et de Ilboudo pour la profession corroborent cette assertion ([7], [10], [11]). A l'opposé, l'âge et la profession dans les études de Mansour étaient associés à l'HVB [10]. Dans une étude récente réalisée en Tunisie et au Sénégal l'âge était associé à la survenue de l'HVB ([12], [13]). La profession des DBS de notre étude peut être la même ou différente de celle de certains auteurs. Dans cette étude le statut matrimonial et le niveau d'éducation étaient les deux caractères sociodémographiques associés à la survenue de l'HVB. Les couples qui mènent une vie d'union libre n'habitent pas le même ménage souvent. Le statut célibataire et la vie en union libre sont un handicap pour le contrôle de son partenaire sexuel; ce qui explique le risque de contracter la maladie chez les cas. Le statut marital associé à la survenue de l'HVB dans notre étude est en accord avec les données de Nambei et Mansour ([7], [10]).

Les DBS réguliers avaient un faible niveau d'instruction dans la majorité des cas. Il s'agit du niveau élémentaire et du premier cycle. Ces DBS sont moins instruits sur les facteurs de risque. Des données similaires montrant le faible niveau d'instruction comme associé à la survenue de l'HVB sont documentées ([10], [8]). Cependant le niveau d'éducation et le statut marital n'étaient pas associés à l'HVB dans les études de Ilboudo et Kommas ([11], [8]). Les antécédents cliniques n'ont pas mis en évidence des variables associées à la survenue de l'HVB. Il est connu que la vaccination assure un effet protecteur contre l'HVB et cela se traduit par la baisse de l'incidence et du nombre de cas de cancer dus à l'HVB ([14], [15], [16]). Peu d'adultes se font vacciner contre l'HVB en RCA; ce qui justifie la rareté des données d'immunisation comme le montre Diemer et collaborateurs chez le personnel de santé [3]. Les soins dentaires évoqués dans cette étude ont été cités ailleurs comme associés à la survenue de l'HVB [17]. Le risque de contamination lors des soins dentaires est souvent dû à un défaut de stérilisation du matériel. Les comportements sexuels à risque significativement associés à l'HVB sont le multi partenaire sexuel (RRa=2,7), les rapports sexuels non protégés avec un partenaire au statut sérologique inconnu pour l'HVB (RRa=10,5) et les caresses profondes ou

attouchements ($RRa=5$). Ce risque du aux caresses profondes s'explique par le caractère très contagieux du virus présent à une concentration élevée (10^7 à 10^9 virions/mL) dans le sang et les sécrétions génitales [18]. Le virus est 50 à 100 fois plus contagieux que le VIH selon l'Organisation Mondiale de la Santé [19]. Le passage du virus à travers les pores est possible car ce virus possède le plus petit génome de tous les virus [20]. Selon la littérature le risque de contamination est de l'ordre de 80% pour les zones endémiques de l'HVB (prévalence supérieure à 8%). La RCA est endémique de l'HVB avec une prévalence en constante augmentation depuis plus d'une décennie (24,4% en 2012) [21]. Le risque de contamination par voie sexuelle a été déjà évoqué en Afrique et ailleurs ([8], [17], [22], [23], [24]). Aussi, selon Romano et collaborateurs les rapports sexuels non protégés représentent le facteur de risque le plus incriminé [25]. Par ailleurs, Buffet dans ces études a signalé que le risque de contamination par voie sexuelle peut varier de 30 à 80% pour l'HVB [26]. Les DBS interrogés ont eu des rapports sexuels non protégés avec des femmes dont le statut VIH est connu; mais par contre non connu pour l'HVB. Vu la prévalence de l'HVB qui a dépassé celle du VIH en RCA ces dernières années, il est impératif pour l'heure d'associer le dépistage du VIH et de l'HVB pour un couple. Contrairement au VIH, la présence du virus de l'HVB dans la salive (105 à 107 virions) a été signalée ([27], [28]). Cette présence explique le risque de transmission élevé lors des flutes dans notre étude ($RRa=4,3$). La réutilisation du matériel de coiffure ayant déjà servi (éponge, serviette, eau savonneuse, eau tiède) expose les DBS à un risque de 06 fois plus élevé de contracter l'HVB. Le virus présent sur ces matériels peut survivre pendant 7 jours [26]. Le tatouage et le piercing, facteurs de risque non associés significativement à la maladie dans nos données ont été aussi rapportés par d'autres auteurs comme facteurs de risque ([8], [22], [24]). La contamination du DBS par des proches est un risque lié à son environnement. L'exposition familiale est un risque environnemental significativement associé à la survenue de l'HVB chez les DBS. Le risque est 3,7 fois plus élevé pour les DBS cohabitant avec une personne vivant avec une HVB chronique. Selon les recommandations internationales, les proches d'une personne vivant avec l'HVB doivent se faire vacciner. Or cela n'est pas le cas pour bon nombre de ménage concerné.

Plusieurs études ont évoqué l'exposition familiale à l'HVB et parfois l'HVB dans la collectivité comme facteur de risque ([8], [17], [22], [23], [29]). Le fait de ne pas échanger le matériel de purge ayant déjà servi à une autre personne tel que les seringues et aspirateurs ($RR < 1$ et $IC = [0,9-0,9]$) et les cigarettes ($RR < 1$ et $IC = [0,8-0,9]$) assurent un effet protecteur contre la survenue de l'HVB. Cet effet protecteur est significatif ($p < 5\%$). La contamination pour les fumeurs peut se faire à travers la salive au niveau du mégot de cigarette et pour les personnes faisant la purge abdominale par les selles. Le virus de l'HVB est présent en faible quantité dans les autres sécrétions comme les urines, les selles, la sueur, les larmes et le lait ([27], [28]). Un bon nombre de personnes ignore leur statut sérologique vis-à-vis de l'HVB. Le don de sang a permis à plusieurs DBS de connaître leur statut sérologique. La transmission du virus à ces DBS peut se faire par des proches qui ne sont pas des donneurs et qui ignorent leur statut sérologique. Les échanges du matériel de toilette, les bises, la présence de poux, de punaise dans l'entourage des cas et la vaccination à l'indigène ont été cités comme facteurs de risque, sans aucune association statistiquement significative à l'HVB. La transmission par les gants de toilette est possible en présence d'une écorchure et la transmission lors des bises est possible par la sueur. Le rôle des poux et des punaises comme vecteur de la transmission du virus n'a pas encore été démontré. La transmission lors de la vaccination à l'indigène peut se faire soit par la réutilisation de la lame; soit par le reste du produit ayant déjà servi à quelqu'un. Certains DBS ne se reconnaissent pas dans les pratiques à risque ayant fait l'objet de cette étude. Ces variables non applicables lors des tests statistiques n'ont pas fait l'objet de discussion. La transmission du virus est possible par d'autres voies. Des études réalisées au Canada et au Maroc ont révélé que les facteurs de risque de l'HVB n'étaient pas connus dans 25% et 23% des cas respectivement ([5], [17]). Le virus a été retrouvé chez certains animaux domestiques et sauvages (chien, gorille, chimpanzé, héron etc). La manipulation du sang des animaux infectés par le virus pourrait présenter un risque de contamination. Une recherche du virus chez les animaux domestiques contribuerait à renseigner les autres modes de transmission. Il est temps pour la RCA d'organiser une vaccination de masse contre l'HVB des enfants et des jeunes adultes qui seront les futurs DBS [17] et de mettre un accent à travers la sensibilisation sur les facteurs de risque.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de confirmer certains facteurs de risque déjà connus et d'identifier d'autres facteurs de risque de l'HVB chez les DBS réguliers des villes de Bangui et Bimbo en RCA. La survenue de l'HVB chez les DBS réguliers était significativement associée à certaines variables telles que le faible niveau d'éducation et le statut célibataire. Les rapports intimes non protégés sont fréquents chez les cas qui se basent sur le statut sérologique négatif pour le VIH seul de leurs partenaires, s'exposant ainsi au risque de contracter l'HVB. Pour les pratiques sexuelles à risque, le risque de contracter l'HVB était de 10,5 fois, 5 fois, 4,3 fois et 2,7 fois plus élevés respectivement chez les DBS ayant eu un rapport sexuel non protégé, ayant fait des attouchements, des flutes et ayant un multipartenaire sexuel. Par contre, ce risque est 6 fois plus élevé chez les DBS ayant échangé le matériel de coiffure et de 3,7 plus élevé chez ceux qui ont une notion de contagion. Les relations intimes

entre deux partenaires même avec usage de préservatifs doivent tenir compte du risque élevé de l'HVB à travers les flutes, les attouchements.

Une sensibilisation par le CNTS des DBS sur les facteurs de risque connus serait un atout. Il serait judicieux de se faire vacciner en cas de notion de contage dans un ménage et d'éviter le partage du matériel de purge et de cigarette.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Aucun conflit d'intérêt en relation avec cet article n'a été signalé.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué à la rédaction de ce manuscrit.

FINANCEMENT

Aucun.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Direction du CNTS et ses Services de Laboratoire et de Gestion de données pour la mise à disposition des données ayant facilité l'identification des DBS de l'étude. Les auteurs remercient également les DBS qui ont accepté de participer à cette étude qui a permis de mettre en évidence les facteurs de risque de l'HVB à Bangui et Bimbo en Centrafrique.

REFERENCES

- [1] Liaw YF, Brunetto MR, Hadziyannis S. The natural history of chronic HBV infection and geographical differences. *Antivir Ther.* 2010; 15 (3): 25-33.
- [2] Hilary O. Awili, George C. Gitao, and Gerald M. Muchemi. Seroprevalence and Risk Factors for Hepatitis B Virus Infection in Adolescent Blood Donors within Selected Counties of Western Kenya. *Hindawi BioMed Research International*, volume 2020, 6 pages <https://doi.org/10.1155/2020/8578172>.
- [3] Diemer S, Ngbale RN, Longo JDD, Manirakiza A, Gaunefet CE, Fomssou L et al. Les accidents d'exposition au sang dans les maternités de Bangui. *Médecine d'Afrique Noire.* 2016; 6303: 137-42.
- [4] Fanou D, Sehonou J, Vinasse A, Agniwo J, Batcho J, Eteko T et al. Evaluation de l'état vaccinal contre l'hépatite B et portage de l'Ag HBs chez les militaires Béninois en mission en Côte d'Ivoire. *Pan African Medical Journal.* 2019; 32: 19.
- [5] Cyril Feray. L'hépatite B en Afrique: une épidémie oubliée. *Humanitaire.* 2015; 40: 68-73.
- [6] Boulos D, Goedhuis NJ, Wu J. Enhanced surveillance for acute and likely acute hepatitis B in Canada: 1999 à 2002. *Can J Infect Dis Med Microbiol.* 2005; 16: 275-281.
- [7] Nambei WS, Rawago-Mandjiza D et Gbangbangai E. Séro-épidémiologie du VIH, de la syphilis et des virus des hépatites B et C chez les donneurs de sang à Bangui, République centrafricaine. *Med Sante Trop.* 2016; 26: 192-98.
- [8] Komaz NP, Baï-Sepou S, Manirakiza A, Leal J, Béré A, Le Faou A et al. The prevalence of hepatitis B virus markers in a cohort of students in Bangui, Central African Republic. *BMC Infectious Diseases, BioMed Central.* 2010; 10: 226.
- [9] Gody JC, Essomo Megnier-Mbo CM, Chelo D, Guindo A, Gabato W, Bureau JJ et al. Survenue du VIH et du VHB dans une Cohorte d'Enfants Drépanocytaires Transfusés au Complexe Pédiatrique de Bangui. *Health Sci. Dis.* 2014; 15 (2): 1-5.
- [10] Wael Mansour. Prévalence et diversité génétique des souches HBV et HDV circulant au Niger et en Mauritanie. Thèse de doctorat en Microbiologie, No 1202, Université d'Angers, 2012, 230 p. Accessible en ligne.
- [11] Ilboudo Boblawendé MP. Aspects épidémiologiques, cliniques, paracliniques et évolutifs de l'hépatite virale B chez les patients infectés par le VIH à l'hôpital de jour de Bobo Dioulasso. Thèse de doctorat en Médecine, N07, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 2013, 80 p. Accessible en ligne.
- [12] Ben Hadj Boudali M, Hazgui O, Bouguerra H, Saffar F, Hannachi N, Bahri O et al. Hépatite B en Tunisie. Épidémiologie, facteurs de risque et impact de la vaccination. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique.* 2019, 67 (3), Page S158.
- [13] Moustapha D, Assane D, Said MS, Gora L, Daye K, Aminata M et al. Prévalence de l'antigène de surface du virus de l'hépatite B et facteurs associés chez des militaires sénégalais envoyés en mission au Darfour. *Pan African Medical Journal.* 2017, 26 (154): 1-9.

- [14] Chen HL, Chang MH, Ni YH, Hsu HY, Lee PI, Lee CY et al. Seroepidemiology of hepatitis B virus infection in children: Ten years of mass vaccination in Taiwan. *Jama*.1996; 276: 906-8.
- [15] Levy-Bruhl D, Desenclos JC et al. Central demyelinating disorders and hepatitis B vaccination: a risk benefit approach for the pre-adolescent vaccination in France. *Vaccine*. 2002; 20: 2065-71.
- [16] Theeten H, Hustse H, Hoppenbrowsers K et al. Universal hepatitis B vaccination in Belgium: impact on serological markers 3 and 7 years after implementation. *Epidemiol. Infect.* 2014; 142: 251-61.
- [17] Oubella A. Séroprévalence de l'hépatite virale B dans la province de Tiznit. Thèse de doctorat en Médecine, No 200, Université de Marrakech, 2019, 106 p.
- [18] Werner BG and Grady GF. Accidental hepatitis-B-surface-antigen-positive inoculations. Use of e antigen to estimate infectivity. *Ann Intern Med*.1982; 97 (3): 367-369.
- [19] World Health Organization, "Hepatitis Fact Sheet," Regional Office for Africa, 2016.
- [20] Galibert F, Mandart E, Fitoussi F, Tiollais P and Charnay P. Nucleotide sequence of the hepatitis B virus genome (subtype ayw) cloned in *E. coli*. *Nature*.1979; 281: 646-50.
- [21] Nambei WS, Gamba EP, Gbangbangai E, Sombot-Ndicky S, Bogon A et Sezongo O. Place de l'hépatite virale b seule ou associée au VIH parmi les causes d'affections hépatiques et rénales chez les adultes a Bangui, Centrafrique.*Rev. CAMES Santé*. 2014; 2 (1): 19-23.
- [22] D Antona, MJ Letort, Le Strat Y, Pioche C, Delarocque-Astagneau E and Bruhl DL. Surveillance des hépatites B aiguës par la déclaration obligatoire, France, 2004-2006. *BEH*. 2007, N°51-52: 425-452.
- [23] Larsen C. Patients naïfs de traitement, nés en zone de faible endémicité et pris en charge récemment au sein des pôles de référence (Jan 2008-Août 2009). *BEH*, 2010.
www.invs.sante.fr/behweb/2010/01/r-1.htm. Consulté le 12 mars 2019.
- [24] Biwolé Sida M, Jeatsa Gapdo C, Mbangue M, Essola J, Leundji H et Dissongoii J. Prévalence de l'Anticorps HBC chez les donneurs de sang AgHbs négatifs à l'Hôpital Laquintinie de Douala. *Health Sci. Dis.* 2015; 16 (1): 1- 4.
- [25] Romano L, Paladini S, Tagliacarne C. The changing face of the epidemiology of type A, B, and D viral hepatitis in Italy, following the implementation of vaccination. *Vaccine*. 2013; 27: 3439-3442.
- [26] Buffet C. Hépatite chronique virale B. *Revue Française des Laboratoires*.2006; 358: 31-37.
- [27] Martinson FEA, Weigle KA, Royce RA, Weber DJ, Suchindran CM and Lemon SM. Risk Factors for Horizontal Transmission of Hepatitis B Virus in a Rural District in Ghana. *Am. J. Epidemiol.*1998; 47: 478-487.
- [28] Zhevachevsky NG, Nomokonova NYu, Beklemishev AB, and Belov GF. Dynamic study of HBsAg and HBeAg in saliva samples from patients with hepatitis B infection: Diagnostic and epidemiological significance *J. Med. Virol.*2000; 61: 433-438.
- [29] Kim YS, Ahn YO. Factors associated with intra-familial transmission of hepatitis B virus infection in Korea. *Korean Med Sci*. 1993; 8 (6): 395-404.

Naissance des partis politiques et comportement des militants: Regard sur l'UDPS et le PPRD

[Birth of political parties and behavior of militants: A look at the UDPS and the PPRD]

Pungu Mukumbi Denis, Shabani Moricho Dauda, Mwamba Wa Mwamba Cléophas, and Djessy Nyasingini Clémentine

Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this study, it has been shown that the contexts and conditions in which political parties are born and evolve have an influence on the behavior of militants. At the end of the constitution of February 18, 2006 of the Democratic Republic of Congo, the political parties have the mission to ensure the strengthening of national consciousness and civic education. However, within Congolese political parties in general, and in the UDPS and PPRD in particular, this notion is almost systematically absent. These two parties which were in coalition although all advocating social democracy as an ideology, are, beyond their typological divergence, that is to say one radical and the other conservative, born in different contexts. The UDPS, born in 1982 as an opposition party to counterbalance the Mobutu regime, despite being already in power, the legacy of opponents is still present in the heads of its activists who sometimes misunderstand what is this a rule of law. At the headquarters of Kasumbalesa in Haut-Katanga when the UDPS flag went up everyone was forced to stop! It is therefore a partitocratic regime in the making, the young people of the UDPS are gradually assimilating to the imbonerakure of the CNDD-FDD in BURUNDI.

With regard to the PPRD, born in 2002 as a ruling party and which ruled the country for more than a decade, characterized by mismanagement, corruption, embezzlement, embezzlement of public funds, muzzling of the political opposition, the cult of personality, ... considered itself during this coalition, rightly or wrongly, as the presidential party. Sometimes threatening the end of the coalition, "If the coalition partner no longer wants it, as far as we are concerned, we will draw the necessary constitutional consequences, that is to say go straight ahead and without hesitation to cohabitation," said PPRD permanent secretary Emmanuel Ramazani Shadary one day. On Wednesday July 8, 2020 a violent clash took place in Lubumbashi between the militants of the UDPS and the PPRD. These two political parties in coalition, with regard to the behaviors that characterize them, due to the conditions in which they were born and evolved, are more tigers than lambs.

KEYWORDS: Political parties, Coalition, UDPS, PPRD, Radical Party, Conservative Party.

RESUME: Dans la présente étude, il a été démontré que les contextes et conditions dans lesquels sont nés et évoluent les partis politiques, ont une influence sur le comportement des militants. Au terme de la constitution du 18 février 2006 de République Démocratique du Congo, les partis politiques ont la mission d'assurer le renforcement de la conscience nationale et l'éducation civique.

Cependant, au sein des partis politiques congolais en général, et à l'UDPS et au PPRD en particulier, cette notion est quasi-systématiquement absente. Ces deux partis qui étaient en coalition bien que prônant tous, la social-démocratie comme idéologie, sont, au-delà de leur divergence typologique c'est-à-dire l'un radical et l'autre conservateur, nés dans les contextes différents. L'UDPS, née en 1982 comme parti d'opposition pour faire contrepoids au régime Mobutu, malgré étant déjà au pouvoir les séquelles d'opposants sont encore présentes dans les têtes de ses militants qui, parfois comprennent mal c'est qu'est-ce un Etat de droit. Au siège de Kasumbalesa dans le Haut-Katanga quand le drapeau de l'UDPS montait tout le monde était obligé de s'arrêter ! C'est donc un régime partitocratique en gestation, les jeunes de l'UDPS s'assimilent petit à petit aux imbonerakure du CNDD-FDD au BURUNDI.

S'agissant du PPRD, né en 2002 comme parti au pouvoir et qui a dirigé le pays pendant plus d'une décennie, caractérisé par la mégestion, la corruption, la malversation, le détournement de deniers publics, le musellement de l'opposition politique, le culte de personnalité, ... se considérait lors de cette coalition à tort ou à raison comme parti présidentiel. Menaçant parfois la fin de la coalition, « Si le partenaire en coalition ne veut plus de celle-ci, en ce qui nous concerne, nous allons tirer les conséquences constitutionnelles qui s'imposent, c'est-

à-dire aller tout droit et sans hésitation à la cohabitation », a déclaré un jour le secrétaire permanent du PPRD Emmanuel Ramazani Shadary. Mercredi 8 juillet 2020 un affrontement violent a eu lieu à Lubumbashi entre les militants de l'UDPS et du PPRD. Ces deux partis politiques en coalition, au regard des comportements qui les caractérisent, dus aux conditions dans lesquelles ils sont nés et ont évolué, sont plus des tigres que des agneaux.

MOTS-CLEFS: Partis politiques, Coalition, UDPS, PPRD, Parti radical, Parti conservateur.

1 INTRODUCTION

Après plus de 30 ans de dictature imposée par le feu président Mobutu qui a fait du Mouvement Populaire de la Révolution (MPR), le seul parti de la République, jouissant ainsi du statut de l'institution suprême à laquelle toutes les autres institutions devaient se soumettre, un air d'espoir a soufflé avec l'arrivée du feu Mzee Laurent Désiré KABILA qui s'est emparé du pouvoir par la force le 27 mai 1997, mais hélas, celui-ci ne fera malheureusement pas long feu au pouvoir. Après sa mort le pays entre dans une nouvelle phase de transition pendant laquelle les congolais ont connu une formule inédite de 1+4 au sommet de l'Etat, c'est-à-dire un (1) président plus quatre (4) vice-présidents de la République. Cet épisode a le mérite d'avoir mis en place une constitution de la troisième République sur base de laquelle les premières élections que d'aucuns supposent démocratiques furent organisées, et à l'issue desquelles Joseph Kabila fut élu président de la République. Cette constitution du 18 février 2006 de la République démocratique du Congo tel que modifiée par la loi N°11/002 du 20 janvier 2011 opte pour le multipartisme et érige en son article 7, l'infraction imprescriptible de haute trahison, l'institution d'un parti unique « **Nul ne peut instituer, sous quelque forme que ce soit, de parti unique sur tout ou partie du territoire national. L'institution d'un parti unique constitue une infraction imprescriptible de haute trahison punie par la loi¹** ».

Après plusieurs années de turbulence, de tumulte, de corruption, de malversation, de détournement de deniers publics, de musellement de l'opposition politique, et de beaucoup de maux qui ont caractérisés le régime Kabila pendant plus d'une décennie, les élections présidentielles, législatives nationales et provinciales sont organisées au mois de décembre 2018 à l'issue desquelles l'Union de Démocrates pour le Progrès Social, en sigle « UDPS » a selon les résultats publiés par la Commission Electorale Nationale Indépendante gagné la présidentielle. Alors, n'ayant pas la majorité à l'assemblée nationale, au sénat et aux assemblées provinciales, en évitant aussi le pire de la mauvaise expérience de la cohabitation que la RDC a déjà connu à une époque de son histoire, le président de la République Felix Antoine Tshisekedi TSHILOMBO, contraint par les dispositions constitutionnelles a tendu la main à la plate-forme FCC en vue de gérer ensemble pour l'intérêt supérieur de la nation. Ainsi est née la coalition FCC-CACH. Chacune de ces deux forces en présence a, en son sein à côté de plusieurs petits partis politiques, un parti ultra dominant, il s'agit de l'UDPS pour le CACH, et du PPRD pour le FCC. La constitution du 18 février ci-haut évoquée soutient en son article 1°, « **la République Démocratique du Congo est, dans ses frontières du 30 juin 1960, un Etat de droit, indépendant, souverain, uni et indivisible, social, démocratique et laïc** ». Ce faisant, cet Etat de droit dont le président Felix fait son cheval de bataille impose donc aux uns et aux autres le respect des institutions légalement établies, la suprématie de la loi, la séparation des pouvoirs. Cependant, il faut préciser que cette séparation veut tout simplement dire que chacun de ces trois pouvoirs traditionnels de l'Etat à savoir, le pouvoir exécutif, législatif et judiciaire exerce des fonctions qui lui sont dévolues c'est-à-dire la fonction exécutive par le pouvoir exécutif; la fonction législative par le pouvoir législatif et la fonction judiciaire par le pouvoir judiciaire.

Cette séparation n'exclut pas la collaboration en vue d'assurer le fonctionnement harmonieux des institutions de la République. Mais hélas, ces deux partis phares de la coalition bien que prônant tous, la social-démocratie comme idéologie, créent plus de problèmes qu'ils n'en résolvent ! Depuis l'avènement de Felix TSHISEKEDI à la magistrature suprême, l'UDPS qui est déjà parti au pouvoir brille comme à l'accoutumée par des marches de colère parfois pour dire non aux actes posés par les élus du peuple qui exercent les fonctions leurs reconnues par les lois de la République. Tantôt c'est des marches pour demander la fin de la coalition FCC-CACH parce qu'estimant à tort ou à raison que, se sont les ténors de FCC qui constitueraient des obstacles pour le président Felix en vue de matérialiser ses objectifs, tantôt c'est des marches pour dire non à la destitution de Jean Marc KABUNDU comme vice-premier président de l'assemblée nationale, tantôt c'est des marches pour contester les propositions de lois faites par les députés qui sont dans leurs droits, tantôt c'est les marches pour contester la désignation de Ronsard MALONDA comme président de la Commission Electorale Nationale Indépendante, ...

Pour sa part, le PPRD qui a dirigé le pays pendant plus d'une décennie, caractérisée par le détournement institutionnel de deniers publics et l'institutionnalisation de détournement des deniers publics au profit d'une infime minorité des personnes par rapport au

¹ Article de la constitution du 18 février 2006 de la RDC

nombre des populations qui ont érigé une bourgeoisie compradore, en cela se sont ajoutés le culte de personnalité et le musellement de l'opposition politique, au-delà de ses marches sporadiques, se considérait toujours comme parti présidentiel menaçant parfois la fin de la coalition FCC-CACH. « **Si le partenaire en coalition ne veut plus de celle-ci, en ce qui nous concerne, nous allons tirer les conséquences constitutionnelles qui s'imposent, c'est-à-dire aller tout droit et sans hésitation à la cohabitation** », a déclaré un jour le secrétaire permanent du PPRD Emmanuel Ramazani Shadary. L'UDPS et le PPRD qui étaient appelés à travailler main dans la main pour le bien être des congolais, mais hélas, ils se supportaient difficilement et vivaient en chien et chat dans la coalition. En plus des affrontements qui ont lieu parfois entre leurs militants, chacun de ces coalisés tendait des pièges sur l'autre afin de le surprendre.

A titre illustratif, un certain mercredi 8 juillet 2020 un effrontement violent a eu lieu à Lubumbashi entre les militants de l'UDPS et ceux du PPRD causant ainsi la paralysie de plusieurs activités économiques et professionnelles à travers la ville. Face à ce constat par rapport à la manière dont l'UDPS et le PPRD fonctionnaient dans leur coalition, une question a taraudé nos esprits, celle de savoir: Pourquoi ces deux partis phares de la coalition FCC-CACH créaient plus de problèmes qu'ils n'en résolvaient ?

Pour répondre à cette question, nous allons articuler notre réflexion autour de quatre points fondamentaux. Il est donc question de points ci-après:

- De la naissance et de l'évolution de l'UDPS et du PPRD,
- De l'Etat de droit,
- La cohabitation et la coalition en RDC,
- UDPS et PPRD face à la gouvernance.

2 DE LA NAISSANCE ET DE LA TYPOLOGIE DE L'UDPS ET DU PPRD

Ces deux partis qui avaient formé la coalition peu après la publication des élections de 2018, bien que prônant tous, la social-démocratie comme idéologie, sont, au-delà de leur divergence typologique c'est-à-dire l'un radical et l'autre conservateur, nés dans les contextes différents. Par conséquent, les divergences qui s'étaient observées dans leur organisation comme dans leur fonctionnement doivent nécessairement aussi être analysées du fait qu'ils sont nés dans des contextes diamétralement opposés.

2.1 DE LA NAISSANCE ET DE LA TYPOLOGIE DE L'UDPS

2.1.1 DE LA NAISSANCE DE L'UDPS

L'Union de Démocrates pour Progrès Social est un parti politique en République Démocratique du Congo, crée le 15 février 1982 par Frédéric Kibasa maliba, François Lusanga Ngiele, Anaclet Makanda Mpinga, Isidore Kanana, Lumbu Maloba Ndiba, Joseph Ngalula, Vincent Mbwankiem, Etienne Tshisekedi wa Mulumba, Marcel Lihau Gabriel Kyungu wa Kumwanza, ... entant que mouvement politique de l'opposition contre la dictature instaurée par le feu président Mobutu. L'UDPS a vu jour 2ans après la publication de la lettre ouverte des treize (13) parlementaires adressée au président Mobutu.² Pour les treize parlementaires, Mobutu était un déviationniste par rapport à l'essence même du MPR et un traître par rapport à l'inspiration profonde et légitime de la population à l'avènement d'un Etat de droit, souverain, démocratique, pluraliste, moderne et prospère au cœur de l'Afrique, mais Mobutu se livra à la répression, aux emprisonnements, aux traitements cruels, inhumains et dégradants, aux tortures des opposants et à la déchéance de leurs droits civils, politiques, sociaux³.

La naissance de l'UDPS eut comme base légale, l'article 4 de la constitution du 24 juin 1967 qui consacra le bipartisme dans le système politique zaïrois.⁴ Le parti cher à Etienne Tshisekedi est né, et a évolué pendant plus de trois décennies comme parti d'opposition avant de gagner la présidentielle lors des échéances électorales de 2018. Ayant boycotté en 2006 les élections présidentielles et législatives, l'UDPS fut écartée de l'ensemble des institutions tant au niveau national que provincial.

L'UDPS organise son premier congrès ordinaire du 10 au 14 décembre 2010 qui aboutira à l'élection d'Etienne Tshisekedi comme président du parti, on va également procéder à la modification des statuts du parti. Ce fut également une occasion pour créer la ligue des jeunes et de la femme de l'UDPS, et la suppression de certaines anciennes structures du parti tel que le collège des fondateurs. Après la mort d'Etienne Tshisekedi en février 2017, et après que Bruno Tshibala se soit désolidarisé de l'UDPS en vue d'être nommé premier

² UDPS : <http://www.udps.net>

³ Radio okapi : message d'Etienne Tshisekedi lors du 26° anniversaire de l'UDPS.

⁴ Article 4 de la constitution du 24 juin 1967.

ministre par Joseph Kabila, le parti cher au feu Etienne Tshisekedi wa MULUMBA sera saucissonné en quatre partis politiques: UDPS/Tshisekedi, UDPS/Le peuple, UDPS/Kibasa et UDPS/Tshibala⁵. Le 30 et 31 mars 2018, lors d'un congrès extraordinaire organisé à Kinshasa, Felix Antoine Tshisekedi fut élu président de l'UDPS/Tshisekedi. Il est aussi choisi comme candidat du parti pour les élections prévues au mois de décembre 2018. Après son élection à la magistrature suprême, il nomme Kabund président a.i du parti et Augustin Kabuya devient secrétaire général par intérim.

2.1.2 DE LA TYPOLOGIE OU DE LA CLASSIFICATION DE L'UDPS

Au regard de la classification de partis politiques telle que faite par Evariste BOSHAB, l'UDPS est un parti radical (progressiste). En effet, BOSHAB dégage 4 types de partis politiques qui caractérisent la scène politique congolaise, et par conséquent constituent pour lui une typologie de partis politiques de la République Démocratique du Congo⁶. Il s'agit notamment:

- ❖ **Les partis politiques conservateurs ou réactionnaires:** Ces partis sont au dire d'Evariste Boshab, ceux qui estiment que l'ordre ancien n'est pas totalement mauvais, mais néanmoins des efforts sont à déployer pour corriger les erreurs du passé, une rupture totale avec ce qui avait prévalu serait une catastrophe pour la communauté, car il y aurait tout un acquis utile à préserver;
- ❖ **Les partis radicaux ou progressistes:** Sont ceux qui rejettent en bloc l'ordre ancien, ils estiment que l'échec était total, se permettre l'autocritique pour conclure au replâtrage serait de la complaisance pure et simple, il faudrait faire table rase, donc recommencer le tout à zéro;
- ❖ **Les partis politiques fantômes:** Sont ceux qui se caractérisent par l'inexistence d'un idéal et l'inconscience en tout, en réalité c'est un rassemblement des véritables chargés des missions érigés en partis politiques, que l'on peut considérer comme des recruteurs pour le compte d'autres partis politiques; et enfin,
- ❖ **Les partis alibis:** Sont ceux qui regorgent les personnes sensiblement critiquées à l'égard de l'ordre ancien, mais se présentant plus en victimes de leur destin. Les partis alibis prônent les valeurs vraies et éternelles (justice, équité, réarmement moral, ...).

Au-delà d'être un parti radical ou progressiste, l'UDPS est aussi au regard de sa configuration, de son organisation et de son fonctionnement un parti de masse. Toute chose restant égale par ailleurs, le fait pour l'UDPS d'être née et d'avoir évolué pendant plus de trente ans comme parti de l'opposition, malgré étant déjà au pouvoir, les séquelles d'opposants sont encore présentes dans les têtes de ses militants ce qui justifie d'ailleurs les différentes marches de colère qu'ils s'organisent approximativement chaque trimestre de l'année.

2.2 DE LA NAISSANCE ET DE LA TYPOLOGIE DU PPRD

2.2.1 DE LA NAISSANCE DU PPRD

Le PPRD est un parti politique de la République démocratique du Congo, fondé le 31 mars 2002 par Joseph Kabila KABANGE ancien président de la République. Plus de 200 membres cofondateurs ont signés l'acte du parti. Le PPRD se place dans la lignée de Patrice Emery LUMUMBA et Laurent Désiré KABILA, Il prône comme idéologie « la social-démocratie ». Parmi les 253 personnes qui ont signé l'acte fondateur figure notamment Vital KAMERHE. Celui-ci est nommé ministre de l'information du gouvernement de transition le 30 juin 2003, en 2004 il est élu secrétaire général du PPRD⁷. Le PPRD est donc né au pouvoir comme parti présidentiel, c'est-à-dire pendant que Joseph Kabila était porté à la magistrature suprême après la mort de Mzée Laurent Désiré KABILA.

Après les élections présidentielles de 2006 et 2011 remportées successivement par Joseph Kabila, le PPRD s'est érigé presque en oligarchie pendant plus d'une décennie. Cette folie de grandeur est toujours présente dans le chef de ses membres. C'est dans cette perspective que Robert Michels⁸, dans son livre intitulé « Les partis politiques-Essai sur les tendances oligarchiques des démocraties » observe que les organisations de masses, notamment les partis politiques et les groupes de pression, en dépit de leur constitution et de leur programme démocratique, donnent inéluctablement et universellement naissance, en leur sein, à une structure de pouvoir oligarchique. Le pouvoir y est monopolisé par une petite élite des dirigeants qui s'y perpétue grâce au renouvellement assuré de ses

⁵ Opinions : appel à un dialogue au sein de la grande famille UDPS. La libre Afrique, sur la libre Afrique consulté 24 juillet 2020

⁶ BOSHAB.E, R.D.C entre les colombes et les faucons, où vont les partis politiques ? Kinshasa, Ed., PUC, octobre 2001, P7.

⁷ Jean Mpisi, le Kivu pour la paix : Les actes de la conférence de Goma (janvier 2008), Le Harmattan, 2008, p.14

⁸ Robert Michels cité par Mulumbati NGASHA, in sociologie politique, éd. Africa, Lubumbashi, 1988, p.8

mandats. En 2018 le PPRD ayant désigné Emmanuel Ramazani SHADARY comme son candidat et celui du Front Commun pour le Congo (FCC), a perdu la présidentielle.

2.2.2 DE LA TYPOLOGIE OU DE LA CLASSIFICATION DU PPRD

Le PPRD est au regard de la classification faite par Evariste BOSHA, dans la catégorie des partis politiques conservateurs ou réactionnaires, c'est-à-dire ceux qui estiment que l'ordre ancien n'est pas totalement mauvais, mais néanmoins des efforts sont à déployer pour corriger les erreurs du passé. Ce parti qui a dirigé le pays pendant plus d'une décennie, caractérisé par la mégestion, la corruption, la malversation, le détournement de deniers publics, le musellement de l'opposition politique, bref ce fut un régime de Caudillos qui selon Mulumbati NGASHA se caractérise par le fait que la légitimité des dirigeants politiques se fonde sur la force et sur leur capacité de conserver le pouvoir face à leurs rivaux⁹.

Dans cette perspective, le parti cher au sénateur à vie cherchait non seulement à maintenir en place les antivaleurs qu'il a érigées en mode de gouvernance, mais aussi se considérait toujours à tort ou à raison comme parti présidentiel lors de la coalition fcc-cach. Au-delà d'être un parti conservateur ou réactionnaire, le PPRD est aussi au regard de sa configuration, de son organisation et de son fonctionnement un parti de cadre. Le fait pour le PPRD d'être née et d'avoir évolué pendant plus de dix ans comme parti présidentiel, malgré ayant perdu la présidentielle lors des élections de décembre 2018, cette mégalomanie ou folie de grandeur est encore présente dans les têtes des différents personnages qui ont travaillé avec Joseph Kabila comme président en exercice et qui continuent à travailler avec lui comme ancien président et autorité morale de leur plate-forme (FCC).

3 DE L'ÉTAT DE DROIT

L'Etat de droit est au dire de Hans KELSEN, **un Etat dans lequel les normes juridiques sont hiérarchisées de telle sorte que sa puissance s'en trouve limitée**. Cependant, L'Etat de droit présente plusieurs caractéristiques dont voici quelques-unes:

- Une hiérarchie de normes: c'est-à-dire toutes les lois tirent leur légitimité et leur conformité de la constitution qui est la loi mère;
- Le principe de séparation des pouvoirs: cette séparation met en relief l'indépendance du pouvoir judiciaire par rapport aux pouvoirs exécutif et législatif. Cependant il faut signaler que cette indépendance n'est pas absolue car, dans un régime de collaboration des pouvoirs l'exécutif a toujours eu par le biais du chef de l'Etat et du ministre national de la justice un mot à dire sur certains arrêts et jugements rendus par les cours et tribunaux;
- L'égalité des tous les citoyens devant la loi: qu'il s'agisse des personnes physiques ou morales, tout le monde est égal devant la loi, dans un Etat de droit. La justice ne peut pas fonctionner comme une toile d'araignées qui n'arrête que des insectes et les oiseaux non. Le système des intouchables c'est-à-dire les gens qui se considèrent au-dessus de la loi n'existe pas;
- La responsabilité des gouvernants face à leurs actes: les détenteurs du pouvoir doivent être tenus responsables des actes ou décisions qu'ils prennent et le cas échéant, déférés devant la justice lorsque ceux-ci violent les textes en vigueur.

L'Etat de droit est avant tout, un modèle théorique d'organisation des systèmes politiques considéré comme la principale caractéristique du régime démocratique, et s'oppose ainsi à la dictature où seule la volonté des malabars au pouvoir prime sur l'ensemble des citoyens. La lutte de l'UDPS fut de conquérir le pouvoir en vue d'instaurer un Etat véritablement de droit, cependant ce dernier ne donne pas à l'UDPS le droit de marcher sur les droits des autres partis, des autres citoyens ou des autres institutions légalement établies.

3.1 VOULOIR UNE CHOSE ET SON CONTRAIRE

L'Etat de droit reconnaît aux parlementaires au-delà du pouvoir de contrôler le gouvernement et les entreprises publiques, aussi le droit de proposer les lois et d'en voter suivant les procédures légalement reconnues. Cependant certains actes posés par l'udps sont aux antipodes d'un Etat véritablement de droit, en voici quelques-uns:

➤ Controverse autour des propositions des lois Minaku et Sakata

Le dépôt de trois propositions de loi sur la réforme judiciaire par les députés nationaux Aubin MINAKU et Garry SAKATA tous du Front Commun pour le Congo (FCC), Ces propositions de lois qui étaient encore jusque-là, à leur phase embryonnaire car étant encore au

⁹ Mulumbati Ngasha, introduction à la science politique, p. 375

niveau de la commission PAJ de l'assemblée nationale qui, après analyse et selon la procédure, on devrait les soumettre à la plénière pour un débat en vue de leur adoption ou rejet, et puis envoyées au Sénat pour une seconde lecture, en cas de divergence entre ces deux chambres du parlement une commission mixte assemblée nationale-sénat devrait être créée en vue de dissiper le mal entendu, une fois ces divergences sont résolues les propositions sont envoyées au chef de l'Etat pour promulgation et tout ceci est couvert par une appréciation de la cour constitutionnelle sur la conformité de la dite loi à la constitution de la République. Ces controverses autour de ces propositions de lois est une manifestation éloquent du manque d'unanimité au sein de la coalition FCC-CACH. Bien qu'étant des alliés, la tension ne cessait de monter entre l'UDPS et le PPRD. Ces deux partis au sein de la coalition ayant la charge de gérer les institutions de la République en vue d'assurer le développement socio-économique des congolais vivaient en chien et chat.

➤ **Manifestation de l'UDPS suite à la destitution de Jean Marc KABUND**

Le 26 mai 2020, les militants de l'Union des Démocrates pour le Progrès Social ont manifesté dans la ville de Lubumbashi précisément à Matshipisha pour protester contre la destitution de J M Kabund la veille de son poste du premier vice-président de l'assemblée nationale, brulant ainsi des pneus sur les voies publiques. Les activités économiques furent paralysées dans cette partie de la ville. Les magasins et autres activités sont fermés, le secteur de transport en commun n'avait pas été épargné. Les combattants de la base Matshipisha étaient mécontents et ont manifesté tout simplement parce que Jean Marc Kabund a été destitué. Nous réclamons le respect de notre président, ce qui s'est passé hier à l'assemblée, nationale n'est pas correcte, a déclaré un militant à Matshipisha.¹⁰ Pire encore, lors du débat sur la pétition de destitution de Kabund initiée par le député du MLC Jean Jacques MAMBA, la bagarre a éclaté entre les honorables députés, et la séance plénière fut momentanément suspendue avant de reprendre peu après. A titre de rappel, MAMBA avait reproché à KABUND le militantisme et le discrédit lancé sur la chambre basse après avoir déclaré que l'organisation d'un congrès coûterait 7 millions de dollars. MAMABA avait alors adressé des correspondances à trois reprises à Kabund pour lui demander de fournir des éléments et le budget d'un congrès. Après trois lettres sans réponse, le député du MLC avait alors décidé d'amorcer la procédure afin d'initier la pétition.

➤ **Marche de colère de l'UDPS contre l'entérinement de Ronsard MALONDA et leur effrontement avec les jeunes du PPRD**

Le 8 juillet 2020 un effrontement violent a eu lieu entre les militants du parti présidentiel UDPS et ceux du PPRD à quelques mètres du siège du parti de Joseph KABILA. Les militants du parti cher au feu docteur et opposant charismatique Etienne Tshisekedi wa Mulumba ont envahi les artères de la ville de Lubumbashi protestant contre la décision du gouverneur Jacques KYBULA portant confinement de la ville pendant trois (3) jours à partir du jeudi 9 juillet 2020 jour prévu pour la manifestation de l'UDPS contre la désignation de Ronsard MALONDA comme président de la Commission Electorale Nationale Indépendante (CENI), à leur passage près du siège du PPRD, un effrontement a éclaté avec les jeunes du PPRD qui disaient d'avoir marre d'être ridiculisés par la jeunesse de l'UDPS. D'autres raisons de ces accrochages, les militants du parti présidentiel accusaient ceux du PPRD d'avoir arrêté et tabassé une dizaine de combattants « motards » qui étaient en campagne de sensibilisation pour la marche du jeudi 9 juillet 2020 à Lubumbashi. Pneus brûlés sur la chaussée et autres activités paralysées sur l'avenue du 30 juin et d'autres avenues dans le parage. Le déploiement de la police a été fait pour bloquer la progression de ces manifestants, mais quelques blessés ont toutes fois été signalés de part et d'autre.

Les activités furent également paralysées au marché Eureka à Lubumbashi situé dans les environs du siège du PPRD. Tous les commerces étaient fermés, les vendeurs ont vidé le marché. Le siège du PPRD a été sécurisé par les éléments de la police. Pour rappel, les autorités provinciales ont annoncé la veille un confinement de trois jours pour les villes de Lubumbashi, Likasi, Kasumbalesa et Kipushi pour rechercher les contacts des contacts de covid-19. Toutes fois, la question que beaucoup d'analystes se posent par rapport à la posture de l'UDPS est celle de savoir, les différentes manifestations organisées par les militants de l'UDPS à travers les pays sont de natures à délivrer les différents secteurs de la vie nationale obnubilés par les anti-valeurs qui ont érigé domicile en RDC durant les mandats de Joseph Kabila, ou risquent-elles de sombrer le pays dans une crise politique ? Tout porte à croire que, ces différentes marches ci-haut évoquées à titre illustratif, est une preuve d'un écart croissant entre un Etat réellement de droit et la conception qu'ont les militants de l'UDPS de celui-ci, et par conséquent, le risque de conduire le pays vers le chaos pèse d'un poids plus lourd que la chance de le sauver si l'on ne s'investit pas à l'éducation civique des citoyens.

3.2 **DU RÔLE LÉGAL DES PARTIS POLITIQUES EN RDC**

La loi N°04/002 du 15 mars 2004 portant organisation et fonctionnement de partis politiques en RDC en son article 2 définit le parti politique comme, « une association des personnes physiques de nationalité congolaise qui partagent la même idéologie et le même

¹⁰www.radiookapi.net, marche de la base Matshipisha de l'udps du 26 mai 2020 publiée à 11h 46

projet de société en vue de conquérir et d'exercer démocratiquement et pacifiquement le pouvoir d'Etat »¹¹. Dans ce même ordre d'idées, l'alinéa 2 de l'article 6 de la constitution du 18 février 2006 stipulent, les partis politiques concourent à l'expression du suffrage, au renforcement de la conscience nationale et à l'éducation civique.¹² De ce point de vue, L'UDPS, le PPRD comme les autres partis ont le devoir d'éduquer leurs militants au respect de valeurs républicaines (la liberté de pensée, d'expression, ...). Les militants des partis politiques doivent faire preuve d'un sens élevé du civisme, ils doivent comprendre que dans un Etat démocratique et qui se veut de droit, on ne peut pas s'attaquer aux individus à cause de leur opinion, ni à leurs biens, ni aux édifices publics, l'opposition ne doit pas être muselée ou rendue en silence à cause de sa minorité dès lors qu'on est en démocratie.

En démocratie, c'est un combat d'idée, seule la rhétorique éloquence, l'art de bien parler, a sa place, les biceps brachial et fémoral sont un moyen utilisé par les inaptes idéologiques et scientifiques pour imposer leur volonté.

3.3 DE LA DÉMOCRATIE À LA PARTITOCRATIE

Il est évident que, écrit Ngoma MBINDA, « les aspirations des citoyens indiquent la démocratie comme forme de gouvernance désirée. Mais ce qui n'est pas évident, c'est la capacité à remarquer qu'il existe à travers les nations, une très grande variété de formules démocratiques. Celles-ci varient en fonction de plusieurs facteurs, parmi lesquels il y a la tradition politique et culturelle d'un pays, la qualité et le degré de culture politique des citoyens et des acteurs politiques clés, les conditions matérielles d'existence comprenant la force ou la faiblesse économique, et le niveau de développement ou la qualité des moyens de communication et d'intercommunication des ethnies et des peuples »¹³. L'alternance pacifique pour la première fois dans l'histoire politique de la République démocratique du Congo entre un président sortant et un président entrant, a donné la lueur d'un Etat véritablement démocratique en gestation. Cependant, cette démocratie au sein de l'UDPS s'apparente aux régimes partitocratiques, car ces derniers sont caractérisés par le fait que l'essentiel des fonctions de décision appartient aux directions des partis. Les gouvernements dans ces régimes, exercent le pouvoir politique par le truchement des partis politiques membres de la majorité qui ont le droit de vie et de mort sur eux¹⁴. Considérant la manière dont les partis politiques jouent une grande influence dans le système politique congolais, du coup nous considérons la DRC d'un Etat-partis.

Dans un Etat-partis, les partis politiques sont des structures de base qui servent de support à l'Etat dans ce sens que, investi des pouvoirs de nommer à certain niveau, certains responsables de services publics, le pouvoir hiérarchique préfère nommer les autorités des entités territoriales décentralisées en lieu et place de l'élection qui est l'un des principes de la décentralisation, et cela, en violation flagrante et de la constitution et des lois organiques en la matière. Pour être nommé dans un service public en République démocratique du Congo, et surtout à des postes des commandements ou de décisions, il faut dans la plupart de cas être membre d'un des partis politiques au pouvoir. Ce faisant, les autorités hiérarchiques utilisent la stratégie de reporter toujours des élections locales sous prétexte de manque des moyens afin de procéder à des nominations des militants de leurs partis politiques respectifs à la tête des différentes entités territoriales décentralisées au mépris des droits du souverain primaire. Donc le fait d'avoir beaucoup chanté et dansé dans un parti politique constitue un tremplin pour obtenir la faveur du prince et devenir maires, bourgmestres ou chef de secteur en République Démocratique du Congo quel que soit le niveau d'instruction.

3.4 LES JEUNES DE L'UDPS À L'IMAGE DES IMBONERAKURE

Les imbonerakure est un mouvement politique des jeunes affilié au parti du feu président Pierre NKURUNZIZA, « CNDD-FDD » Conseil national pour la défense de la démocratie-Forces de défense de la démocratie. Imbonerakure qui signifie littéralement en kirundi ceux qui voient loin, est un mouvement qui était considéré comme l'un des principaux instruments de répression du régime Nkurunziza auquel on pouvait faire recours pour la traque, le harcèlement et le musellement des opposants ou tous ceux qui étaient hostiles à ce régime, raison pour laquelle certains observateurs indépendants avaient assimilé ce mouvement à une milice. Par ailleurs, une observation soutenue et sans perplexité conduit les uns et les autres à faire une analyse comparative entre les Imbonerakure et les jeunes de l'UDPS dont certaines postures sordides ne sont pas admissibles.

Après le dépôt de proposition des lois Minaku-Sakata, durant deux jours soit le lundi 22 et mardi 23 juin 2020, une manifestation avait été organisée devant le palais du peuple pour exiger le retrait de ces trois propositions de loi. Certains manifestants emportés par

¹¹ Loi n°04/002 du 15 mars 2004 portant organisation et fonctionnement des partis politiques en RDC en son article.

¹² Article 6 de la constitution du 18 février 2006.

¹³ NGOMA BINDA, démocratie et enjeux électoraux en période post-conflit. Le SIAC comme système approprié pour la République Démocratique du Congo, Kinshasa, 2004, p.64

¹⁴ Mulumbati Ngasha, op. cit p. 378

de colère s'étaient livrés aux actes de vandalisme en s'attaquant aux domiciles des cadres du FCC. Le mardi soir, la maison d'Aubin Minaku avait été encerclée par les manifestants, cris, jet de pierres, tentative de forcer la porte jusqu'à l'arrivée des policiers qui ont dû utiliser leurs lacrymogènes pour disperser les manifestants qui exigeaient le retrait du texte par son coauteur. Mercredi matin, c'est la demeure de Jean-Marie KASSAMBA, le patron de la tele50 qui avait reçu la visite de ces manifestants, cette fois-ci sans que les forces de l'ordre n'interviennent. D'autres manifestants s'en sont pris à la salle des fêtes d'André KIMBUTA, l'ancien gouverneur de la ville province de Kinshasa. En début d'après-midi, un convoi se dirigeait vers la demeure de Ramazani SHADARI, le candidat malheureux à la présidentielle de décembre 2018 pour le compte de FCC¹⁵.

Dans une émission à la radio Okapi, le dircaba du gouverneur de la province du Haut-Katanga avait dénoncé le comportement anti-légal orchestré par les jeunes de l'UDPS à ce terme: **A kasumbalesa, l'UDPS favorise le phénomène « bilanga » c'est-à-dire la contrebande; la base de l'UDPS se substitue parfois aux services douaniers en percevant des taxes; au siège de kasumbalesa quand le drapeau de l'UDPS monte tout le monde doit s'arrêter; en plus ces jeunes de l'UDPS constituent une milice qui s'en prennent à tout celui qui s'oppose à leur volonté d'où il faut arrêter monsieur Isaac TSHISWAKA le président de la base UDPS-Kasumbalesa qui bafoue l'autorité de l'Etat et n'être soumis qu'à ses chefs du parti au niveau national.**¹⁶ Toutes ces contre-performances démocratiques, en conflit permanent avec la notion d'Etat véritablement de droit faites par les jeunes de l'UDPS parfois sous l'œil impuissant de la police ou des agents de l'ordre, nous poussent tout droit et sans froid aux yeux à assimiler ces jeunes, aux Imbonerakure du CNDD-FDD. A ce stade comme le note Jean-Claude Bruneau, on peut donc craindre sérieusement que s'instaurent aux divers niveaux autant des républiquettes et même des petites monarchies enchevêtrées, dont les prérogatives incertaines et les ambitions concurrentes ne peuvent que multiplier les conflits.¹⁷

En RDC les compétences et les biens de l'Etat et ceux de partis politiques énumérés dans les différentes lois sont souvent confondus, d'où une leçon de régénération morale de la société s'avère nécessaire.

4 COHABITATION ET COALITION EN RDC

4.1 LA COHABITATION

La cohabitation peut être entendue comme un régime suivant lequel un chef de l'Etat règne avec une majorité parlementaire de tendances politiques différentes.

Après son accession à l'indépendance le 30 juin 1960, la République démocratique du Congo a vécu l'expérience de la cohabitation. Les structures du Congo devenu indépendant avaient été définies par la loi fondamentale du 19 mai 1960 élaborée par le parlement belge après la table ronde de Bruxelles. La forme de l'Etat était hybride, c'est-à-dire il y avait des traits caractéristiques de la forme fédérale et des traits caractéristiques de la forme unitaire. Avec un régime politique parlementaire bicaméral et un exécutif bicéphale. Lors des élections de mai 1960, Joseph KASAVUBU sera élu président de la République et Emery Patrice LUMUMBA dont le parti (MNC/L) avait remporté les législatives, fut investi premier ministre par le parlement. Quelques mois seulement après la proclamation de l'indépendance ont suffi pour qu'un conflit surgisse entre le président Kasavubu et le premier ministre Lumumba. Les rapports harmonieux qu'ils entretenaient au début furent battus en brèche, chacun soupçonnant l'autre de chercher à le renverser. L'opération militaire lancée par Lumumba pour mater la sécession du sud-Kasaï et qui se transforma en massacre de la population par l'armée, servit d'occasion pour ses adversaires dont le président Kasavubu pour l'accuser d'abus de pouvoir. Le 5 septembre 1960, le président Kasavubu décide de démettre Lumumba de ses fonctions de premier ministre et désigne ILEO pour former le nouveau gouvernement. Le soir du même jour Lumumba rejette la décision de Kasavubu et annonce à son tour la révocation de ce dernier de ses fonctions de président de la République. Deux jours après, le parlement renouvelle sa confiance à Lumumba en qualifiant sa révocation par Kasavubu d'illégale. Cette révocation a suscité un débat sur sa valeur légale dans ce sens que d'une part, l'article 22 de la loi fondamentale du 19 mai 1960 reconnaissait au chef de l'Etat le droit de nommer et de révoquer le premier ministre et d'autre part, il fallait tenir compte du fait que, la révocation du premier ministre dans un régime parlementaire est liée au retrait par le parlement de sa confiance au chef du gouvernement. Ce qui n'était pas le cas de Lumumba. Le 12 septembre 1960, ILEO annonce la composition de son gouvernement. A ce stade Isango Idi WANZILA fait son commentaire à ces termes: **le gouvernement ILEO n'eut pas le temps de se présenter au parlement**

¹⁵ www.radiookapi.net

¹⁶ Déclaration de Christian NKUNDA (directeur de cabinet adjoint du gouverneur KYABULA), lors d'une émission : dialogue inter congolais du 18 août 2020 à la radio okapi de 20h15 à 21h00

¹⁷ Jean-Claude Bruneau, « Les nouvelles provinces de la République Démocratique du Congo : construction territoriale et ethnicités », L'espace politique(en ligne), 7 | 2009-1, mis en ligne le 30 juin 2009, consulté le 28 mars 2020.

URL: journals.openedition.org/espacepolitique/1296 ; DOI : 10.4000/espacepolitique. 1296, p.11

dont il n'aurait du reste pas pu obtenir la confiance¹⁸. Le 14 septembre 1960, le chef de l'Etat prend la décision d'ajourner le parlement pour un mois conformément à l'article 70 de la loi fondamentale. Le même 14 septembre, le colonel MOBUTU chef d'Etat-Major de l'armée décide la suspension de Kasavubu, de Lumumba, du parlement ainsi que du gouvernement ILEO jusqu'au 31 décembre 1960, et il installa les jours suivants le collège de commissaires Généraux qui était un gouvernement composé d'universitaires dont certains étaient encore étudiants. Ce fut vraiment un scénario théâtral dans ce régime de la cohabitation. Alors comme si cela ne suffisait pas, après la mort de Lumumba le Congo se trouve contrôlé par quatre pouvoirs séparés. A Léopoldville, le pouvoir est entre les mains du président Kasavubu et du collège des commissaires Généraux soutenus par le colonel Mobutu, au Katanga le pouvoir est entre les mains de Moïse TSHOMBE, au sud Kasai le pouvoir est contrôlé par Albert KALONJI, et enfin à Stanley Ville, le pouvoir est dirigé par le gouvernement GIZENGA qui revendiquait une légitimité nationale. C'est à ce titre d'ailleurs qu'il mènera des opérations contre la sécession du Katanga.

4.2 LA COALITION

La coalition est un regroupement de deux ou plusieurs individus, groupe d'individus ou partis politique qui, sur base des conjonctures politiques décident d'avoir des visions communes contre des ennemis communs. Dans un article intitulé « majorité présidentielle et gouvernance en République démocratique du Congo », MWEMBU DIBWE Ken et Alli¹⁹. Précisent que, en RDC où l'on compte plus de 550 partis politiques, une classification homogène relève quasiment de l'impossible pour la simple raison que la dimension idéologique de ces partis ne se limite très souvent qu'à leur dénomination, les leaders tout comme les membres n'ayant ni conscience ni connaissance de valeurs essentielles du courant embrassé par leur formation. Cette vérité se traduit dans le fait par la transhumance politique autant que par les alliances qui se tissent très souvent sur base des simples calculs de positionnement, faisant fi des incompatibilités idéologiques.

Ces regroupements sont en réalité, des associations ou des coalitions momentanées formées au gré de la conjoncture politique, parfois sur base d'un simple protocole d'accord. Leur vie est, par essence, des plus précaires et, il ne convient pas par conséquent, de les assujettir à un formalisme excessif et rigide au risque de les vider de leur pertinence. Faisant référence à la loi n°04/002 du 15 mars 2004, ces auteurs soutiennent que, les alliances et coalitions politiques sont considérées comme des simples mécanismes et stratégies, que comme structure ou organisation à part entière. La législation s'applique au producteur plutôt qu'aux produits du fait de la contingence dans le positionnement des partis politiques. C'est-à-dire que le législateur a voulu laisser aux partis politiques une marge de manœuvre beaucoup plus grande dans la prise d'initiatives et des choix des familles politiques auxquelles ils veulent appartenir au gré des événements. En d'autres termes, la loi n'érige pas l'alliance ou la coalition en directive politique laissant ainsi aux partis de rempiler, de mobiliser et de tout attraper si possible.

Après la tenue des élections présidentielles, législatives nationales et provinciales de 2006, 2011 et 2018 en RDC, plusieurs partis politiques se sont réunis autour de Joseph KABILA, candidat du PPRD, donna ainsi naissance à une coalition, celle-ci a abouti à une parcellisation du pouvoir politique à tous les niveaux de l'Etat entre les différentes formations qui se sont caractérisées par une gestion calamiteuse des services publics du fait que, la composition de la majorité parlementaire avait montré que toutes les tendances répondaient présentes, parce que réunissant en son sein les partis ayant des idéologies, des doctrines et même des natures différentes. A titre exemplatif, des partis fédéralistes comme l'Union Nationale des fédéralistes du Congo (UNAFEC) se coalisent aux unitaristes comme le Parti Lumumbiste Unifié (PALU) d'une part, et d'autre part, les partis à doctrine socialiste comme le Parti du Peuple pour la Reconstruction et la Démocratie (PPRD) se coalisent aux partis à doctrine libérale comme le Centre Libéral et Patriotique (CLP). Par conséquent, la fusion de plusieurs formations politiques ayant chacune, son idéologie, sa doctrine et sa nature propre, peut également être considérée comme la cause de la contreperformance des institutions politiques qui en sont l'émanation.

5 UDPS ET PPRD FACE À LA GOUVERNANCE

Face à l'UDPS et au PPRD, il y a une majorité silencieuse qui observe les comédies et théâtres qui se passent entre différentes institutions politiques dirigées par les délégués des partis politiques au pouvoir, et attend le moment opportun pour sanctionner les uns

¹⁸ Explication du professeur Isango IDI WA NZILA du 15 janvier 2020 de 10h à 12h en G1 SPA dans son cours d'histoire politique et administrative du Congo : Le 12 septembre 1960, ILEO annonça la composition de son gouvernement qui n'eut pas le temps de se présenter au parlement dont il n'aurait du reste pas pu obtenir la confiance parce que le premier ministre Lumumba avait la majorité au parlement et par conséquent il était difficile pour le nouveau premier ministre nommé d'avoir la confiance d'un parlement acquis à Lumumba

¹⁹ MWEMBU DIBWE Ken et all, majorité présidentielle et gouvernance en République démocratique du Congo, in ijias. Vol 29, n°2 Mai 2020, pp 221-235

et les autres. Cette majorité silencieuse c'est le reste de population ne faisant partie ni de l'UDPS ni du PPRD mais victimes de la mauvaise gouvernance des hommes au pouvoir. Ce que le peuple congolais attendait de cette coalition c'est la bonne gouvernance qui, selon la banque mondiale implique la responsabilisation, la bonne gestion du secteur public, l'appui à un caractère légal pour le développement, l'information et la transparence.²⁰ Dans ce même ordre d'idées Mulumbati Ngasha précise que la gouvernance en tant que système de gestion destiné à promouvoir le développement, peut être envisagé sous des dimensions aussi diverses que la dimension politique, la dimension économique, la dimension culturelle, la dimension religieuse, la dimension scientifique, etc.²¹

Cependant gouvernance observée avant, pendant et après la coalition fcc-cach dominée par l'UDPS et le PPRD pose plus de problèmes qu'elle n'en résout. Dans un système démocratique, le peuple est souverain primaire, à ce titre il désigne ses représentants à tous les niveaux et se réserve le monopole de les sanctionner en cas d'abus de leur part.

6 CONCLUSION

Dans la présente étude, «Naissance des partis politiques et comportement des militants. Regard sur l'UDPS et le PPRD», il a été démontré que les deux plates-formes qui étaient en coalition (FCC-CACH), avaient chacune, à côté de plusieurs partis politiques, un parti ultra-dominant. Il s'agit de l'udps pour le cash, et du pprd pour le fcc. Cependant ces deux partis qui étaient appelés à travailler pour le bien-être des congolais, se supportaient difficilement, se tendaient chaque fois des pièges et vivaient en chien et chat.

Face à ce constat nous nous posés une question selon laquelle, Pourquoi ces deux partis phares de la coalition FCC-CACH créaient plus de problèmes qu'ils n'en résolvaient ? Après investigation et analyse nous avons compris que, les contextes et conditions dans lesquels sont nés et évoluent les partis politiques, ont une influence sur le comportement des militants. Ces deux partis (UDPS et PPRD), bien que prônant tous la social-démocratie comme idéologie, sont, au-delà de leur divergence typologique c'est-à-dire l'un radical et l'autre conservateur, nés dans les contextes différents. L'UDPS, est née en 1982 comme parti d'opposition pour faire contrepoids au régime Mobutu, ce qui justifie d'ailleurs malgré le fait qu'ils sont déjà au pouvoir, les séquences d'opposants sont toujours présentes dans les têtes de ses militants qui, parfois comprennent mal c'est qu'est-ce un Etat de droit.

S'agissant du PPRD, né en 2002 comme parti au pouvoir et qui a dirigé le pays pendant plus d'une décennie, caractérisée par beaucoup de maux se considérait toujours à tort ou à raison comme parti présidentiel, menaçant parfois la fin de la coalition. Au regard des comportements qui les caractérisent ces partis, dus aux conditions dans lesquelles ils sont nés et ont évolué, sont plus des tigres que des agneaux, et par voie des conséquences le peuple ne pouvait espérer grand-chose de leur coalition.

REFERENCES

- [1] Constitution du 18 février 2006 de la RDC.
- [2] UDPS: <http://www.udps.net>.
- [3] Radio okapi: message d'Etienne Tshisekedi lors du 26^e anniversaire de l'UDPS.
- [4] Article 4 de la constitution du 24 juin 1967.
- [5] Opinions: appel à un dialogue au sein de la grande famille UDPS. La libre Afrique, sur la libre Afrique consulté 24 juillet 202.
- [6] BOSHAB.E, R.D.C entre les colombes et les faucons devant les partis politiques ? Kinshasa, Ed., PUC, octobre 2001.
- [7] Jean Mpisi, le Kivu pour la paix: Les actes de la conférence de Goma (janvier 2008), Le Harmattan, 2008,.
- [8] Robert Michels cité par Mulumbati NGASHA, in sociologie politique, éd. Africa, Lubumbashi, 1988.
- [9] Mulumbati Ngasha, introduction à la science politique.
- [10] Www.Radiookapi.net, marche de la base Matshipisha de l'udps du 26 mai 2020 publiée à 11h 46.
- [11] Loi n°04/002 du 15 mars 2004 portant organisation et fonctionnement des partis politiques en RDC en son article.
- [12] NGOMA BINDA, démocratie et enjeux électoraux en période post-conflit. Le SIAC comme système approprié pour la République Démocratique du Congo, Kinshasa, 2004.
- [13] Mulumbati Ngasha, op. cit p. 378.
- [14] Www.radiookapi.net.
- [15] Déclaration de Christian NKUNDA (directeur de cabinet adjoint du gouverneur KYABULA), lors d'une émission: dialogue inter congolais du 18 août 2020 à la radio okapi de 20h15 à 21h00.

²⁰ Banque Mondiale, Gouvernance and Development, Washington, D.C, 1992

²¹ Mulumbati Ngasha, sociologie politique, Lubumbashi, Ed. Africa, 1988, pp. 393-394

- [16] Jean-Claude Bruneau, « Les nouvelles provinces de la République Démocratique du Congo: construction territoriale et ethnicités », L'espace politique (en ligne), 7 | 2009-1, mis en ligne le 30 juin 2009, consulté le 28 mars 2020. URL://journals. Openedition. Org/espacepolitique/1296; DOI: 10.4000/espacepolitique. 1296, p.11.
- [17] Explication du professeur Isango IDI WA NZILA du 15 janvier 2020 de 10h à 12h en G1 SPA dans son cours d'histoire politique et administrative du Congo: Le 12 septembre 1960, ILEO annonça la composition de son gouvernement qui n'eut pas le temps de se présenter au parlement dont il n'aurait du reste pas pu obtenir la confiance parce que le premier ministre Lumumba avait la majorité au parlement et par conséquent il était difficile pour le nouveau premier ministre nommé d'avoir la confiance d'un parlement acquis à Lumumba.
- [18] MWEMBU DIBWE Ken et all, majorité présidentielle et gouvernance en République démocratique du Congo, in ijias. Vol 29, n°2 Mai 2020.
- [19] Banque Mondiale, Gouvernance and Development, Washington, D.C, 1992.
- [20] Mulumbati Ngasha, sociologie politique, Lubumbashi, Ed. Africa.

Use of solar energy to supply a load by means of a direct current motor-generator

Batassou Guilzia Jeannot¹, Mandeng Jean Jacques², Perabi Ngoffe², and Mane Mane Jeannot¹

¹Laboratory of Computer and Automatic Engineering, UFD of Engineering Sciences. ENSET, University of Douala, Cameroon

²Technology and Applied Sciences Laboratory, Training Unit for Applied Science, University of Douala, Cameroon

Copyright © 2022 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 describes a technique to produce electrical energy by a DC motor-generator set. For the realization of our project, we first optimized the photovoltaic energy by using the MPPT control by fuzzy logic, on a DC/DC converter of Boost type. This photovoltaic energy has an electrical power of 14 kW and will feed the DC motor. The DC motor will drive an alternator up to its nominal speed and will produce an electrical power of 14 kW. The simulation results obtained and presented show the feasibility and efficiency of the proposed technology.

KEYWORDS: DC motor, photovoltaic generator, fuzzy logic, alternator.

1 INTRODUCTION

The ever-increasing variation of oil prices induces relentlessly the increase of the production costs of non-renewable energy. Therefore, extensive research is being done to optimize the capacity of renewable energy sources such as solar energy. The maximum extraction of this solar energy by photovoltaic (PV) cells has already been the subject of several works. Indeed, we find in the literature many MPPT (Maximum Power Point Tracking) control techniques starting from simple techniques like MPPT controllers based on voltage and current feedback [1], [2] to more powerful controllers using algorithms to compute the maximum power point (MPP) of the photovoltaic generator (GPV), among the most used techniques there are P&O (Perturbation and Observation) and IC (Incremental Conductance) [3].

In recent years, more robust control techniques have been associated with MPPT control such as fuzzy logic to increase the efficiency of solar panels. Other controls for solar power optimization have been developed, such as measuring a fraction of short circuit current, or measuring a fraction of open circuit voltage [4], [5]. Some works have been oriented towards the DC motor-alternator architecture. In their studies, AC current was converted to DC current to power the DC motor [6]. This main source being non-stable and non-permanent, the system will experience periods of interruption. In our study, we apply a new technique to make the main source permanent and stable for the operation of our system. This study turns to a double comparative objective. First, the extraction of the maximum power from the photovoltaic (PV) cells by the so-called intelligent control which is based on fuzzy logic on the MPPT controller. Secondly, the production of electrical energy by an alternator driven by a DC motor, which is fed by DC current from the PV cells.

The rest of the paper is organized as follows. In section 2 we describe the methods and materials used, section 3 is devoted to the results, discussions and comments. The article is closed by a conclusion on this study and the perspectives of this work.

2 MATÉRIALS AND MÉTHODES

2.1 ORGANIZATION OF THE STRUCTURE

The structure of our system shown in Figure 1 is essentially made up of the photovoltaic modules, the DC-DC converter plus MPPT device and the DC Motor - Synchronous Alternator group.

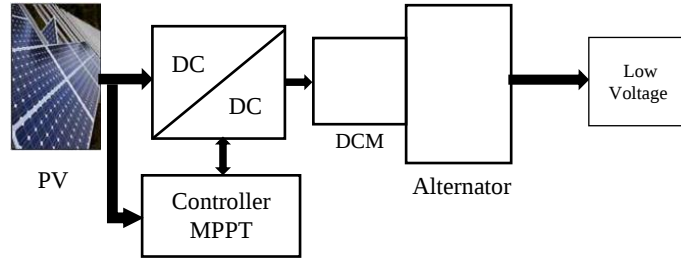


Fig. 1. PV system feeding an DC Motor coupled to an alternator

2.2 OUTPUT POWER OF A PV MODULE

Consider a photovoltaic (PV) module represented by its equivalent diagram given in Figure 2. It consists of a current source modeling the luminous flux, losses modeled by two resistances, the shunt resistance R_{sh} and the series resistance R_s . Finally, appears on this diagram, the diode for the polarization of the cell and the phenomenon of recombination of minority carriers [7], [8]. This model represents the solar cell as a current source that models the conversion of light flow into electrical energy. In recent years, it has been validated that this single-diode model can successfully fit experimental data to some extent [9], [10]. Indeed, this model offers a good compromise between simplicity and accuracy.

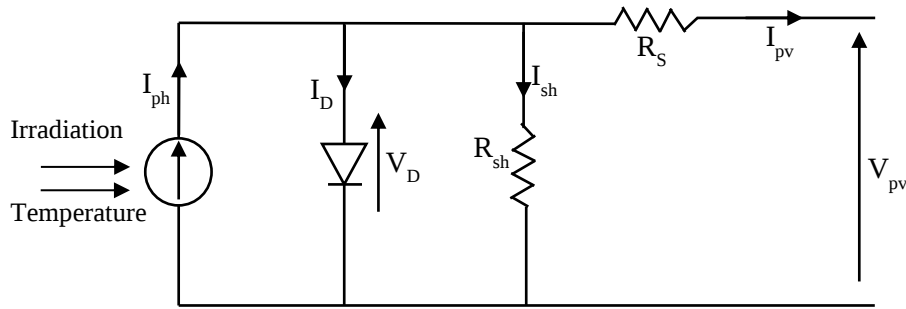


Fig. 2. Equivalent electrical diagram of the single diode model of the solar cell

The experimental conditions of temperature and irradiation are developed as follows:

$$I_{pv} + I_D + I_{sh} = I_{ph} \quad (1)$$

$$I_{pv} = I_{ph} - I_0 \left(\exp\left(\frac{q}{nKT} (V_{pv} + R_s I_{pv})\right) - 1 \right) - \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}} \quad (2)$$

To obtain the maximum power, the current I_{mp} and the voltage V_{mp} should have their maximum values, i.e.:

$$P_{\max,m} = V_{mp} \cdot I_{mp} \quad (3)$$

Using equation (2) for the maximum current value, equation (3) becomes:

$$P_{\max,m} = V_{mp} \left[I_{ph} - I_0 \left(\exp\left(\frac{q}{nKT} (V_{mp} + R_s I_{mp})\right) - 1 \right) - \frac{V_{mp} + R_s I_{mp}}{R_{sh}} \right] \quad (4)$$

Therefore, the physical behavior of the photovoltaic module is related to I_0 , R_s and R_{sh} on the one hand, and on the other hand to two other environmental parameters, namely temperature and solar irradiation.

2.3 DC/DC CONVERTER

Our study will exploit the BOOST type DC/DC converter because this converter is the most suitable for PV system. Moreover, it has a simple structure and a higher voltage gain than other converters for a given duty cycle [12]. This DC/DC converter can transform a fixed value DC voltage into an adjustable DC voltage.

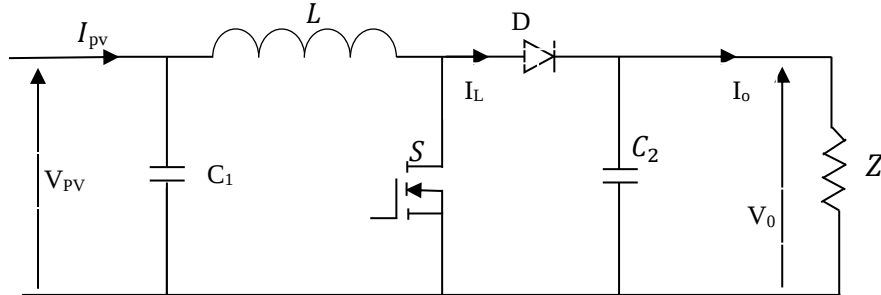


Fig. 3. Electrical diagram of the Boost chopper

This converter is governed by the following equations:

$$V_0 = \frac{1}{1-D} V_{pv} \quad (5)$$

$$I_0 = (1-d)I_L - c_2 \frac{dV_0}{dt} \quad (6)$$

Where D , V_0 and I_0 represent the duty cycle, output voltage and current of the boost converter respectively.

With this converter we will extract the maximum power and run this PV generator at its maximum power point using fuzzy logic on a MPPT (Maximum Power Point Tracking) controller. The voltage and power variation can be translated by equations (7) and (8) and verified by a fuzzy logic algorithm.

$$\Delta P_{pv} = P_{pv}(k) - P_{pv}(k-1) \quad (7)$$

$$\Delta V_{pv} = V_{pv}(k) - V_{pv}(k-1) \quad (8)$$

P_{pv} and V_{pv} are respectively the power and the voltage of the photovoltaic generator at a time k .

➤ MPPT control by fuzzy logic

With the objective of continuously producing the maximum power regardless of the weather conditions (temperature and irradiation), the converter control will place the system at the maximum operating point (Voltage at Maximum Power Point and Current at Maximum Power Point). This fuzzy logic MPPT control is composed of three steps: fuzzification, inference and defuzzification. Figure 4 presents this operating architecture.

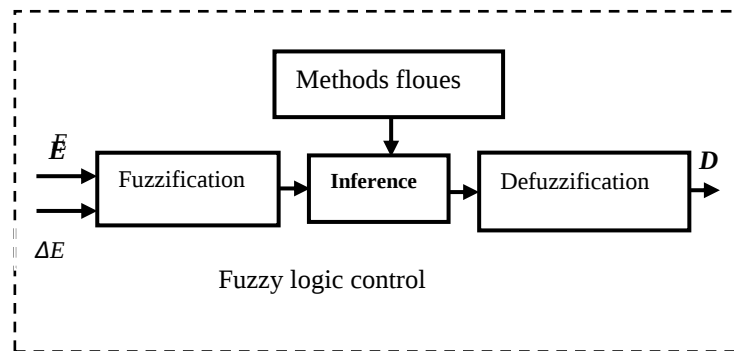


Fig. 4. Principle of fuzzy logic control [18]

Fuzzification will transform the input variables into fuzzy variables. For our study, we have two input variables namely the error $E(k)$ and the error variation $\Delta E(k)$. These variables will be denoted as Negative Large (NB), Negative Small (NS), Error Null (ZE), Positive Small (PS), Positive Large (PB) respecting the literature [13], [14]. These variations are defined by the following equations:

$$E(k) = \frac{\Delta P_{pv}}{\Delta V_{pv}} \quad (9)$$

$$\Delta E(k) = E(k) - E(k-1) \quad (10)$$

Using equations (7) and (8) we obtain:

$$E(k) = \frac{P_{pv}(k) - P_{pv}(k-1)}{V_{pv}(k) - V_{pv}(k-1)} \quad (11)$$

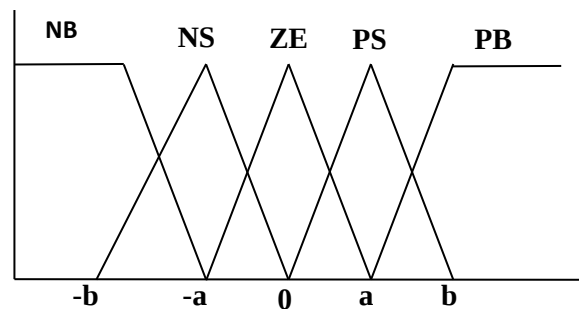


Fig. 5. Degree of membership of the variables

Inference from the literature [15], [16] will allow to define a logical relationship between inputs and outputs. Indeed, membership rules will be defined for the output as for the inputs. Thanks to these rules, table 1 of inference is drawn up

Table 1. Inference Matrix

$E/\Delta E$	NB	NS	EZ	PS	PB
NB	EZ	EZ	NB	NB	NB
NS	EZ	EZ	NS	NS	NS
EZ	NS	EZ	EZ	EZ	PS
PS	PS	PS	PS	EZ	EZ
PB	PB	PB	PB	EZ	EZ

At the end, the defuzzification will consist in carrying out the inverse operation of the fuzzification, in order to obtain a numerical value understandable by the external environment.

Finally, we obtain the following maximum power point tracking algorithm:

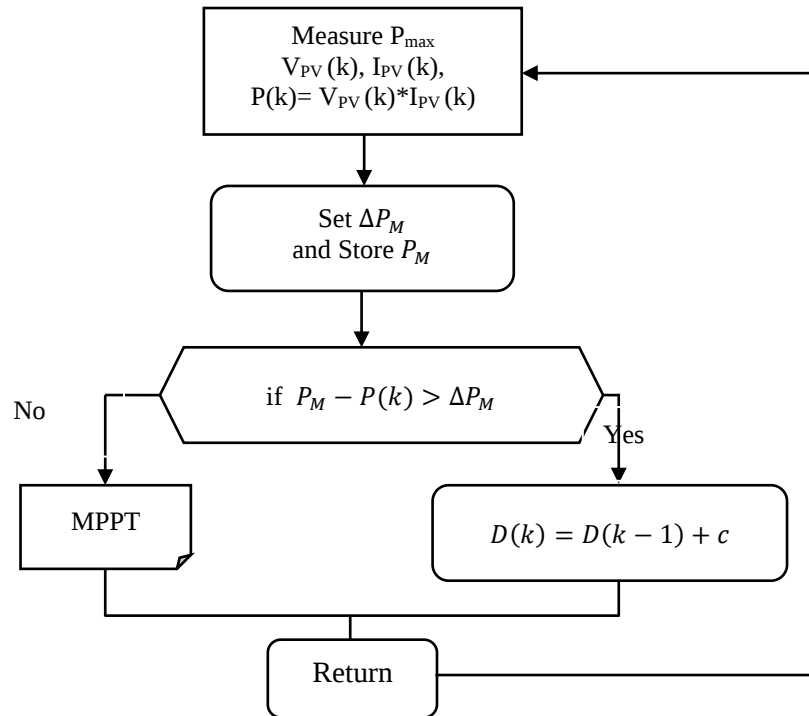


Fig. 6. Maximum power tracking algorithm

Therefore, the structure of our PV system controlled by the MPPT controller is as shown in Fig. 7.

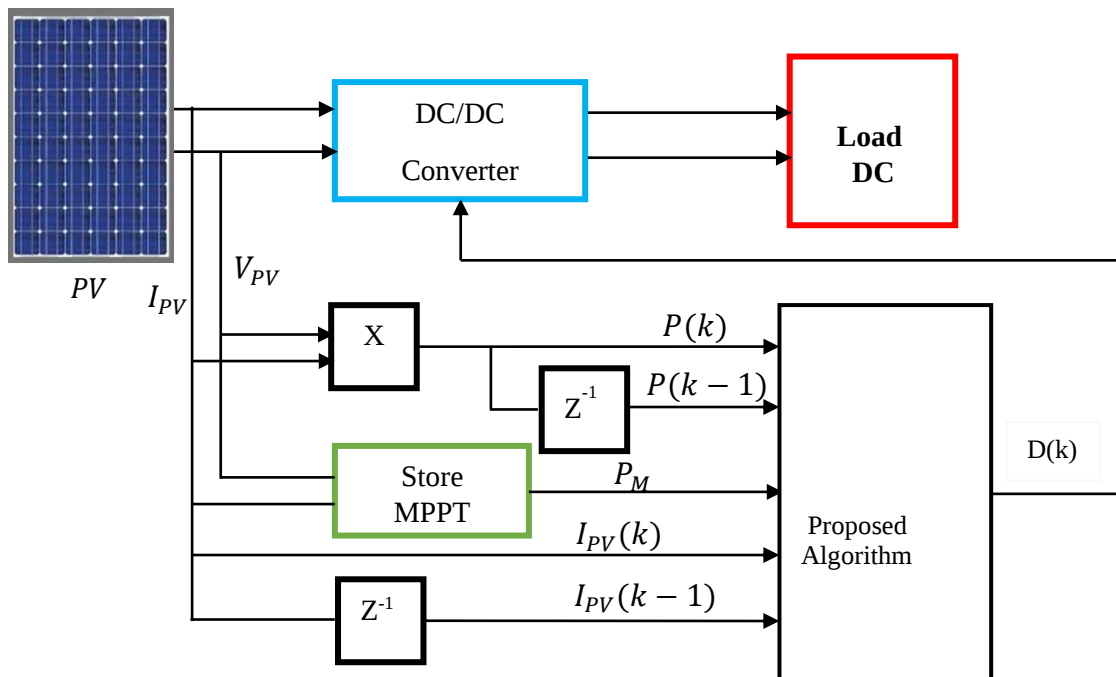


Fig. 7. Block diagram of the PV system with the MPPT controller

Each time after calculating $E(k)$ and $\Delta E(k)$, the fuzzy logic control will indicate the position that the maximum power point should take with respect to the load by respecting the degree of membership of the variables given in Table 1.

2.4 PRODUCTION OF ELECTRICAL ENERGY BY THE DIRECT CURRENT MOTOR - ALTERNATOR GROUP

2.4.1 BEHAVIOR OF THE DC MOTOR

The inductance of the DC motor creates a radial magnetic field in the air gap, directed along the radii of the armature. This magnetic field enters the armature on the side of the north pole of the inductor and leaves the armature on the side of the south pole of the inductor. When the armature is energized, a current flows through the conductors located under the same field pole (same side of the brushes) in the same direction. The conductors located under the other pole are subjected to a force of the same intensity and opposite direction and the two forces create a force couple that makes the armature rotate [17], [18].

2.4.2 ELECTRICAL EQUATIONS OF THE DC MOTOR

The electrical equations that govern the operation of our DC motor are:

$$V_{mpp} = U_a = R_a \cdot I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + \omega_r \cdot M_{fd} \cdot I_f \Rightarrow \frac{dI_a}{dt} = \frac{1}{L_a (U_a - \omega_r \cdot M_{fd} \cdot I_f - R_a \cdot I_a)} \quad (09)$$

The rotor of the machine has an electromagnetic torque, its expression is [19]:

$$C_{em} = P \cdot M_{fd} \cdot I_f \cdot I_a \quad (10)$$

The mechanical equation of the motor driving a resistive torque load is given by:

$$C_{em} - C_r = P \cdot M_{fd} \cdot I_a \quad (11)$$

$$C_{cem} - C_r = J \frac{d\Omega_r}{dt} + f \cdot \Omega_r \Rightarrow \frac{d\Omega_r}{dt} = \frac{1}{J (C_{cem} - C_r - f \cdot \Omega_r)} \quad (12)$$

In the operational domain assuming zero initial conditions, the motor equations are as follows:

$$V_{mpp}(p) = R_a \cdot I_a + pL_a(p) + E(p) \quad (13)$$

$$C_{cem}(p) - C_r(p) = J \cdot p\Omega_r(p) + f \cdot \Omega_r(p) \quad (14)$$

$$E(p) = K_m \Omega_r(p) \quad (15)$$

$$C_{cem}(p) = K_m \cdot I_a(p) \quad (16)$$

From equation (13) we can deduce the relationship between the supply voltage "Vmpp" and the back electromotive force "E(p)" which is given by

$$V_{mpp}(p) - E(p) = R_a \cdot I_a + pL_a(p) \quad (17)$$

With:

T_e : Electrical time constant;

K_m : Electromechanical coefficient;

J : Moment of inertia ($J=0.07 \text{ kgm}^2$);

f : Friction coefficient $f = 0.002 \text{ Nm/ (rad/s)}$;

C_r : Resistive torque;

K : General constant related to the rotating machine;

M : Motor torque;

R_a : Armature resistance;

L_a : Inductance.

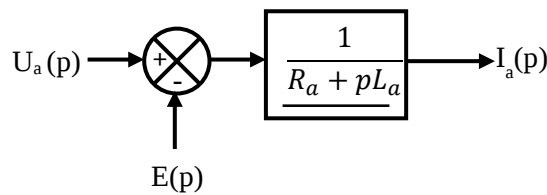


Fig. 8. Block diagram of the current loop

$U_a(p)$ corresponds to the voltage U of the PV one. From equation (16) we deduce the relationship between the armature current " $I_a(p)$ " and the electromagnetic torque " C_{cem} " (Fig. 9):

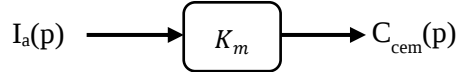


Fig. 9. Block diagram of the torque loop

From equation (14), we write equation (18) which represents the relationship between the speed of rotation " $\Omega_r(p)$ " and the useful torque " $\Omega_{cem}-\Omega_r$ " from which the diagram is given in Fig. 10.

$$C_{cem}(p) - C_r(p) = (J \cdot p + f) \cdot \Omega_r(p) \quad (18)$$

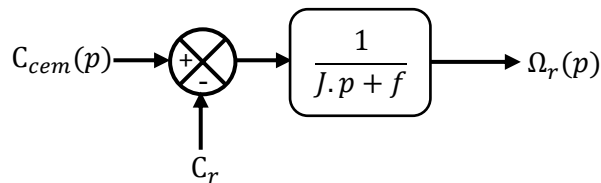


Fig. 10. Block diagram of the speed loop

The global transfer function given in equation 19 is obtained from equations (13), (14), (15), (16).

$$T(p) = \frac{\frac{K_m}{R_a \cdot f + K_m}}{(L_a \cdot J)p^2 + \left(\frac{L_a \cdot f + R_a \cdot J}{R_a \cdot f + K_m^2} \right)p + 1} = \frac{\Omega_r}{U_a} \quad (19)$$

This is the global block diagram of the DC MOTOR.

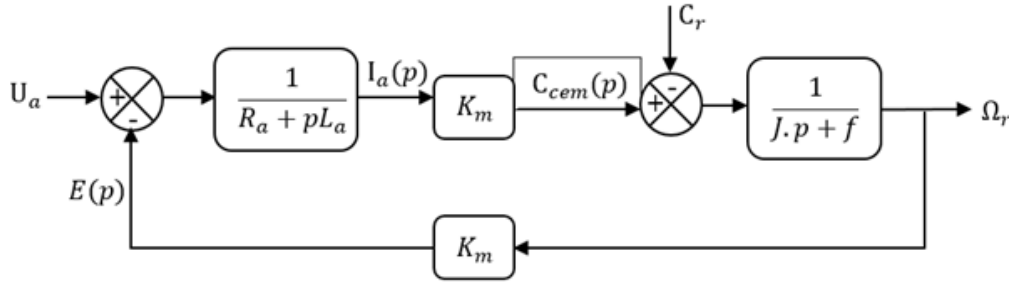


Fig. 11. Block diagram of the separately excited motor

These electrical equations allowed us to obtain the final model of the DC motor shown in Figure 11. It is from this model that we plan the simulation of the system. Here, in order to drive the alternator we need a good mechanical torque and a constant speed of the DC motor. For this, the energy produced by the PV system must be sufficient to keep the DC MOTOR running well.

This is how our DC MOTOR shunt is presented in the Simulink environment.

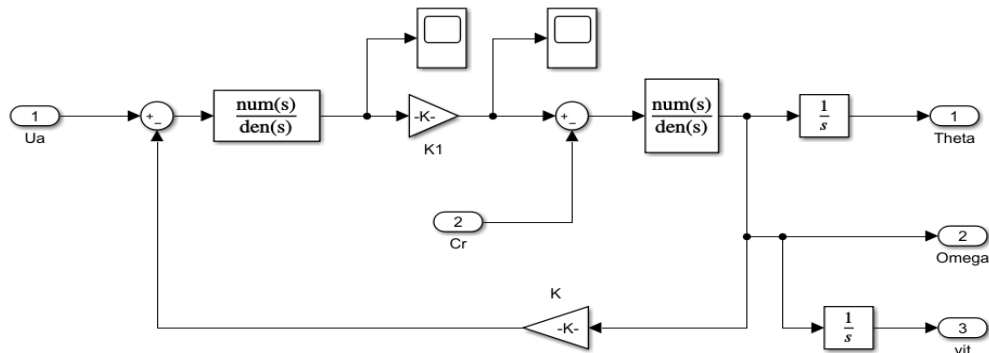


Fig. 12. Modeling of the DC motor

For this, the energy produced by the PV system must be sufficient to maintain the proper operation of the MCC.

This is how our MCC shunt looks like in the Simulink environment

2.4.3 THREE-PHASE ALTERNATOR

➤ Electromotive force

Our alternator receives mechanical power from the drive motor of the DC motor, whose expression is given by equation (10). The shunt excitation mode of the alternator is not studied in this article.

The effective value of the real electromotive force of a winding subjected to the magnetic field is given by the expression:

$$E = 2,22 \cdot K_d \cdot K_f \cdot f \cdot N \cdot \Phi \quad (20)$$

Where:

K_d : Distribution factor;

K_f : Form factor;

N : Number of conductors;

f : frequency of the network in Hertz (Hz);

Φ : magnetic flux in Weber (Wb).

$$\begin{aligned} e_1(t) &= E\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t) \\ e_2(t) &= E\sqrt{2} \cos(\omega t - 2\pi / 3) \\ e_3(t) &= E\sqrt{2} \cos(\omega t - 4\pi / 3) \end{aligned} \quad (21)$$

➤ absorbed power

The absorbed and useful powers are those involved in the alternator. The absorbed power is the one supplied by the DC motor.

$$P_a = \Omega_s T_M = 2\pi N_s T_M \quad (22)$$

Where:

Ω_s : Rotational pulse in rad/s.

N_s : Speed in rpm.

T_M : Useful torque on the shaft in N.m.

As the alternator is not self-excited, the electrical energy absorbed by the excitation (rotor) must still be taken into account and this absorbed power becomes:

$$P_a = \Omega_s T_M + U_e I_e = 2\pi N_s T_M + U_e I_e \quad (23)$$

With:

I_e : excitation current;

U_e : excitation voltage.

The alternator provides useful electrical power P_u which depends on the load which is connected (influence of $\cos \phi$). In the case of the three-phase alternator, we have:

$$P_u = \sqrt{3}UI \cos \phi \quad (24)$$

With U , I and $\cos \phi$ respectively the line voltage, the current and the power factor delivered by the alternator.

2.4.4 CONTROL SYSTEM REGULATES THE POWER

The alternator is going to produce electrical energy in alternative form in three phase with neutral. The loads being resistive and inductive, we will regulate the active and reactive power of our system by a proportional-integral (PI) corrector.

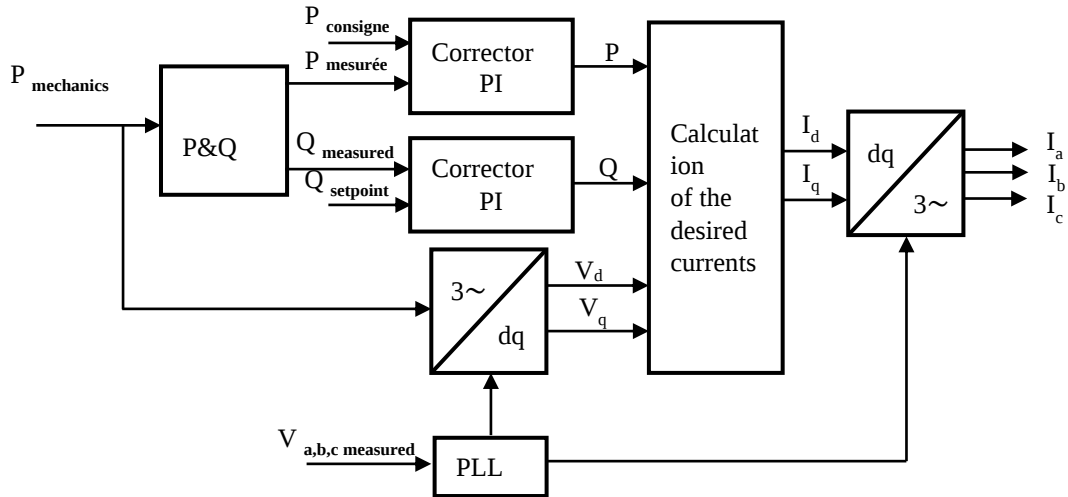


Fig. 13. Schematic diagram of the P/Q injection [20]

The current references are then calculated in the Park reference frame by the formula:

$$\begin{cases} I_d = \frac{2(PV_d + QV_q)}{3(V_d^2 + V_q^2)} \\ I_q = \frac{2(PV_q - QV_d)}{3(V_d^2 + V_q^2)} \end{cases} \quad (25)$$

Where P and Q are the reference powers of the generating system.

V_d and V_q are the direct and quadrature components of the voltage, measured at the operating point, in the Park reference frame.

Two PI correctors are in charge of regulating the active and reactive powers at their set value [25]. Therefore, there are two loops: the active power control loop and the reactive power control loop. First, we present the sizing study of the active power loop.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Simulations were performed on the Simulink environment of Matlab, on the PV system, the MCC and the alternator. In this phase, we did not study the operation of the string protection devices, nor the limits of the battery discharge, nor the high inrush current of the MCC. Also, the excitation mode of the MCC and the alternator has not been addressed.

3.1 DC MOTOR WITHOUT RESISTIVE TORQUE

The DC motor is driven by the photovoltaic source, the model of the DC motor has been given above. Figure 12 shows the variation of current, torque and speed of the DC motor.

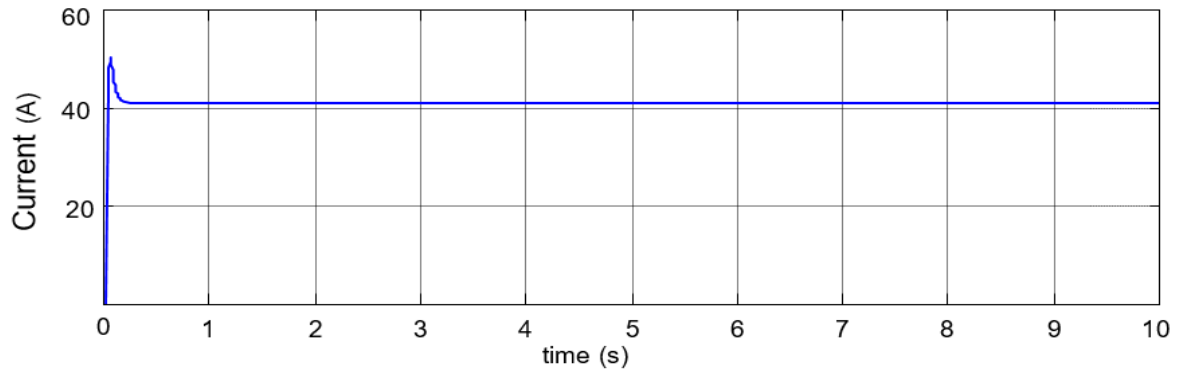


Fig. 14. Evaluation of the magnitude of the armature current of the (DC MOTOR)

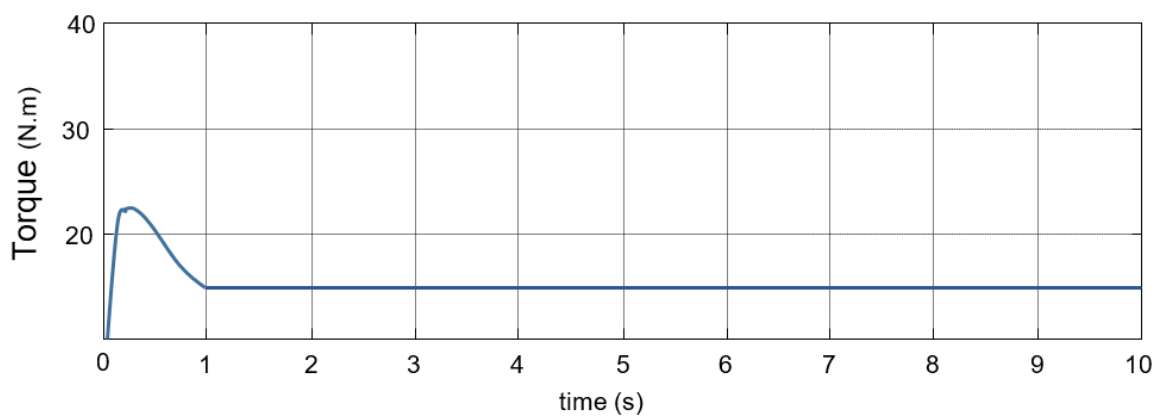


Fig. 15. Evaluation of the magnitude of the electromagnetic torque of the DC MOTOR

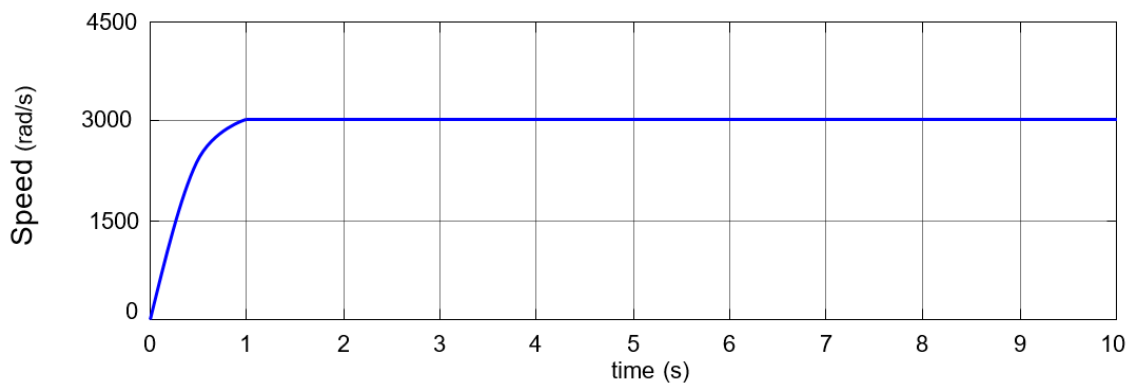


Fig. 16. Evaluation of the magnitude of the speed of DC MOTOR

Here we see that at 0.7s the current, electromagnetic torque and speed stabilize and remain constant at the value of steady state operation. This makes the protection elements provide more effort only in 0.07s.

3.2 VALUE IN TRANSIENT AND STEADY STATE

From the graphs obtained we take the maximum values presented in the following table 2:

Table 2. Parameter of the DC motor

Transient value		Value in steady state	
U_a	220 V	U_a	240 V
I_a	49 A	I_a	41 A
C_{em}	22 N.m	C_{em}	15 N.m
		ω_r	3000 rad/s

At this point, our study does not address the limitations of battery discharge or the high inrush current of the DC MOTOR. Moreover, we assume that the system is equipped with all its devices.

3.3 DC MOTOR WITH RESISTIVE TORQUE

We apply a resistive torque $C_r = 10$ N.m at time $T = 3$ s to illustrate its influence on the speed, (Figure 17)

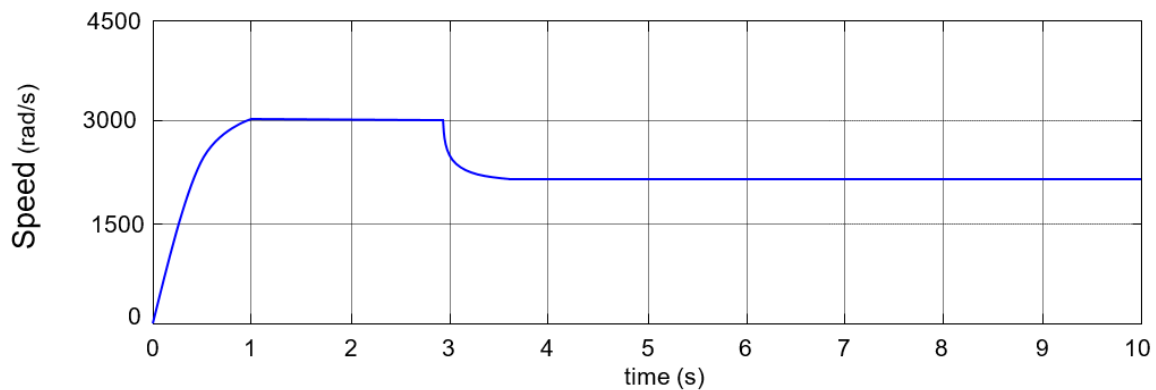


Fig. 17. Speed of the DC MOTOR with application of resistive torque

The output speed of the motor is applied to a resistive torque $C_r = 10$ N.m at the time $T = 3$ s, we notice that the speed drops, which will change the operation of the DC MOTOR. This is why a speed controller (PI) was used to bring the speed of the DC MOTOR back to its reference speed regardless of the load applied.

3.4 DC MOTOR SPEED CONTROL

We are going to regulate the speed of the DC motor so that it remains at its reference value.

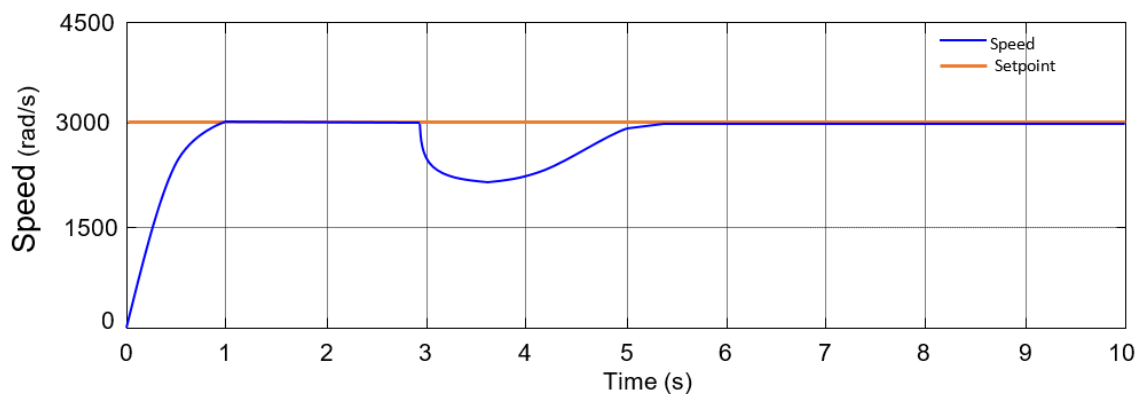


Fig. 18. Response of the speed with regulation

After a growth phase during the start-up period, the engine output speed stagnates from 0.7 seconds before decreasing at time $t = 3$ seconds to 115 radians per second. Thereafter, the speed of the MCC driving the alternator is constant. Thus, in anticipation of variations in the energy demand produced by the alternator, a speed controller (PI) is inserted to bring the speed of the MCC back to its reference speed regardless of the load applied.

Figure 18 shows the speed response with this control. It can be seen that the speed dropped after the torque was applied and then it returns to the reference speed. We conclude that the PI controller (proportional integral) plays a very important role on the system to be controlled (alternator) and also improves the performance of our machine (precision and stability).

3.5 SIMULATION OF THE PV SYSTEM

After simulating the independently excited DC machine and seeing its characteristics, we will connect it directly to the system. In order to have the necessary supply voltage and to satisfy the characteristics of the DC machine, the whole PV system has been simulated with a BOOST chopper. Figure 19 shows the whole PV system.

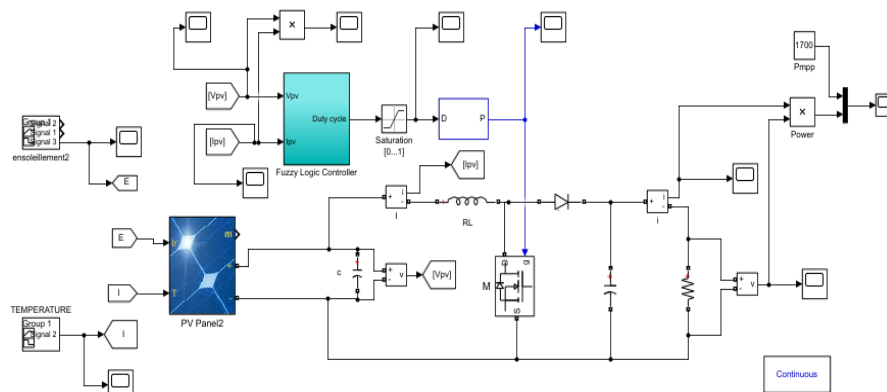


Fig. 19. Photovoltaic system

The (Figures 20, 21 and 22) represent the PV generator current and the DC-DC converter voltage and power output.

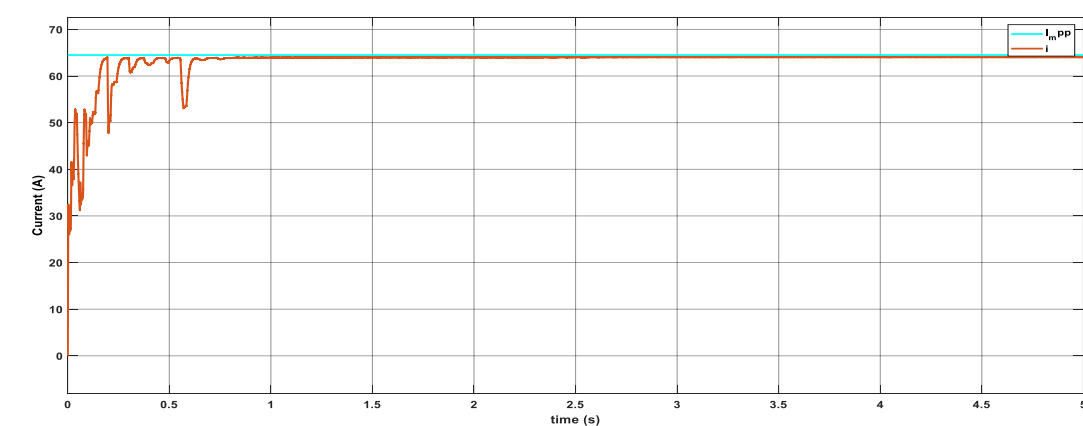


Fig. 20. Output current of the photovoltaic generator

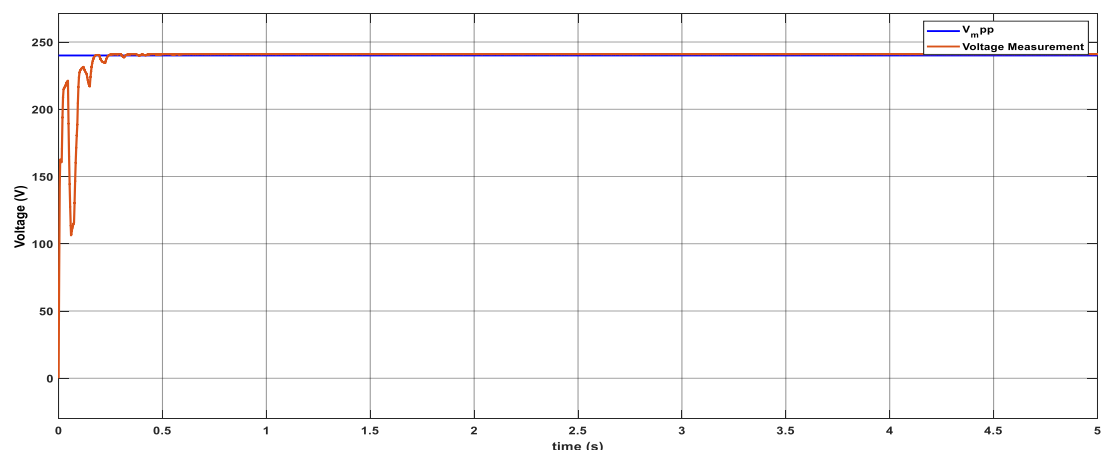


Fig. 21. Output voltage of the DC-DC converter

Figure 22 shows the evolution of the voltage generated by the PV panel at the output of the DC/DC converter for an illuminance of 1000W/m^2 and a temperature $T=25^\circ\text{C}$.

As a general remark for the voltage, although we started the simulation with zero initial conditions, the MPPT control by fuzzy logic allowed us to find the nominal operating point of our load corresponding to the maximum power point of the panel.

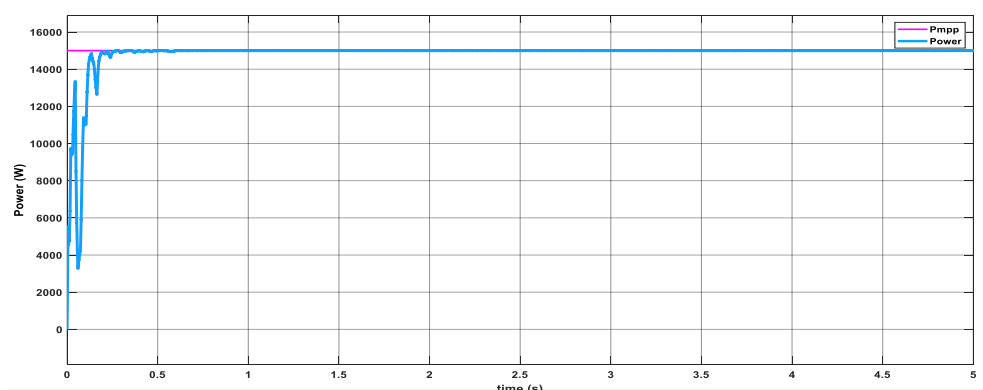


Fig. 22. DC-DC converter output power

Figure 22 shows the evolution of the voltage generated by the PV panel at the output of the DC/DC converter for an illuminance of 1000 W/m^2 and a temperature $T = 40^\circ\text{C}$.

➤ Interpretation of the results

The boost chopper provides a higher voltage at its output than the one provided by the photovoltaic generator. This allows us to power the DC motor and also to charge the batteries while keeping the same power, with a small decrease due to losses in the components. Here, the objective is to produce photovoltaic electric energy with a power of 14 kW. This power represents the maximum power. These results are satisfactory for the proper functioning of our system.

3.6 THE ENERGY PRODUCED BY THE ALTERNATOR

The synchronous alternator will produce electrical energy in three phases with neutral. Here the DC MOTOR is powered by a photovoltaic source.

Figure 23 shows the mechanical torque transmitted to the alternator by the DC motor, the current delivered by the alternator, the speed of rotation, the power and the electromagnetic torque of the alternator. From this curve, we can see that when the mechanical torque (the torque transmitted to the alternator) decreases, the current, the power produced and the electromagnetic torque of the alternator decrease abruptly and remain at a certain value while the speed decreases gradually.

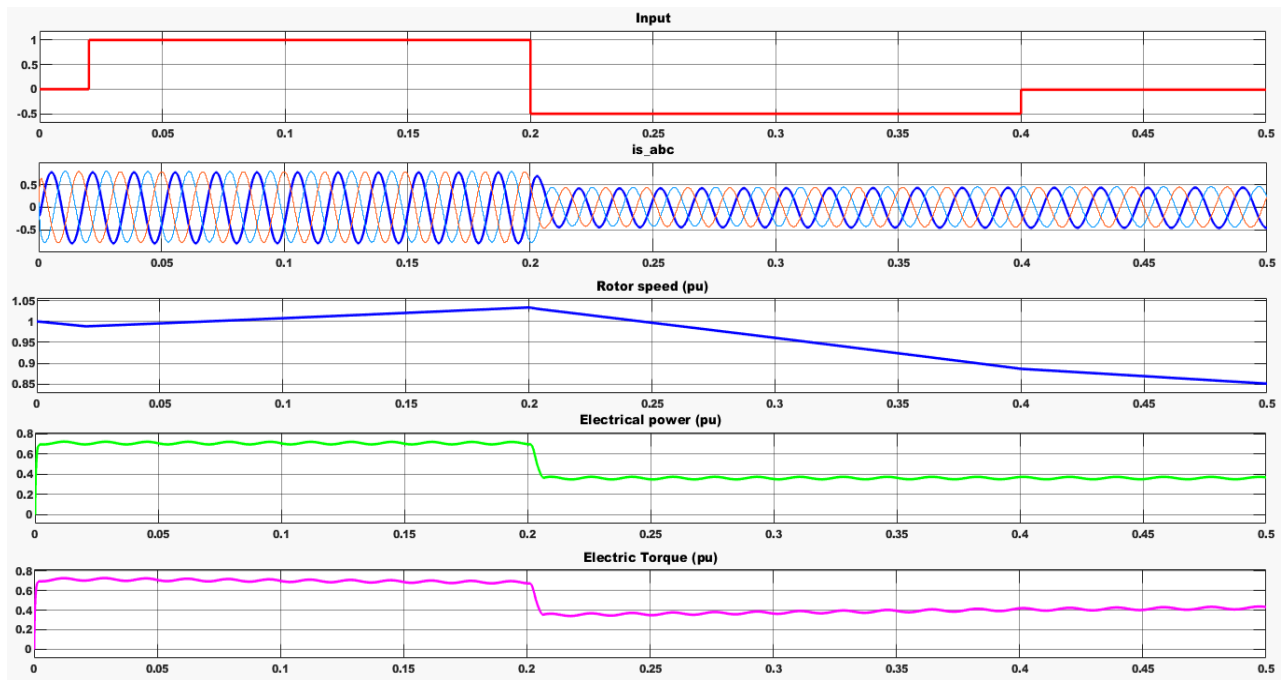


Fig. 23. Curve describing the characteristics of the alternator

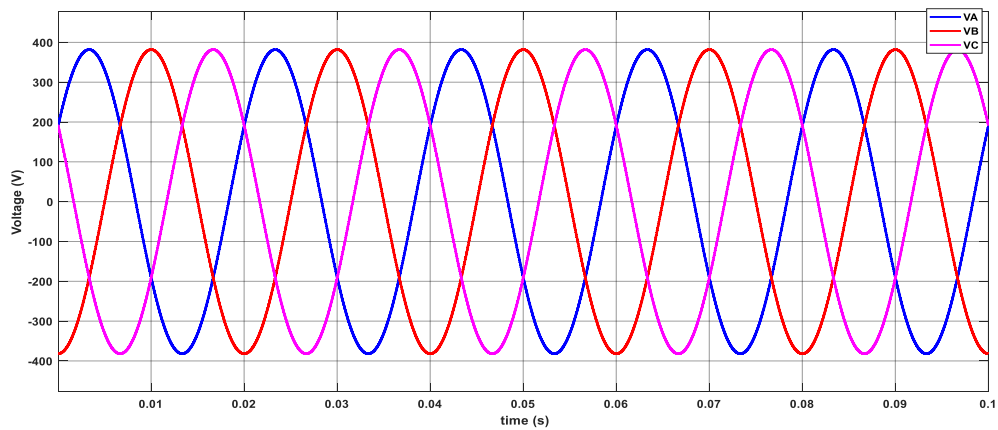


Fig. 24. Voltage curve of distributed generation without Regulation

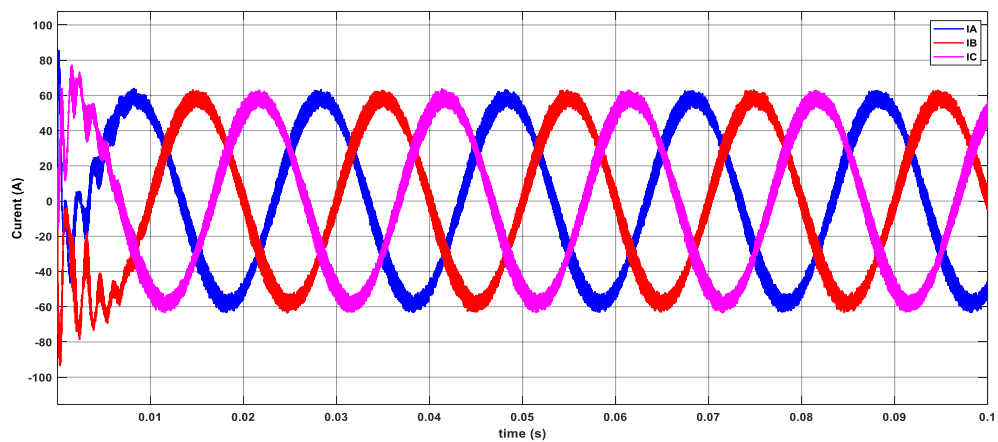


Fig. 25. Current curve of distributed generation without regulation

To make better use of this energy, we need to introduce a corrector and a regulation system to filter the energy at the output of the alternator.

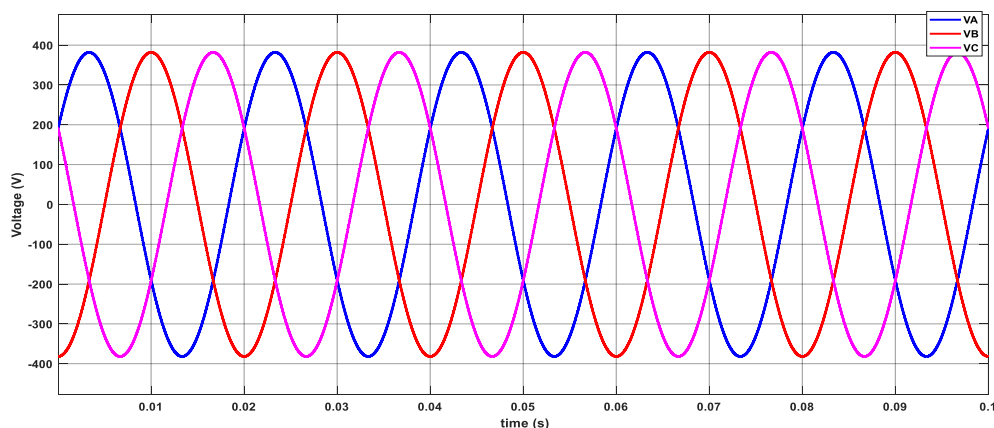


Fig. 26. Voltage curve of distributed generation with regulation

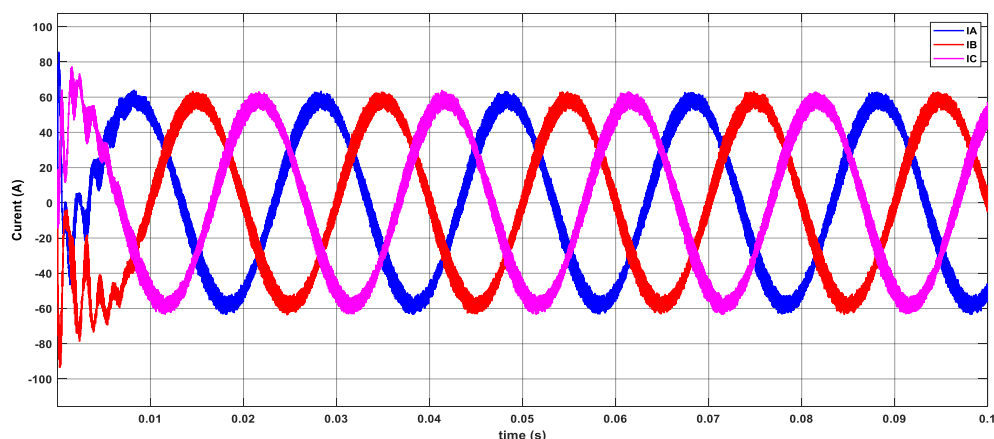


Fig. 27. Current curve of distributed generation with regulation

Thanks to the regulations, we obtain a more stable current and voltage from 0.005s. Indeed, the critical voltages of the previous simulations are avoided. Our DC MOTOR- generator system delivers an AC current of 63.5 A with an AC voltage of 380 V.

This energy produced by the DC MOTOR-generator is intended to supply a small town of 2,000 inhabitants. From the operating point of view, the load being considerable, when the PV system is connected directly to the load, it will require an equally important current. This will increase the number of photovoltaic panels and the storage batteries, so the production cost will be very high. On the other hand, our DC MOTOR-alternator only needs the power necessary to run the DC motor at its permanent speed in order to drive the alternator, which will produce an alternative power of 30 kW. With this energy, we will be able to supply this small city.

In our case, the rate of harmonic distortion of the voltage varies between [0.03 0.176] %, these values are smaller than the values of the rate of harmonic distortion of permissible voltages which is 5%. The frequency of the alternator is in an admissible range: $49.\text{Hz} \leq f_{alt} \leq 50.2\text{Hz}$. All these results are satisfactory and confirm the good functioning of our system necessary that the energy produced by the photovoltaic system can feed the DC motor well.

4 CONCLUSIONS

This paper is devoted to the optimization of renewable energy production sources. The objectives of this paper were first the extraction of the maximum power from the photovoltaic (PV) cells by the so-called intelligent control which is based on

fuzzy logic on the MPPT controller. Secondly, the production of electrical energy by an alternator driven by a DC motor, which is fed by DC current from the PV cells. Thus, the voltage, current and power signals from the PV cells vary during the period from 0 to 0.25 seconds with peaks of various amplitudes depending on the amount of electricity. From 0.25 seconds, these quantities are constant and maximum with a relative increase of 60%. These quantities were then exploited as parameters of the drive motor of the three-phase alternator. The voltages produced by the alternator are symmetrical with a low harmonic distortion rate of 0.76%. During our work, some aspects attracted our attention: the discharge of the batteries during the start-up of the MCC and its excitation mode, the integration of the excitation mode of the alternator in a wider regulation. All these aspects which have not been addressed are perspectives for future work.

REFERENCES

- [1] A.P.K. Yadav, S. Thirumaliah and G. Haritha, 'Comparison of MPPT Algorithms for DC-DC Converters Based PV Systems', *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 1, N°1, 2012.
- [2] Ö. Çelik et A. Teke, « A Hybrid MPPT method for grid connected photovoltaic systems under rapidly changing atmospheric conditions », *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 152, p. 194-210, nov. 2017, doi: 10.1016/j.epsr.2017.07.011.
- [3] S. Farajdadian et S. M. H. Hosseini, « Optimization of fuzzy-based MPPT controller via metaheuristic techniques for stand-alone PV systems », *Int. J. Hydrog. Energy*, vol. 44, no 47, p. 25457-25472, oct. 2019.
- [4] T. Noguchi, S. Togashi, R. Nakamoto, « Short-current pulse-based maximum-power-point tracking method for multiple photovoltaic-and-converter module system », *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 49, no 1, p. 217-223, feb. 2002.
- [5] Huang, C., Wang, L., Yeung, R.S.-C., Zhang, Z.J., Chung, H.S.-H. and Bensoussan, A. (2018) A Prediction Model-Guided Jaya Algorithm for the PV System Maximum Power Point Tracking. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 9, 45-55. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2017.2714705>.
- [6] A. de O. Ferreira, A. U. Brito, M. A. B. Galhardo, L. Ferreira, et W. N. Macêdo, « Modeling, control and simulation of a small photovoltaic-wind water pumping system without battery bank », *Comput. Electr. Eng.*, vol. 84, p. 106619, juin 2020, doi: 10.1016/j.compeleceng.2020.106619.
- [7] U. Yilmaz, A. Kircay, et S. Borekci, « PV system fuzzy logic MPPT method and PI control as a charge controller », *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, p. 994-1001, janv. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.08.048.
- [8] F. Slama, « Amélioration de l'intégration des énergies renouvelables au réseau électrique (smart grid) », Thèse, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/3851>.
- [9] Y. S. Lim, J. Wong, M. S. S. Liew, et L. Y. A. Khaw, « Proportional integrator (PI) and fuzzy controlled energy storage for zero-power flow between grid and local network with photovoltaic system », *Sustain. Energy Technol. Assess.*, vol. 37, p. 100629, févr. 2020, doi: 10.1016/j.seta.2020.100629.
- [10] Lim, L.H.I., Ye, Z., Ye, J., Yang, D.Z. and Du, H. (2015) A Linear Method to Extract Diode Model Parameters of Solar Panels from a Single I-V Curve. *Renewable Energy*, 76, 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.018>.
- [11] B. G. Jeannot, M. J. Jacques, et M. M. Jeannot, « Reliability of the MPPT Control on the Energy Parameters of a Photovoltaic Generator », *World J. Eng. Technol.*, vol. 8, no 3, Art. no 3, juill. 2020, doi: 10.4236/wjet.2020.83038.
- [12] J.-K. Shiao, Y.-C. Wei, et B.-C. Chen, « A Study on the Fuzzy-Logic-Based Solar Power MPPT Algorithms Using Different Fuzzy Input Variables », *Algorithms*, vol. 8, no 2, Art. no 2, juin 2015, doi: 10.3390/a8020100.
- [13] Afshan Ilyas, M. Rizwan Khan, Mohammad Ayyub, « FPGA based real-time implementation of fuzzy logic controller for maximum power point tracking of solar photovoltaic system » *Optik - International Journal for Light and Electron Optics* 213 (2020) 164668.
- [14] N. Patcharaprakiti, S. Premrudeepreechacharn, et Y. Sriuthaisiriwong, « Maximum power point tracking using adaptive fuzzy logic control for grid-connected photovoltaic system », *Renew. Energy*, vol. 30, no 11, p. 1771-1788, 2005.
- [15] S. Farajdadian et S. M. H. Hosseini, « Optimization of fuzzy-based MPPT controller via metaheuristic techniques for stand-alone PV systems », *Int. J. Hydrog. Energy*, vol. 44, no 47, p. 25457-25472, oct. 2019.
- [16] B. Mbarki, F. Farhani, et A. Zaafouri, « Comparative study of some Maximum Power Point Tracking algorithms », in 2019 International Conference on Signal, Control and Communication (SCC), déc. 2019, p. 145-149, doi: 10.1109/SCC47175.2019.9116145.
- [17] K. Lahouar et A. Silini, « Etude Comparative de la Commande PID classique et la Commande d'ordre fractionnaire : Application à un Moteur à Courant Continu », Thesis, Univ M'sila, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/21572>.
- [18] B. Dich et N. Cherigui, « Etude d'une commande d'un moteur à courant continu », Thesis, Mme.S.BOURI, 2020. [En ligne]. Disponible sur: http://thesis.essa-tlemcen.dz:8080/xmlui/handle/STDB_UNAM/77.
- [19] S. Messalti, « Analyse de la stabilité transitoire des réseaux de transport a courant continu en haute tension (HVDC-FACTS) », Thesis, 2018. [En ligne]. Disponible sur: <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/2253>.
- [20] I. Zoric, M. Zabaleta, M. Jones, et E. Levi, « Techniques for power sharing between winding sets of multiple three-phase machines », in 2017 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD), avr. 2017, p. 208-215. doi: 10.1109/WEMDCD.2017.7947748.

Impact de jobs description d'un centre informatique dans les entreprises de la Ville de Lubumbashi: Cas de MMG à Lubumbashi

[Impact of jobs description of a computer center in the companies of the City of Lubumbashi: Case of MMG in Lubumbashi]

Mulenda Kingwezya Jacques

Département d'informatique de gestion et sciences commerciales et administratives, ISP-Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The purpose of this study is to determine the impact of job description of a computer center in a company. The impact of a job description in the computer centers of companies in the City of Lubumbashi can be seen in respect of the fields of action of the agents, which we even observed at the MMG Company which was our research entity. We know very well that a computer center has the role of ensuring the coherent development of IT resources, networks, telecommunications and ensuring the availability of hardware and software resources. The job description determines the fields of action of any person working in an entity, and this job description has an impact in the IT department it has a positive impact and a negative impact therefore we have been able to cite some positive and negative examples in our work, and an IT department is composed of several people who are managed by a responsible director, each person in this department has a field of action to respect in its scope of this IT department.

KEYWORDS: algorithms, project, computers, telecommunications, software.

RESUME: Le but de cette étude est de déterminer l'impact de job description d'un centre informatique dans une entreprise. L'impact d'un jobs description dans les centres informatiques des entreprises de la Ville de Lubumbashi se remarque au niveau du respect des champs d'action des agents ce que nous avons même constaté à la société MMG qui était notre entité de recherche. Nous savons très bien qu'un centre informatique a le rôle d'assurer le développement cohérent des moyens informatiques, réseaux, télécommunications et de veiller à la disponibilité des ressources matérielles et logicielles. Le job description détermine les champs d'action de toute personne exerçant dans une entité, et ce job description a un impact dans le département informatique elle a un impact positif et un impact négatif de ce fait nous avons pu citer quelques exemples positifs et négatifs dans notre travail, et un département informatique est composé de plusieurs personnes qui sont gérées par un directeur responsable, chaque personne se trouvant dans ce département a un champs d'action à respecter dans son champs d'application de ce département informatique.

MOTS-CLEFS: algorithmique, projet, ordinateurs, télécommunication, Logiciel.

1 INTRODUCTION

Dès nos jours la technologie de l'information et de la communication a évolué et a pris une place énorme dans les entreprises. Actuellement cette technologie est devenue beaucoup plus indispensable c'est-à-dire beaucoup plus utilisée dans le monde et au bon fonctionnement, à la survie de toutes les entreprises actuelles. Au fil des années on est passé d'un simple service informatique à un département informatique et puis après d'un centre informatique sous forme d'une direction

rattachée directement à la direction générale de l'entreprise, cette dernière doit être bien équipée et bien maintenue avec les techniciens chargés de la maintenance et des différents outils et équipements informatique que renferme cette dernière et ce département regorge plusieurs personnels en qualité informatique; de ce fait notre travail est focalisé sur « ***l'impact de jobs description d'un centre informatique dans les entreprises de la ville de Lubumbashi*** » nous avons pris comme cas pratique **MINERALS AND METALS GROUP en sigle MMG** de Lubumbashi.

2 PROBLÉMATIQUE

Il est essentiel pour l'employeur d'avoir des descriptions de travail pour tous les postes offerts dans son entreprise. Et un centre informatique est créé pour abriter le personnel informatique et centraliser le système informatique de l'entreprise.

Notre travail s'organise autour d'une problématique très précise, c'est- à -dire des interrogations internes au sujet qui peuvent élever des suggestions, des points à clarifier et à développer, en essayant de donner pour ce sujet des réponses à la préoccupation suivante:

Quel est l'impact de jobs description d'un centre informatique dans les entreprises de la ville de Lubumbashi, Cas de MMG à Lubumbashi ?

3 MÉTHODOLOGIE

Pour aborder un thème, quel que soit son domaine, sa grandeur ou son importance, il est nécessaire et important de tracer une ligne de conduite qui guiderait le thème jusqu'à son point final. D'où pour notre thème, nous avons eu à utiliser une méthode et une technique.

Pour ce qui concerne la méthode, nous avons opté pour la méthode d'observation, qui nous a permis décrire les matériels informatiques qui dispose l'entreprise et la méthode d'analyse pour analyser les différentes informations sur l'entreprise pouvant répondre à notre problématique.

Pour ce qui concerne la technique, nous avons opté pour la technique de recherche documentaire, car c'est grâce à cette dernière que nous avons pu consulter un certain nombre des documents, notamment des ouvrages, des articles, des travaux de fins de cycle, des sites internet, dans le but de constituer une base documentaire pour la bonne élaboration de notre travail.

4 PRESENTATION DE MMG (MINERALS AND METALS GROUP)

La société M.M.G KINSEVERE est un établissement de type S.A.R.L et fait partie de la multinationale Minerals and Metals Group qui possède plusieurs sites d'exploitation dans le monde. Parmi ces sites nous pouvons citer M.M.G CENTURY, M.M.G GOLDEN, M.M.G ROSEBERY qui produisent toutes des concentrés de Cuivre, de Zinc et de Plomb. Par contre M.M.G SEPON produit des cathodes de Cuivre.

Le site de KINSEVERE comprend trois gisements partant du Nord au Sud, qui sont respectivement nommés TSHIFUFIA MASHI, TSHIFUFIA CENTRAL et KINSEVERE HILL.

Historiquement parlant, le gisement de KINSEVERE était sous la possession de la Gécamines et cela vers les années 1990. C'est également au cours de cette époque que la Gécamines a effectué les études préliminaires et des travaux de forage sur les trois carrières citées ci-haut. Les périmètres de TSHIFUFIA CENTRAL et TSHIFUFIA MASHI étaient le sujet d'un partenariat entre la Gécamines et EXACO S.P.R.L une compagnie congolaise locale, intéressée principalement à l'exploitation des ressources minérales à haute teneur d'oxydes de cobalt en surface. Ce partenariat a été limité aux ressources minérales de cobalt à moins de 30 de surface; un total de 67 trous a été foré dans les deux carrières par EXACO. Ce forage a été planifié pour examiner la distribution et la catégorie de la minéralisation d'oxydes de cobalt. Le projet de KINSEVERE est le plus important investissement D'ANVIL MINING actuellement connu sous la dénomination de MINERALS AND METALS GROUP, en sigle «MMG», en République Démocratique du Congo; la première phase du projet a consisté à la réalisation d'une usine de séparation en milieu dense (H.M.S: Heavy Media Séparation) et elle inclut une opération de mine à ciel ouvert, la seconde phase du projet constitue la réalisation d'une usine d'extraction par solvant et par électrolyse (SX-EW: Solvant Extraction Electrowinning) d'une capacité de 60.000 de tonnes de cuivre par an. Le premier cuivre cathodique était produit le 04/05/2011.I.3

SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le gisement de KINSEVERE est situé dans le carré minier de Lubumbashi à environ 30 kilomètre de la ville de Lubumbashi, entre les longitudes 27°32', 27°36' Est et les latitudes 11°19', 11°24' Sud. Il est localisé à 27 Km au Nord –Ouest de l'aéroport de Lubumbashi à 1Kilomètre au sud de la carrière de Lwiswishi. Le secteur est situé entre 27°30' de longitude Est et 11°15' de latitude Sud. Pour ce qui est de la localisation sur la carte géographique du site Kinsevere, nous vous présentons ci –après la carte suivante:



Fig. 1. Situation géographique du site KINSEVERE

Et les 3 gisements que compte MMG KINSEVERE sont représentés ci-après :

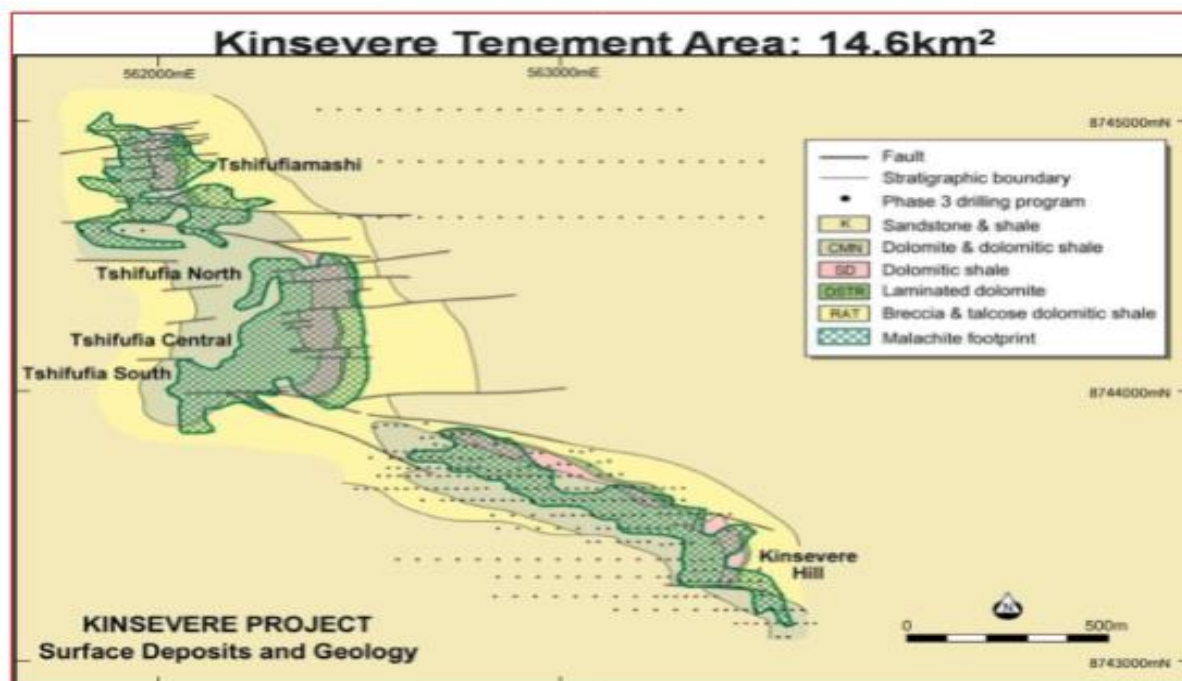


Fig. 2. Gisements TSHIFUFIA Mashi, TSHIFUFIA Central & KINSEVERE Hill

Voici la vue aérienne du site :



Fig. 3. Vue aérienne du site de KINSEVERE

5 JOBS DESCRIPTION

Un job description est la manière dont est limité le champ d'action de toute personne engagée dans l'entreprise, un job description est un élément inclus dans une organisation formant un centre informatique (C. I) en sigle et il n'est pas possible de parler ou d'aborder d'une gestion sans aborder la question conséquente de ressources humaines, et un centre informatique est généralement composé de:

DIRECTEUR CHARGE DE L'INFORMATIQUE

Un centre informatique est administré par un responsable il définit même les objectifs en fonction de la stratégie générale de l'entreprise et de son plan informatique, il est chargé entre autres de:

- Fixer l'organisation générale du centre informatique et le plan de la carrière du personnel
- Réaliser le chemin directeur informatique dans la durée prévue
- Coordonner les activités de ses collaborateurs

PERSONNEL ETUDE ET DEVELOPPEMENT

Celui-ci a la responsabilité d'analyser le besoin, les conceptions et la réalisation ou l'acquisition des applications informatiques de l'entreprise, il dirige toute l'équipe du développement et assume la responsabilité.

Qualité demandée :

- Connaissance parfaite de méthodologie de conception des outils des développements
- Connaissance de logiciel de base, considérer comme système d'exploitation - Sens de contact et responsabilité

CHEF D'UN PROJET

Il est chargé de superviser les travaux d'études d'analyses et de conceptions des applications, il doit établir un planning détaillé depuis la conception jusqu'à la mise en production CAD l'exploitation quotidienne de l'application, il valide avec son

équipe d'analystes et des programmeurs les méthodes à utiliser et les outils permettant des développés les projets afin de respecter les critères et les besoins demandes par l'utilisateur afin d'augmenter la productivité

Qualité demandée :

- Alors connaissance parfaite des environnements de développement - Connaissance en génie logicielle
- Connaissance dans la conduite de projet informatique

ANALYSTE PROGRAMMEUR

Il fait l'étude et l'analyse de façon détaillée dans la conception des applications, il rencontre fréquemment les utilisateurs et prépare les dossiers des programmations puis il passe aux codages et aux tests des différents modules, une fois approuvé il élabore un manuel utilisateur et le transmet à dernier pour l'exploitation

Qualité demandée :

- Connaissance parfaite de méthodologie d'analyse et de conception
- Connaissance des outils et langage de programmation
- Esprit logique et d'algorithmique

SERVICE D'EXPLOITATION

Ce département est responsable du bon fonctionnement du système informatique et de la qualité du service rendu

Qualité demandée :

- Sens de responsabilité
- Connaissance du matériel d'exploitation
- Connaissance en science d'initiative

INGENIEUR SYSTEME RESEAU

Il s'occupe du système informatique en particulier en ce qui concerne:

- Le os du serveur central
- L'administration de base de données
- Détermination caractéristique de serveurs

Qualité demandée :

- Préparation des affaires d'offre selon le poste description
- Il convient de savoir que cet ingénieur doit avoir une formation suffisante (maitrise ou ingénierie) en informatique et ses qualités exigées doivent être remarquable entre autre les connaissances approfondies en OS et de SGBD le plus utilise, un esprit et méthodique une attitude de collaboration avec les autres

INGENIEUR RESEAU

Il a pour tâche d'administrer un réseau et connexion à l'enterrement la geste d'utilisateur l'administrateur de site web de l'entreprise?

Pour accéder à ce poste il faut une formation requise en réseau informatique et telecommunication.

Qualité demandée :

- Connaissance des architectures de réseau le plus utilisées - Connaissance sur le développement de site web

TECHNICIEN ET MAINTENANCIER

IL a pour tâche la gestion de la maintenance du matériel informatique c'est-à-dire il assure le suivi de la maintenance, il s'occupe de la réparation de tous les équipements matériels ainsi que les modifications des installations. Ce poste est destiné à un technicien supérieur en maintenance du matériel informatique.

Qualité demandée :

- Connaissance en matériel informatique
- Connaissance de gestion de maintenance
- Connaissance des outils de diagnostic et de réparation

6 RESULTATS

Les jobs description dans un centre informatique, est une fonction, actuellement indispensable dans toutes les entreprises en particulières dans la ville de Lubumbashi, de ce fait nous avons pu remarquer l'impact du job description les centres informatiques des sociétés, en particulier dans la société MMG/Lubumbashi, qui a servi de rechercher pour nous, dans l'impact positif et tout de même négatif.

IMPACT POSITIF

L'observation faite de manière générale dans les entreprises de Lubumbashi, les jobs description ne sont pas respecter mais de manière particulière, l'entreprise MMG/Lubumbashi respecte les normes de job description d'un centre informatique du point de vue matériels informatiques et personnels administratifs au sein de l'entreprise.

Le job description du point de vue centre informatique, détermine les champs d'actions de toute personne engagée dans la société dans son champ d'applications c'est-à-dire elle limite les champs d'actions de tous les travailleurs dans l'entreprise selon leur champ d'application, nous citons quelques exemples positifs d'un job description:

1. Jobs description permettent la formation d'études de champs d'actions des autres engagées du même bureau c'est-à-dire des différentes personnes engagées dans l'entreprise;
2. Jobs description elle permet d'exercer sur un poste qui n'appartient pas à une personne cela veut dire exercer dans le champ d'action d'une personne sous l'autorisation du chef.

IMPACT NEGATIF

Un job description n'a pas que les côtés positifs au sein d'une entreprise s'il est respecté scrupuleusement, pour notre cas nous allons citer ici les quelques exemples négatifs d'un job description dans la société MMG de Lubumbashi.

1. Un jobs description limite le champ d'action de toutes les personnes engagées dans une entreprise;
2. Un job description cause la sanction d'un travailleur au sein de l'entité s'entraîner la personne qui va en dehors de son champ d'action sans l'autorisation directe du chef ce travailleur sera sanctionné car le job description ne permet pas de violer un champ d'action d'un travailleur.

7 DISCUSSION

Nous avons choisi la société MMG de Lubumbashi comme notre entité de recherché pour nous renseigner sur le sujet intitulé: "Impact d'un jobs description dans les centre informatique des entreprises de la Ville de Lubumbashi" cas de la société MMG. cette entreprise a pour objectifs l'exploitation des différents minerais dans la ville de Lubumbashi, La MMG contient à sein une direction rattachée à la direction générale appelée "département informatique" qui s'occupe de l'organisation de tous les services exerçant dans le domaine de l'informatique, ce département s'occupe entre autre de: La maintenance des outils informatiques, d'installations de différents logiciels de base (système exploitation) dans plusieurs bureaux, d'installation d'un réseau LAN pour l'échange des données etc. En effet, nous avons constaté l'impact du jobs description dans la société MMG sur plan organisation du travail, c'est-à-dire les agents respecte chacun son champ d'action (poste de travail), dans le cas contraire il y a des sanctions sévères à l'endroit de l'agent.

8 CONCLUSION

En conclusion, Impact d'un jobs description dans les centres informatiques des entreprises de la Ville de Lubumbashi" se remarque au niveau du respect des champs d'action des agents ce que nous avons même constaté à la société MMG qui était notre entité de recherche. Nous savons très bien qu'un centre informatique a le rôle d'assurer le développement cohérent des moyens informatiques, réseaux, télécommunications et de veiller à la disponibilité des ressources matérielles et logicielles.

Nous avons vu qu'il participe à la conception et au contrôle du système d'informations de l'entreprise, en relation avec le directeur de l'entreprise; à l'élaboration d'un schéma directeur informatique permettant la mise en place d'une politique cohérente des ressources informatiques réseaux et télécommunications.

Il est donc convaincant que l'infrastructure d'un centre informatique s'adapte pour gagner en rentabilité, aussi bien au niveau des investissements initiaux que des coûts d'exploitation. L'acquisition d'un équipement informatique (ordinateurs, périphériques, matériel annexe, réseau, mais aussi logiciels, systèmes d'exploitation, didacticiels) est toujours un investissement important.

Il est donc essentiel de parler de l'impact d'un job description dans les centres informatiques des entreprises au niveau de l'exécution du travail et limite des champs d'action de chaque agent, c'est-à-dire son impact est incontournable, dans le cas contraire l'agent est sanctionné sévèrement.

REFERENCES

- [1] COTTARD, B; Gestion et Informatique. Nathan, Paris, 1993;.
- [2] DEGARDIN RICHARD, le guide de la technologie, Ed. Faucher, Paris, 1999, 254 pages;.
- [3] Eliane BERNARD-FANOVILLET et Faouzi BOUFARES, Informatique pour la comptabilité et la gestion, 2ème édition, Ed. ESKA, Paris, 1998, 583 pages;.
- [4] MWEZE CHIRULWIRE, Elements d'informatique Générale, FCK, Kinshasa, 1977, 288 pages.
- [5] <https://www.mmg.com/our-business/kinsevere/>.
- [6] Alexandre FREDERIQUE. Manager un projet, Vocatis, paris, 2011, 156 pages.
- [7] MHIRI, D; la sécurité des systèmes informatiques, Dunod, paris, 2003.
- [8] KENNETH S. Rubin; Scrum Management de projet Agile, pearson education, montreuil, 2013, 466 pages.

Etat-partis et problématique de l'effectivité de la décentralisation en République Démocratique du Congo

[State-parties and the issue of the effectiveness of decentralization in the RD Congo]

*Shabani Morisho Dauda, Mutombo Mwasapatoke Auguste, Kazadi Kalonji Gloire, Mwamba Wa Mwamba Cléophas,
Mbangu Wanga Hervé, and Makolo Makolo Etienne*

Université de Lubumbashi, Faculté des sciences sociales, politiques et administratives, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present reflection had as a focus, the unearthing of the factors that overshadow the effective implementation of decentralization in the Congolese political system. These factors come in particular in the form of the imperatives of the party-state and the legal imbroglio. That is to say, the national life of the DR Congolese is almost systematically dominated by political parties and groups that hold republican institutions hostage to such an extent that, to access a position of responsibility, it is necessary in most cases be a member of a political party in power.

So, having sung and danced a lot is a sure job application and curriculum vitae (CV) to get hired. This is what we call party-states. In this perspective, political parties become structures that serve as springboards for getting a job in public services or being appointed mayor, mayor, etc.

In this perspective, the effective implementation of decentralization becomes hypothetical because the criteria are not respected by the political actors who appoint the heads of decentralized territorial entities, while decentralization presupposes the election of local authorities by local populations. This organizational inadequacy is also explained by the various related laws, sometimes pursuing, and this in a paradoxical way, an antipodal order of extravagance.

KEYWORDS: State-parties, Decentralization, legal imbroglio, Legitimacy, legal personality, Administrative supervision.

RESUME: La présente réflexion avait comme point de mire, le dénichage des facteurs qui font ombrage à la mise en œuvre effective de la décentralisation dans le système politique Congolais. Ces facteurs se présentent notamment sous forme des impératifs de l'Etat-partis et de l'imbroglio juridique. C'est-à-dire, la vie nationale RD Congolaise est quasi systématiquement dominée par les partis et regroupements politiques qui prennent en otage les institutions républicaines à tel enseigne que, pour accéder à un poste de responsabilité, il faut dans la plupart de cas être militant d'un parti politique au pouvoir.

Donc, le fait d'avoir beaucoup chanté et dansé constitue une demande d'emploi et un curriculum vitae (CV) sûrs pour être embauché. C'est ce que nous appelons Etat-partis. Dans cette perspective, les partis politiques deviennent des structures servant de tremplins pour avoir un emploi dans les services publics ou être nommé maire, bourgmestre....

Dans cette optique, la mise en œuvre effective de la décentralisation devient hypothétique car, les criteriums ne sont pas respectés par les acteurs politiques qui procèdent à de nominations des responsables des entités territoriales décentralisées alors que, la décentralisation suppose l'élection des autorités locales par les populations locales. Cette inadéquation organisationnelle est aussi expliquée par les différentes lois y afférentes, poursuivant parfois, et cela de manière paradoxale un ordre antipodal de l'extravagance.

MOTS-CLEFS: Etat-partis, Décentralisation, imbroglio juridique, Légitimité, personnalité juridique, Tutelle administrative.

1 INTRODUCTION

Lorsque les individus ou groupe d'individus sont confrontés à des problèmes, ce vers l'Etat qu'ils tournent considéré jusque-là comme le seul catalyseur de l'amélioration de condition de vie des populations qui habitent en son sein. L'Etat peut, selon Mulumbati NGASHA¹, revêtir des formes multiples et variables, notamment selon les fins qu'il s'assigne ou qu'on lui assigne, l'Etat revêt la forme de l'Etat-Gendarme et l'Etat-Providence; selon la philosophie qui commande son action, l'Etat peut revêtir la forme de l'Etat socialiste et l'Etat capitaliste; selon la structure du pouvoir politique qui s'exerce en son sein, l'Etat revêt la forme unitaire et la forme fédérale; selon que la collectivité territoriale qui lui sert de support est une nation, une région, une ethnie, une tribu, des partis politiques..., l'Etat peut être qualifié d'Etat-nation, d'Etat-région, d'Etat-ethnie, d'Etat-tribu, d'Etat-partis.

La RDC semble répondre à toutes ces formes sus énumérées. Par ailleurs, considérant l'influence à la fois positive et négative des partis politiques dans l'organisation et le fonctionnement des institutions politico-administratives Congolaises, nous avons voulu dans le cadre de la présente réflexion, nous appesantir en premier lieu sur la forme de l'Etat selon la structure du pouvoir politique qui s'exerce en son sein d'où l'Etat revêt la forme unitaire et fédérale; et en second lieu sur la forme de l'Etat selon la collectivité territoriale qui lui sert de support, d'où la RDC se présente aussi comme un Etat-parti qui n'est pas à confondre avec le parti-Etat.

La Constitution de la 3ème République, promulguée le 18 février 2006, telle que modifiée par la loi N°11/002 du 20 janvier 2011, opte pour la décentralisation comme mode de gestion des affaires locales après plusieurs années de centralisation des pouvoirs et de gestion déléguée. Cette aventure de la décentralisation s'est observée sous la troisième République bien sûr, par l'organisation des élections provinciales en 2006 suivie de l'installation des Assemblées provinciales.

Cette mise en œuvre fut suivie par la tenue du Forum National sur la Décentralisation organisé par le Gouvernement en octobre 2007 en vue de mener à bien la décentralisation. Dans cette perspective, l'une des premières tâches à laquelle s'est attelée le Gouvernement a consisté, avec le soutien des Partenaires techniques et financiers, à mettre sur pied un cadre de référence unique pour encadrer le processus de réforme appelé « Cadre Stratégique de Mise en œuvre de la Décentralisation » en sigle CSMOD, adopté le 11 juin 2009². Parmi les objectifs spécifiques du CSMOD figurent l'appropriation effective du processus de la décentralisation et le renforcement des capacités des acteurs de la décentralisation.

Afin de contribuer à cette stratégie nationale, l'Association Internationale des Maires Francophones (AIMF) et Wallonie Bruxelles International (WBI) ont financé, depuis 2009, un programme de sensibilisation et de formation à la décentralisation en République démocratique du Congo. Ce programme s'est adressé aux responsables des provinces et des entités territoriales décentralisées. Organisé sous le Haut patronage du Ministre de l'Intérieur, de la Sécurité, des Affaires coutumières et de la Décentralisation, il a été mis en œuvre par la Cellule d'appui politologique – Afrique-Caraïbes (CAPAC) de l'Université de Liège, en partenariat avec la Cellule technique d'appui à la décentralisation (CTAD). Il s'est traduit par l'organisation de onze séminaires dans les chefs-lieux des Provinces bien avant le découpage territorial. Ce sont plus de 1000 députés et fonctionnaires provinciaux, autorités, fonctionnaires locaux et représentants de la société civile qui auront suivi trois jours de formation et reçus une large documentation sur la décentralisation en République Démocratique du Congo. Ces séminaires se sont appuyés sur une méthodologie spécifique basée sur l'appropriation et l'échange d'expériences³.

Cependant, en dépit de ces séminaires, stratégies et programmes organisés par le gouvernement de la République et financés par les partenaires internationaux, les principes de la décentralisation appris et connus de tous, sont quasi systématiquement violés par les autorités politico-administratives en remettant en question certaines décisions prises par les autorités provinciales pourtant bénéficiaires de la libre administration et de l'autonomie de gestion de leurs ressources humaines d'une part, et en procédant par de nomination des animateurs des entités locales en lieu et place des élections d'autre part.

¹ Mulumbati Ngasha, introduction à la science politique, éd. Africa, Lubumbashi, 1977, p 340

² Programme de sensibilisation et de formation à la décentralisation en République démocratique du Congo organisé sous le Haut patronage du Ministre de l'intérieur, de la sécurité, des Affaires coutumières et de la décentralisation. Mis en œuvre par la cellule d'appui politologique-Afrique-Caraïbes (capac) de l'université de Liège, en partenariat avec la cellule technique d'appui à la décentralisation(CTAD), 2013.

³ Idem

Face à ce constat, une question de réflexion a percé notre esprit. Quels sont les facteurs qui font ombrage à la mise en œuvre effective de la décentralisation en RDC ?

C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent article dont le sujet s'intitule « Etat-partis et problématique de l'effectivité de la décentralisation en RDC », dont nous analysons dans les lignes qui suivent, les pratiques politiques qui entravent l'essence des principes de la décentralisation auxquelles recourent les acteurs politiques privilégiés membres des partis au pouvoir afin de désigner les animateurs des entités administratives au niveau de la base.

2 CONTEXTUALISATION CONCEPTUELLE

Cicéron écrit à ce sujet, *toute étude entreprise par l'esprit sur un problème quelconque doit d'abord partir de certaines définitions afin que l'on sache exactement sur quoi l'on s'interroge*⁴.

2.1 ETAT-PARTIS

Un Etat-partis est un Etat dans lequel les partis politiques constituent des structures de base ou de tremplins pour accéder à un poste de responsabilité. Ainsi, le concours pourtant la règle d'or pour être engagé dans l'administration publique est quasi totalement bafoué. Il se différencie d'un parti-Etat qui est une sorte des régimes totalitaires, et est caractérisé par le fait que, un seul parti politique est reconnu et gère toutes les affaires publiques dans un l'Etat.

2.2 DÉCENTRALISATION

La décentralisation se veut être un système dans lequel certains pouvoirs des organes centraux se voient transférer aux entités régionales ou locales qui bénéficient d'une certaine autonomie de décision dans la gestion des affaires qui leur sont propres au terme de la loi. Pour sa part Vunduawe Te pemako⁵ souligne que, la décentralisation consiste à confier l'exercice d'une compétence qui pouvait appartenir aux seuls organes de l'Etat à plusieurs autorités dont chacune n'a en charge qu'une fraction de la collectivité étatique. Charles DEBBASCH renchérit en disant que: « la décentralisation confère une autonomie à des collectivités territoriales autonomes mais qui sont soumises à un contrôle de l'Etat c'est-à-dire la tutelle administrative⁶.

Cette tutelle se veut être un contrôle administratif exercé par l'Etat sur les organes décentralisés et sur leurs actes dans les limites fixées par les lois pour faire respecter la légalité et l'intérêt général. Elle vise à éviter les abus possible et à préserver l'intérêt national face aux intérêts locaux. Traditionnellement la décentralisation se présente sous deux formes, elle peut être territoriale ou par service.

La décentralisation territoriale consiste à confier la gestion de certains services à des collectivités locales dotées de la personnalité morale. La décentralisation par service ou technique quant à elle, consiste à doter un service public de la personnalité morale de manière à lui conférer une certaine indépendance par rapport à la collectivité qui a créé le service. Par conséquent, cette décentralisation présente certains critères qui doivent être de stricte observance⁷:

- a. La décentralisation suppose donc l'existence des affaires régionales ou locales qui soient déterminées par la loi comme étant propres aux entités de bases, ou l'existence des questions spécialisées;
- b. La décentralisation suppose également que les autorités locales d'une entité décentralisée soient élues par la population locale elle-même;
- c. La décentralisation veut que les autorités locales se voient reconnaître un certain pouvoir de décision en vertu duquel, le pouvoir public qui a créé le service et les autorités centrales ne peuvent leur donner des ordres ni reformer leurs décisions ni se substituer à eux.

⁴ CICERON, méthodologie scientifique, paris, mouton, 1971, p.3

⁵ Vunduawe Te pemako, Qu'est-ce que la décentralisation administrative ?, in cahier du potentiel, vol 01/12/2001, février. 2003, pp. 11-19

⁶ Ch. DEBBASCH, institutions et droit administratif, T1 : Les structures administratives, PUF, Collection THEMIS, Paris, 1982, p.194

⁷ Maya kabamba, droit administratif, G2SPA, UNILU, inédit.

Ces critères de la décentralisation impliquent pour un bon fonctionnement et un rapport harmonieux entre les différents échelons de l'Etat, le respect des principes fondamentaux suivants:

- La personnalité juridique: cette personnalité juridique permet aux entités territoriales décentralisées d'être titulaires des droit et des obligations;
- La libre administration: signifie tout simplement qu'une entité décentralisée dispose d'un patrimoine propre distinct de celui de l'Etat et gère ses ressources humaines, financières, matériels et techniques sans que le pouvoir central puisse s'ingérer;
- L'autonomie de gestion: cette autonomie est prévue pour favoriser la bonne gouvernance. La décentralisation est donc source d'autonomie et non d'indépendance car « s'administrer » ce n'est pas « gouverner », mais c'est gérer sans bénéfice d'un pouvoir normatif initial, il s'agit donc d'une autonomie relative: une auto-organisation encadrée et contrôlée⁸;
- La tutelle: c'est un contrôle exercé sur les autorités des entités décentralisées et sur leurs actes afin qu'elles ne se comportent pas comme des électrons libres au risque de faire prévaloir les intérêts locaux sur les intérêts nationaux. La tutelle administrative constitue donc la contrepartie de la décentralisation qu'elle est destinée à maintenir dans un état d'une autonomie relative. Elle s'applique aussi bien dans le cadre de la décentralisation territoriale que dans celui de la décentralisation par service.

En revanche, la tutelle administrative s'exerce dans un triple but:

- 1) Dans l'intérêt de la collectivité tutrice (généralement l'Etat) au double point de vue:
 - **Politique** c'est-à-dire la nécessité de maintenir l'unité nationale ou la volonté de vivre ensemble.
 - **Technique** c'est-à-dire l'application correcte de la loi à tous et par tous les citoyens.
- 2) Dans l'intérêt de la collectivité décentralisée c'est-à-dire la vérification des questions des autorités locales;
- 3) Dans l'intérêt des membres des entités décentralisées à titre individuel et qui peuvent avoir besoin de protection contre les autorités locales. Le contrôle de tutelle et hiérarchique se confondent parfois parce que, ces deux procédés comportent de techniques communes en l'occurrence: l'approbation- l'annulation-la substitution. Mais ils se distinguent par le fait que le contrôle de tutelle doit toujours respecter la marge d'indépendance que suppose toute décentralisation⁹.

Les éléments essentiels de différence entre le contrôle de tutelle et le contrôle hiérarchique se présentent comme suit:

Contrôle de tutelle	Contrôle hiérarchique
1. Exécuté par un contrôleur	1. Exécuté par un supérieur de droit commun, donc s'exerce d'office
2. Exceptionnel, donc par la loi	2. Se traduit par des ordres, peut être exécuté a priori
3. Autonomie des autorités locales, donc contrôle a posteriori	3. Porte toujours sur l'opportunité.
4. Ne porte pas sur l'opportunité.	

Le Groupe de Recherche et d'Information sur la Paix et la Sécurité en sigle GRIP pense¹⁰, les processus de décentralisation dans les États fragiles comportent des risques significatifs, notamment en matière de sécurité. Entendu dans un sens général, le terme « décentralisation » désigne un processus engageant le transfert des pouvoirs d'un niveau central à un niveau local. Lesdits transferts peuvent bien être déclinés sur le mode sectoriel pour désigner les processus suivants:

- Politique: dévolution de pouvoirs à des entités politiques décentralisées,
- Administrative: répartition des responsabilités pour la fourniture de services à la population,
- Financière: attributions de ressources et pouvoir fiscal aux entités décentralisées.

⁸ Favoueu. L, Droit constitutionnel, éd, Dalloz, paris, 1998, p. 445

⁹ BAYA KABAMBA, op.cit.

¹⁰ Rapports de GRIP sur la décentralisation en RD Congo 2008

3 QUELQUES FACTEURS FAISANT OMBRAGE POUR LA MISE EN ŒUVRE EFFECTIVE DE LA DÉCENTRALISATION

3.1 LES IMPÉRATIFS DE L'ÉTAT-PARTIS

La République Démocratique du Congo fonctionne nous semble-t-il dans un régime politique qui ne dit pas expressément son nom: régime mixte, semi-présidentiel ou semi-parlementaire, parlementarisme rationalisé, ou présidentielisme de fait; le tout intervenant dans un Etat à la forme approximativement hybride entre régionalisme et décentralisation administrative. Alors, au-delà d'être un Etat regionalo-decentralisé, la République démocratique du Congo est aussi et surtout depuis plusieurs années un Etat-partis.

Celui-ci n'est pas à confondre comme nous l'avons insinuée précédemment avec le parti-Etat qui est un système d'après lequel les activités politiques sont organisées et contrôlées par le parti unique. C'est au fond un régime totalitaire. Alors qu'un Etat-partis s'apparente beaucoup plus aux régimes autoritaires qui, comme le note le professeur ASIPATE SIKITIKO¹¹, sont caractérisés par un rapport gouvernants/gouvernés; la vie politique y existe par le biais de relais de partis et syndicats tandis que l'opposition est tolérée, mais neutralisée voire bannie. Les élections ne sont qu'une apparence démocratique qui vise à légitimer le système aux yeux du monde sans que leur résultat connu d'avance n'ait une quelconque influence.

Dans un Etat-partis, les partis politiques sont des structures de base qui servent de support à l'Etat dans ce sens que, investi des pouvoirs de nomination, le pouvoir hiérarchique préfère nommer les autorités des entités territoriales décentralisées en lieu et place de l'élection qui est l'un des principes de la décentralisation, et cela, en violation flagrante et de la constitution et des lois organiques en la matière. Dans cette perspective, comme nous l'avons signalé dans une de nos publications, *En République Démocratique du Congo la vie politique est pris en otage par les partis ou regroupements politiques à tel enseigne que, pour être nommé à un poste des responsabilités, il faut dans la plupart des cas, être membre de la coalition au pouvoir, et comme si cela ne suffisait pas, le pays reste gouverné non pas par un pacte républicain, mais hélas par les mots d'ordre ou les dictas des partis politique*¹².

Pour être nommé dans un service public en République démocratique du Congo, et surtout à des postes des commandements ou de décisions, il faut dans la plupart de cas être membre d'un des partis politiques au pouvoir.

Pour ce faire, les autorités hiérarchiques utilisent la stratégie de reporter toujours des élections locales sous prétexte de manque des moyens afin de procéder à la désignation des militants de leurs partis politiques respectifs à la tête des différentes entités territoriales décentralisées au mépris des droits du souverain primaire. Donc le fait d'avoir beaucoup chanté et dansé dans un parti politique constitue un tremplin pour obtenir la faveur du prince et devenir maires, bourgmestres ou chef de secteur en République Démocratique du Congo quel que soit le niveau d'instruction.

Cette inquiétude est partagée aussi par Robert Michels¹³ qui, dans son livre intitulé « Les partis politiques-Essai sur les tendances oligarchiques des démocraties » observe que, *les organisations de masses, notamment les partis politiques et les groupes de pression, en dépit de leur constitution et de leur programme démocratique, donnent inéluctablement et universellement naissance, en leur sein, à une structure de pouvoir oligarchique. Le pouvoir y est monopolisé par une petite élite des dirigeants qui s'y perpétue grâce au renouvellement assuré de ses mandats*. Cette réalité quotidienne voire inéluctable pour le moment nous a poussée à considérer la RDC comme un Etat-partis dans la mesure où elle répond scrupuleusement aux différentes caractéristiques d'un Etat-partis tel que nous l'avons démontré ci-haut. Selon la structure du pouvoir politique qui s'exerce en son sein, la RDC est aussi un Etat unitaire et plus particulièrement un Etat unitaire décentralisé, mais en fait, comment cette décentralisation fonctionne en RDC.

3.2 LA DÉCENTRALISATION EN RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO, UN MYTHE PLUS QU'UNE RÉALITÉ

Après avoir énuméré à l'article 3 de la constitution du 18 février 2006, les différentes entités territoriales qui sont: la ville, la commune, le secteur et la chefferie, le constituant pose les principes de leur libre administration et de l'autonomie de gestion de leurs ressources humaines, économiques, financières et techniques. Il annonce L'élaboration d'une loi organique devant fixer

¹¹ ASIPATE SIKITIKO, introduction à la science politique, UNILU, inédite.

¹² Shabani Morisho Dauda et al, Etat-partis et gouvernance politique en République Démocratique du Congo, IJIAS, ISSN, Vol. 35, N°3 Feb. 2022, pp. 482-491

¹³ Robert Michels cité par Mulumbati NGASHA, in sociologie politique, éd. Africa, Lubumbashi, 1988, p.8

les règles relatives à leur composition, organisation et fonctionnement ainsi que leur rapport avec l'Etat et les provinces. Toutefois, la République démocratique du Congo ne semble pas être un bon élevé en matière de la décentralisation. De cette observation une question nous vient en tête, qu'est-ce qui différencie la décentralisation de la déconcentration dans l'optique congolaise tant que les animateurs des entités territoriales décentralisées continuent à être nommés au lieu d'être élus par la population locale.

Le droit administratif différencie la décentralisation (qui fait intervenir fondamentalement des aspects de nature politique) de la déconcentration (qui est, quant à elle, de nature strictement administrative). La déconcentration organise donc la répartition sur le territoire des organes représentant l'Etat ou prestant des services en son nom. Parfois en RDC ces deux concepts sont confondus ! Les autorités centrales nomment les dirigeants locaux et le cas échéant annulent quand bon leur semblent les décisions prises par ces dirigeants locaux dans l'exercice de leurs fonctions en vertu des pouvoirs qui leurs sont propres au terme de la loi.

Par ailleurs, Vunduawe Te pemako¹⁴ fait remarquer, qu'il n'existe pas de tutelle du pouvoir central sur les provinces, la cour constitutionnelle est la seule autorité habilitée à régler un conflit entre ces deux niveaux de pouvoir d'Etat. Par contre la province exerce le contrôle de tutelle sur les entités territoriales décentralisées, cette tutelle administrative peut être remplacée par un contrôle du juge administratif. L'article 63 de la loi sur la libre administration de province fait du Gouverneur un représentant du gouvernement central en province. Il assure, dans ce cas, la sauvegarde de l'intérêt national, le respect des lois et règlements de la République et veille à la sécurité et à l'ordre public dans la province¹⁵.

Il convient de préciser que, ni cet article, ni ce contrôle de tutelle reconnu aux provinces envers les entités territoriales décentralisées ne confèrent en aucun cas, au Gouverneur de province le pouvoir de nommer les autorités des villes, communes et secteurs qui sont de surcroît, des entités bénéficiant de la décentralisation administrative. Poussé par une mégalomanie ou folie de grandeur, le gouverneur de la ville-province de Kinshasa Gentiny NGOBILA, s'était permis dans son arrêté N°241 pris le 20 Août 2019 DE nommer et permuter les bourgmestres de certaines communes de sa juridiction¹⁶

Il y a lieu d'en déduire que, malgré la sensibilisation et les séminaires de formation organisés par le ministère des affaires intérieures tel que nous l'avons évoqué un peu loin en faveur des autorités provinciaux et locaux, il s'observe malheureusement en RDC un écart non négligeable entre les principes de la décentralisation universellement connus et la réalité sur terrain. ce faisant, Il ne sert à rien d'insérer cette décentralisation dans les textes de base tant que le fossé persiste encore entre la théorie et la pratique. C'est cette situation d'écart différentiel entre le contenu des constitutions et des lois d'une part, et leur mise en œuvre d'autre part, que dénonce P. Vialle lorsqu'il écrit: Certes, les constitutions modernes contiennent presque toutes les dispositions protectrices des citoyens mais, il s'agit bien souvent plus d'une révérence à des grands principes que d'une foi dans la nécessité de leur mise en œuvre¹⁷.

3.3 L'IMBROGLIO JURIDIQUE AU SUJET DE LA DÉCENTRALISATION

L'article 126 de la loi 08/016 du 7 octobre 2008 portant composition, organisation et fonctionnement des entités territoriales décentralisées et leurs rapports avec les provinces, crée à notre avis une confusion sur l'organisation et le fonctionnement des entités des bases, il est entrain de vouloir une chose et son contraire. En effet, cet article stipule, « *en attendant l'organisation des élections urbaines, communales et locales par la Commission électorale nationale indépendante instituée par la Constitution, les autorités des différentes entités territoriales décentralisées actuellement en poste sont gérées conformément aux dispositions du Décret-Loi n°082 du 02 juillet 1998 portant statut des autorités chargées de l'administration des circonscriptions territoriales* »¹⁸.

D'après l'esprit de ce décret-loi, c'est le président de la République qui nomme les maires, les bourgmestres et les chefs des secteurs. Est-ce que les partis politiques à travers leurs membres qui sont au pouvoir ne se cachent pas derrière ces

¹⁴ Vunduawe Te pemako, la dynamique et décentralisation territoriale en RDC, in Congo-Afrique, n°432, février 2009, p. 106

¹⁵ Loi organique n°08/012 du 31 juillet 2008 portant principes fondamentaux relatifs à la libre administration des provinces

¹⁶ www. Radio okapi. Net, arrêté n°241 du 20 Aout 2019 nommant et permutant les bourgmestres des communes de la ville province de Kinshasa

¹⁷ P.VIALLE, *Droit constitutionnel et science politique*, Paris, Hermès, 1998, p.59.

¹⁸ Article 126 de la loi 08/016 du 7 octobre 2008 portant composition, organisation et fonctionnement des entités territoriales décentralisées et leurs rapports avec les provinces

dispositions pour reporter la tenue des élections locales qui n'ont jamais eu lieu depuis l'avènement du nouvel ordre politique issu de la constitution de 2006 afin de nommer les militants de leurs partis politiques maires, bourgmestres et chefs de secteurs.

Faire référence au décret-loi n°082 du 2 juillet 1998 portant statut des autorités chargées de l'administration des circonscriptions territoriales n'est-ce pas là une entorse ? Car, du 1^{er} au 3^e article de ce décret-loi, la teneur se présente comme suit:

Articles 1^{er}: sont soumis au présent statut:

1. Les gouverneurs de province;
2. Les vices gouverneurs;
3. Les commissaires de district et les maires;
4. Les commissaires de district assistants et maires adjoints;
5. Les administrateurs de territoires et les bourgmestres;
6. Les administrateurs de territoire assistant, les chefs de cité et les bourgmestres assistants;
7. Les chefs de secteurs ou de chefferie;
8. Les chefs de cité adjoint;
9. Les chefs de groupements.

Article 2. Les autorités soumises au présent statut forment un corps dont la hiérarchie est déterminée par l'ordre dans lequel ces autorités sont énumérées à l'article 1^{er}.

Article 3. Sous réserve de ce qui sera dit à l'alinéa 2 ci-dessous, les autorités visées aux points 1 à 6 de l'article 1^{er} sont nommés par le président de la république sur proposition du ministre des affaires intérieures.

Ces trois articles du décret-loi ci-haut cité sont, non seulement aux antipodes de l'article 79 de la constitution du 18 février 2006 qui soutient clairement que le président de la République agit par voie d'ordonnance, mais aussi de l'article 30 de la loi organique n°08/016 du 07 octobre 2008 portant composition, organisation et fonctionnement des entités territoriales décentralisées et leurs rapports avec l'Etat et les provinces¹⁹ qui stipule, « *le maire et maire adjoint sont élus au sein ou en dehors du conseil urbain dans les conditions fixées par la loi électorale. Ils sont investis par le ministre de la République ayant les affaires intérieures dans ses attributions dans les quinze jours de la proclamation des résultats. Passé ce délai, l'investiture est acquise de droit* ».

L'article 56 de cette même loi va dans le même sens, « *le bourgmestre et bourgmestre adjoint sont élus au sein ou en dehors du conseil communal dans les conditions fixées par la loi électorale. Ils sont investis par arrêté du gouverneur de province dans les quinze jours de l'approbation des résultats* ». Dans ce même ordre d'idées, l'article 80 toujours de la même loi déclare, « *le chef de secteur et le chef de secteur-adjoint sont élus au sein ou en dehors du conseil dans les conditions fixées par la loi électorale. Le gouverneur de province investit le chef de secteur et son adjoint dans les quinze jours de leur élection. Passé ce délai, l'investiture est de droit. Il investit également par arrêté le chef de chefferie désigné selon la coutume locale dans le respect de la loi sur le statut des chefs coutumiers* ».

Toute personne scientifiquement avertie doit au moins comprendre que, ces autorités sont censées être élues selon le cas par le conseil urbain, le conseil communal, le conseil de chefferie, et non, être nommées comme on en a fait une habitude en République démocratique du Congo depuis belle lurette. Au-delà de cet imbroglio juridique, se pose encore un problème d'interprétation de lois. Les articles 65 et 66 de la loi n°13/008 du 22 janvier 2013 modifiant et complétant la loi n°08/012 du 31 juillet 2008 portant principes fondamentaux relatifs à la libre administration de province²⁰, ont été scandaleusement interprétés à une certaine période de l'histoire récente.

L'article 65 stipule, « *dans l'exercice de sa mission de représentation du gouvernement central et de coordination des services publics déconcentrés en province, le gouverneur de province répond de ses actes devant le gouvernement central* ». Dans cette même visualisation des choses l'article 66 précise, « *les actes posés par le gouverneur de province dans ces matières sont susceptibles d'annulation. En cas de nécessité, le pouvoir central peut reformer ou se substituer au pouvoir du gouverneur* ».

¹⁹ Loi organique n°08/016 du 07 octobre 2008 portant composition, organisation et fonctionnement des entités territoriales décentralisées et leurs rapports avec l'Etat et les provinces

²⁰Articles 65 et 66 de la loi n°13/008 du 22 janvier 2013 modifiant et complétant la loi n°08/012 du 31 juillet 2008 portant principes fondamentaux relatifs à la libre administration de province.

de province qui relève de l'autorité du pouvoir central ». Une précision mérite être relevée à ce niveau, ces décisions qui doivent faire l'objet d'annulation par le pouvoir central, concernent beaucoup plus les actes pris par le gouverneur de province dans la gestion des services publics déconcentrés de son ressort. Une fois de plus encore, s'appuyant sur une interprétation politicienne de la loi, le vice-premier ministre, ministre de l'intérieur Gilbert KANKONDE avait demandé aux gouverneurs des provinces dans un message officiel N°25/CAB/VPN/MININTERSEC/205/2019 DU 19.09 2019 d'uniformiser les structures de leurs gouvernements²¹. Il s'agissait notamment de supprimer les fonctions de commissaires provinciaux.

Pour Gilbert Kankonde « cette fonction non réglementaire, superfétatoire est à supprimer ». Cette décision du ministre nous semble-t-il, viole l'esprit de la LOI N° 082/012 du 31 juillet 2008 portant principes fondamentaux relatifs à la libre administration des provinces qui, déjà dans son expose de motif annonce, la constitution du 18 février 2006 proclame le caractère uni et indivisible de la République Démocratique du Congo. Elle institue deux échelons d'exercice du pouvoir d'Etat. Le pouvoir central et la province à l'intérieur de laquelle se meuvent des entités territoriales décentralisées qui sont: la ville, la commune, le secteur et la chefferie ainsi que d'autres circonscriptions administratives. La province est une composante politique et administrative de la République dotée de la personnalité juridique et est gérée par les organes locaux.

Le statut, l'organisation et le fonctionnement de la province procèdent des dispositions constitutionnelles qui instituent le régionalisme politique en République démocratique du Congo, déterminent les institutions politiques en province et repartissent les compétences entre elles et le pouvoir central. La complexité des mécanismes et de fonctionnement entre le pouvoir central et la province d'une part, et entre les institutions provinciales de l'autre, rend indispensable l'élaboration d'une loi fixant les principes devant régir la libre administration des provinces ainsi que l'autonomie de gestion de ses ressources humaines, économiques, financières et techniques conformément à l'article 123 de la constitution²². Cette autonomie de gestion est confirmée par l'article 2 de cette même loi sus citée qui stipule, « la province est une composante politique et administrative du territoire de la République.

Elle est dotée de la personnalité juridique. Elle jouit de l'autonomie de gestion de ses ressources humaines, économiques, financières et techniques. Elle exerce par ses institutions politiques, les compétences qui lui sont dévolues par la constitution. Elle coopère avec les autres provinces et le pouvoir central dans le cadre du fonctionnement régulier des institutions ». Donc en vertu de la gestion de ses ressources humaines, et connaissant la taille de son budget, une province peut recourir à d'autres compétences humaines en vue de promouvoir les intérêts socio-économiques des populations résidant en son sein.

3.4 DE LA LÉGITIMITÉ DES AUTORITÉS LOCALES

En période post-conflit, la décentralisation dans un Etat a souvent pour principal objet de combler le déficit de légitimité de l'appareil de l'État, lequel a perdu une part importante de sa crédibilité auprès des citoyens. D'abord, parce qu'il s'est révélé incapable de maîtriser le conflit et de protéger sa population contre les sources d'insécurité externes et/ou internes d'une part, et parce que les péripéties du conflit ont le plus souvent eu pour conséquence de dégrader voire d'interrompre les services publics d'autre part. La restauration de la légitimité des autorités locales constitue donc un enjeu essentiel de la décentralisation dans un État, et ce sur un double plan.

Le premier est celui de la légitimité verticale qui prend la forme de l'allégeance de la population et de l'appareil administratif aux structures politiques de l'État. En d'autres termes, il s'agit pour l'État de recouvrer une autorité incontestée sur l'ensemble de son territoire et d'être reconnu comme tel. Cette légitimité verticale doit se doubler d'une légitimité horizontale, à savoir d'un consensus sur les valeurs fondamentales dont est animé le corps social et dont l'État est le garant²³. La légitimité prend la forme d'un sentiment d'appartenance à un ensemble sociopolitique commun. A l'absence de celui-ci, la légitimité verticale ne peut s'appuyer sur des fondations solides et la cohésion de l'État se voit fragilisée. Ce qui précède suggère que les critères habituels de la bonne gouvernance, bien que nécessaires, risquent de s'avérer insuffisants dès lors que l'on ne sait pas mettre en œuvre les principes de la décentralisation et les textes qui régissent la question à la matière semblent se contredire. C'est pourquoi les axes suivants devraient être de stricte application en vue de renforcer la légitimité des autorités locales:

- Appropriation du processus de la décentralisation par tous les acteurs;

²¹ Message officiel n°25/CAB/VPN/MININTERSEC/205/2019 DU 19.09 2019 du vice-premier ministre, ministre de l'intérieur

²²Exposé de motif de la LOI N° 082/012 du 31 juillet 2008 portant principes fondamentaux relatifs à la libre administration des provinces

²³ Rapport de GRIP. Op. cit

- Participation de la population locale, donc une démocratie participative;
- Renforcement de la société civile comme structure intermédiaire.

La décentralisation se matérialise dans ce cas par l'apparition d'organisation de type nouveau, essentiellement la participation populaire à la vie économique, sociale, politique culturelle, ... dont l'une des conséquences serait l'émergence des véritables élites choisies par les populations elles-mêmes pour animer la vie de la collectivité. Elle permet de rapprocher les gouvernants des gouvernés, de promouvoir la participation locale, de mobiliser les ressources locales, de mieux coordonner les activités de développement, de rendre les gouvernants plus responsables et finalement de garantir la stabilité politique, sociale et économique d'un pays.

La décentralisation sert en définitive: à légitimer le pouvoir des autorités locales, à adapter les services locaux aux besoins et aspirations des populations des entités décentralisées, à désencombrer l'administration centrale par le fait que les décisions pour la solution des problèmes locaux sont prises par les autorités locales en temps réels.

4 CONCLUSION

Entre 2006 et 2019, la République Démocratique du Congo a connu des facteurs qui ont fait ombrage à la mise en œuvre effective de la décentralisation dont les impératifs de l'Etat-partis et l'imbroglio juridique justifient en grande partie ces pérépéties de l'ineffectivité de la décentralisation.

L'article 126 de la loi 08/016 du 7 octobre 2008 renvoie au décret-loi n°082 du 02 juillet 1998 portant statut des autorités chargées de l'administration des circonscriptions territoriales qui est pourtant contraire à la constitution de la troisième République promulguée le 18 février 2006 qui est en vigueur.

Du fait que depuis plusieurs années maintenant les partis politiques constituent des structures de base ou des tremplins pour accéder à un poste de responsabilité, nous avons qualifié du coup la RDC, d'un Etat-partis, et par conséquent, les autorités des entités territoriales décentralisées qui sont censées être élues, sont malheureusement nommées. La non organisation des élections locales crée un problème de crise de légitimité des autorités des entités locales parce que n'étant pas l'émanation de la volonté populaire.

Comme si cela ne suffisait pas, dans certains cas le pouvoir hiérarchique interprète arbitrairement les lois qui régissent l'organisation et le fonctionnement des entités territoriales, tantôt c'est le gouverneur qui nomme les bourgmestres, tantôt c'est le ministre des affaires intérieures qui remet en question la compétence de gestion des ressources humaines reconnue aux entités régionalisées que sont les provinces. Ceci étant, la décentralisation suppose donc:

- l'existence des affaires régionales ou locales qui soient déterminées par la loi comme étant propres aux entités de bases;
- Que les autorités locales des entités territoriales décentralisées soient élues par les populations locales elles-mêmes;
- Que les autorités locales se voient reconnaître un certain pouvoir de décision en vertu duquel les autorités centrales ne peuvent leur donner des ordres ni reformer leurs décisions ni se substituer à eux.

La réussite de ces critères implique des principes suivant:

- a. La personnalité juridique,
- b. La libre administration,
- c. L'autonomie de gestion, et
- d. La tutelle administrative.

Pour ce faire, les autorités doivent comprendre que les élections locales ne sont pas une faveur mais plutôt un droit garanti par la constitution et par ricochet constitue un moyen sûr pour légitimer le pouvoir des autorités locales.

REFERENCES

- [1] Asipate SIKITIKO, introduction à la science politique, RI/UNILU, inédite.
- [2] CICERON, méthode scientifique, paris, mouton, 1971.
- [3] Ch. DEBBASCH, institutions et droit administratif, T1: Les structures administratives, PUF, collection THEMIS, paris, 1982.
- [4] L. FAVOUREU, droit constitutionnel, éd. Dollaz, paris, 1998.
- [5] Loi N°08/016 du 07 octobre 2008 portant composition, organisation et fonctionnement des entités territoriales décentralisées et leurs rapports avec les provinces.
- [6] Loi N°082/012 du 31 juillet 2008 portant principes fondamentaux relatifs à la libre administration de provinces.
- [7] Loi N°13/008 du 22 janvier 2013 modifiant et complétant la loi n°08/012 du 31 juillet 2008 portant principes fondamentaux relatifs à la libre administration de provinces.
- [8] Mbaya KABAMBA, droit administratif, SPA/UNILU, inédit.
- [9] Message officiel N°25/CAB/VPN/MININTERSEC/205/2019 DU 19.09.2019 du vice-premier ministre, ministre de l'intérieur.
- [10] Mulumbati NGASHA, introduction à la science politique, éd. Africa, Lubumbashi, 1977.
- [11] P. VIALLE, droit constitutionnel et science politique, paris, Hermès, 1998.
- [12] Programme de sensibilisation et de formation à la décentralisation en RDC organisé sous le haut patronage du ministre de l'intérieur, de la sécurité, des affaires coutumières et de décentralisation. Mis en œuvre par CEPAC de l'université de Liège en partenariat avec la CTAD en 2013.
- [13] Rapport de GRIP sur la décentralisation, 2008.
- [14] Robert MICHELS, cité par Mulumbati NGASHA, sociologie politique, éd. Africa, Lubumbashi, 1988.
- [15] Shabani MORISHO et al, Etat-partis et gouvernance politique en République Démocratique du Congo, in IJIAS, n°3 Feb. 2022, pp. 482-491.
- [16] Vunduawe TE PEMAKO, dynamique et décentralisation territoriale en RDC, in Congo-Africa, n°432, février, 2009.
- [17] Vunduawe TE PEMAKO, Qu'est-ce que la décentralisation administrative ?, in cahier du potentiel, vol 01/12/2001 février 2003.
- [18] <http://www.radiookapi.net/>

Evolution de l'incidence de l'hépatite B chez les donneurs réguliers de sang et risque résiduel de transmission post-transfusionnelle à Bangui et Bimbo en Centrafrique

[Changes in hepatitis B incidence in regular blood donors and residual risk of post-transfusion transmission in Bangui and Bimbo in Central Africa]

Christian Maucler Pamatika¹, Christian Diamant Mossoro-Kpindé¹⁻², Zéphirin Dalengat-Vobia¹, Germain Piamalé¹, Henri Saint Calvaire Diemer¹⁻³, Regina Edwige Lenguetama⁴, Geoffroy Ndakouzou Kongo⁴, Hyacinthe Nguida⁴, and Jean de Dieu Longo¹⁻³

¹Ecole Doctorale des Sciences de la Santé Humaine et Vétérinaire (EDSSHV), Faculté des Sciences de la Santé (FACSS), Université de Bangui (UB), Central African Republic

²Département des Sciences Biomédicales, FACSS, UB, Central African Republic

³Département de Santé Publique, FACSS, UB, Central African Republic

⁴Centre National de Transfusion Sanguine, Bangui, Central African Republic

Copyright © 2022 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:* Incidence, one of the most commonly used indicators of morbidity in epidemiology, measures the number of new cases of a disease over a period of time. Previous studies of hepatitis B in the Central African Republic are much more concerned with prevalence. Also, the residual risk of transmission of the disease by transfusion is not yet known. The aim of this study was to study the evolution of hepatitis B incidence among regular blood donors in the cities of Bangui and Bimbo in Central Africa and to estimate the residual risk of viral transmission during blood donations.

Methods: This is a retrospective study conducted at the National Blood Transfusion Centre in Bangui, covering data from 2015 to 2019. The sample consisted of regular DBS (two or more blood donations) living in the cities of Bangui and Bimbo. The Monolisa immuno-enzymatic test was used for the search for the HBs antigen. The data collected was captured and analyzed with Epi Info 7. The average incidence rate was achieved by dividing the total annual rates by five. The exact χ^2 or Fisher test at the 5% threshold compared the proportions. Search authorization N° 574/MSP/DIR. CAB/DR/SGRHF/ 2017 enabled the study to be carried out.

Results: From 2015 to 2019, 19762 regular volunteer donors were monitored. These donors were between the ages of 18 and 64 (average age of 28 years) with a male predominance (n -95%). The number of donations ranges from 2 to 105. The incidence rate of hepatitis B was 47.87 degrees (240/5013) in 2015, 63.06 degrees (253/4012) in 2016, 75.33 (307/4075) in 2017, 100.56 (320/3182) in 2018 and 108.04 (376/3480) in 2019. The average incidence rate was 78.97 degrees. The incidence rate was significantly higher among donors aged 25 to 34, men, donors who made less donation (2 to 19 donations) and in Bangui. The estimated average residual risk of viral transmission was 6.02 per 1000 blood donations.

Conclusion: The incidence of hepatitis among regular volunteer donors has increased steadily from year to year. Younger age, males, regular donors who made less donations and the city of Bangui were more affected. The presence of co-infection with HIV and syphilis suggests sexual transmission of hepatitis B. Advocacy for free vaccination of regular donors and the introduction of genomic testing will reduce the residual risk.

KEYWORDS: Incidence, Hepatitis B, Residual risk, Regular donors, Central Africa.

RESUME: *Position du problème:* L'incidence, un des indicateurs de morbidité plus utilisés en épidémiologie mesure le nombre de nouveaux cas d'une maladie au cours d'une période. Les études antérieures sur l'hépatite B en République centrafricaine concernent beaucoup plus la prévalence. Aussi, le risque résiduel de transmission de la maladie par transfusion n'est pas encore connu. Cette étude avait pour objectif d'étudier l'évolution de l'incidence l'hépatite B chez les donneurs réguliers de sang des villes de Bangui et Bimbo en Centrafrique et d'estimer le risque résiduel de transmission virale lors des dons de sang.

Méthodes: Il s'agit d'une étude rétrospective réalisée au Centre National de Transfusion Sanguin de Bangui et portant sur les données de 2015 à 2019. L'échantillon était constitué de DBS réguliers (deux dons de sang et plus) habitant les villes de Bangui et Bimbo. Le test immuno-enzymatique Monolisa a été utilisé pour la recherche de l'antigène HBs. Les données recueillies ont été saisies et analysées avec Epi Info 7. Le taux moyen d'incidence a été obtenu en divisant le total des taux annuels par cinq. Le test de Khi² ou de Fisher exact au seuil de 5% a permis de comparer les proportions. L'autorisation de recherche N° 574/MSP/DIR.CAB/DR/SGRHF/ 2017 a permis la réalisation de l'étude.

Résultats: De 2015 à 2019, 19762 donneurs bénévoles réguliers étaient suivis. Ces donneurs étaient âgés de 18 à 64 ans (âge moyen de 28 ans) avec une prédominance masculine (n = 95%). Le nombre de don varie de 2 à 105. Le taux d'incidence de l'hépatite B était de 47,87‰ (240/5013) en 2015, 63,06‰ (253/4012) en 2016, 75,33‰ (307/4075) en 2017, 100,56‰ (320/3182) en 2018 et de 108,04‰ (376/3480) en 2019. Le taux moyen d'incidence était de 78,97‰. Le taux d'incidence était significativement plus élevé chez les donneurs de 25 à 34 ans, chez les hommes, chez les donneurs ayant fait moins de don (2 à 19 dons) et à Bangui. Le risque résiduel moyen de transmission virale estimé était de 6,02 pour 1000 dons de sang.

Conclusion: L'incidence de l'hépatite chez les donneurs bénévoles réguliers a augmenté de manière continue d'une année à l'autre. Le jeune âge, le sexe masculin, les donneurs réguliers ayant fait moins de don et la ville de Bangui étaient plus touchés. La présence de coïnfection par le VIH et la syphilis suggère une transmission sexuelle de l'hépatite B. Un plaidoyer en faveur d'une vaccination gratuite des donneurs réguliers et l'introduction du test génomique permettront de réduire le risque résiduel.

MOTS-CLEFS: Incidence, Hépatite B, Risque résiduel, Donneurs réguliers, Centrafrique.

1 INTRODUCTION

L'hépatite B virale (HVB) constitue un nouvel enjeu de santé publique en raison du nombre de personnes contaminées, des formes évolutives de l'infection et du coût élevé de sa prise en charge. Le passage à la chronicité dans certains cas avec le risque d'évolution vers une cirrhose et de dégénérescence en carcinome hépatocellulaire (CHC) caractérise cette infection [1]. L'incidence qui mesure le nombre de nouveaux cas d'une maladie au cours d'une période est l'un des indicateurs les plus utilisés en épidémiologie pour apprécier la morbidité [2]. Les études antérieures réalisées en République centrafricaine (RCA) concernent beaucoup plus la prévalence et les génotypes du virus. L'étude de l'incidence tient une place prépondérante dans la surveillance épidémiologique. Cette surveillance permet d'évaluer l'impact des politiques de prévention en mesurant la circulation du virus, l'incidence des formes aiguës confirmées en laboratoire, de suivre les tendances dans le temps, dans l'espace et en fonction des caractéristiques des personnes infectées. Près de 80% des sujets infectés par l'HVB ignorent leur statut du fait que l'infection chronique est souvent silencieuse [3]. Il est donc difficile de parler d'un cas incident de l'HVB chez un individu ou un primo donneur de sang qui pour la première fois découvre son statut sérologique positif. Cette observation justifie la rareté des données d'incidence de la maladie contrairement à sa prévalence. Par contre l'HVB est dite incidente chez toute personne qui après un premier test sérologique négatif, change de statut au cours de l'année. La survenue de l'HVB dans une cohorte de drépanocytaires transfusés à la pédiatrie évoquant un risque résiduel de transmission à déjà été évoqué en RCA [4]. Aussi, pour les deux villes le risque résiduel de transmission de l'HVB lors des transfusions n'est pas encore connu. Ce risque estime la probabilité qu'un receveur de sang soit transfusé avec du sang provenant d'un donneur infecté mais testé séronégatif, car prélevé avant la séroconversion (fenêtre sérologique). Les méthodes de détermination du risque résiduel sont désormais universelles et la pertinence de leurs résultats a pu faire l'objet d'une vérification réelle dans le cadre de l'hémovigilance pour certains virus [5]. La durée de la fenêtre sérologique estimée à partir des données de la littérature est de 56 jours pour l'HVB [6]. Le risque le plus élevé est retrouvé chez les donneurs bénévoles de sang (DBS) qui se présentent très tôt après la contamination pour un don de sang, avant l'apparition des marqueurs qui sont recherchés sur les dons de sang [7]. L'objectif de cette étude était d'étudier l'évolution de l'incidence de l'HVB au cours des cinq dernières années chez les DBS réguliers et de déterminer le risque résiduel dû à la fenêtre sérologique à l'origine de la transmission de l'HVB aux receveurs de sang dans les villes de Bangui et Bimbo en RCA.

2 MÉTHODOLOGIE

Cette étude rétrospective a été réalisée au Centre National de Transfusion Sanguine (CNTS) de Bangui, capitale de la RCA. La période d'étude s'étend de janvier 2015 à décembre 2019. La population d'étude était constituée des DBS se présentant sur un site de don de sang dans les villes de Bangui et Bimbo. La ville Bimbo, voisine de Bangui est le Chef-lieu de la Préfecture de l'Ombella-Mpoko. L'échantillon de l'étude, exhaustif pour les cinq années était constitué de DBS réguliers ou fidélisés qui sont des donneurs ayant fait plus d'un don de sang et habitant les deux villes. Compte tenu de la forme asymptomatique de la maladie et de son évolution vers la chronicité de manière silencieuse, il est difficile de dire si l'HVB du primo-donneur est un cas incident ou prévalent. Ceci dit, les primo-donneurs des deux villes n'ont pas été inclus dans l'étude. Un DBS peut faire quatre dons de sang dans l'année à raison d'un don tous les trois mois.

De ce fait, les données dupliquées négatives de l'HVB pour un même DBS ont été exclues de l'analyse pour éviter la sous-estimation de l'incidence. Les DBS réguliers testés positifs pour l'hépatite virale C (HVC) et le virus de l'immunodéficience acquise humaine (VIH) ne font pas partie de la population à risque du fait qu'ils étaient exclus du prochain don. Les cas incidents étaient les DBS réguliers suivis et qui après un test négatif était devenu positif pour l'HVB dans la même année. Les variables de l'étude étaient les données d'identification, les données sociodémographiques (âge, sexe, lieu de résidence, nombre de don) et les données sérologiques de l'HVB, de l'HVC, du VIH et de la syphilis (test de Bordet Wassermann ou BW). La méthode immuno-enzymatique ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbant Assay) a été utilisée pour rechercher les marqueurs viraux. La sérologie syphilitique a été recherchée par le test de RPR (Rapid Plasma Reagin ou recherche rapide de la réagine) et la confirmation a été faite en cas de positivité par le TPHA (Treponema Pallidum Hemagglutination Assay). Les autres données sérologiques en dehors de l'antigène de surface de l'HVB (AgHBs) ont été prises en compte afin de renseigner les modes de transmission de l'HVB (sexuelle ou non). Les données collectées dans les registres de laboratoire à l'aide d'une fiche de collecte ont été saisies sur Excel 2010 et analysées avec le logiciel Epi Info 7. L'analyse des données a permis de ressortir les mesures de tendance centrale (moyenne ou médiane, mode) et de dispersion (minimum, maximum, écart type) pour l'âge et le don. L'âge a été discrétisé en classe d'âge dans la suite des analyses. L'incidence exprimée en DBS-année a été déterminée comme le nombre de nouveaux cas de l'HVB survenu dans l'année divisé par le nombre de BDS à risque multiplié par le temps. L'incidence moyenne a été déterminée comme la somme des incidences annuelles divisée par cinq. A partir du nombre de cas incidents, le risque résiduel annuel a été déterminé comme le taux d'incidence pour 1000 DBS-années multiplié par la durée de la fenêtre sérologique qui est de 56 pour l'HVB. Ce risque a été rapporté aux poches de sang testées négatives. Le risque résiduel pour 1000 DBS a été obtenu par déduction à partir du risque connu (règle de proportionnalité). Le test de khi carré de Pearson significatif au seuil de 5% a été utilisé pour mettre en évidence l'existence d'une association entre la variable et l'HVB. La mesure du degré d'association a été faite par la détermination de l'odds ratio (OR) et son intervalle de confiance à 95%. Pour sa réalisation l'étude a bénéficié de l'autorisation de recherche N°574/MSP/DIR.CAB/DR/SGRHF/2017.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES DBS

Nous avons pu examiner les données de 85963 DBS de janvier 2015 à décembre 2019 parmi lesquelles 65014 données étaient exclues (30053 primo DBS et 34961 données dupliquées). Des 20949 DBS suivis, 1187 ayant contracté le VIH (n=732), l'HVC (n=451) et la coinfection VIH/HVC (n=04) à l'entrée étaient exclus de l'étude. Au total 19762 DBS réguliers répartis sur cinq années étaient donc suivis. L'âge moyen des donneurs était de 28 ans avec des extrêmes de 18 et 64 ans (écart type $\pm$ 3 ans). Le nombre de don de sang chez les DBS varie de 02 à 105 avec 05 dons en moyenne. Nous avons noté une prédominance des DBS de 25 à 34 ans (7812/19762; soit 39,53%), des DBS de sexe masculin (18831/19762; soit 95,28%) et ceux qui habitent la ville de Bangui (17780/19762; soit 89,97%) comme le présente le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des DBS réguliers

Caractéristiques	2015 n	2016 n	2017 n	2018 n	2019 n	Total n
Classe d'âge						
18 - 24 ans	1600	1215	1180	852	950	5797
25 - 34 ans	2400	1900	1517	1035	1235	8087
35 - 44 ans	607	600	1068	960	810	4045
45 - 54 ans	246	190	220	225	305	1186
55 - 64 ans	160	107	90	110	180	647
Sexe						
Masculin	4763	3792	3934	3065	3277	18831
Féminin	250	220	141	117	203	931
Classe de don						
2 - 19 dons	4549	3625	3027	2280	2689	16170
20 - 39 dons	330	235	758	630	480	2433
40 - 59 dons	95	110	207	200	193	805
60 - 79 dons	22	23	65	58	93	261
80 - 119 dons	17	19	18	14	25	93
Résidence						
1 ^{er} arrondissement	150	180	170	120	172	792
2 ^e arrondissement	350	210	350	185	205	1300
3 ^e arrondissement	82	72	95	160	190	599
4 ^e arrondissement	1000	780	840	500	605	3725
5 ^e arrondissement	1110	860	990	602	652	4214
6 ^e arrondissement	200	200	150	300	358	1208
7 ^e arrondissement	455	350	160	296	310	1571
8 ^e arrondissement	1053	800	777	520	556	3706
Poste fixe	108	160	110	172	115	665
Bimbo ^a	505	400	433	327	317	1982
Bangui ^b	4508	3612	3642	2855	3163	17780
Total	5013	4012	4075	3182	3480	19762

a =Bimbo et Bégoua; b = total des arrondissements et poste fixe

3.2 INCIDENCE DE L'HVB CHEZ LES DBS RÉGULIERS

Sur les 19762 DBS réguliers suivis, 1496 ont contracté l'HVB. Le taux d'incidence de l'HVB en constante augmentation était passé de 4,78 % en 2015 à 10,80 % en 2019. Le taux moyen d'incidence était de 7,89%. Les taux d'incidence élevés étaient plus retrouvés chez DBS de 18 à 24 ans (9,16%), les hommes (7,98%) et les DBS ayant fait 02 à 19 dons de sang (8,40%). Selon le lieu de résidence le taux d'incidence était élevé chez les DBS qui habitaient le 5^e (10,45%). Pour les deux villes, le taux d'incidence était élevé à Bangui (8,11%). Le sexe masculin était significativement associé à l'HVB ($p < 5\%$; OR = 1,80 [1,41-2,30]). Par contre l'âge avancé (35-64 ans), le don élevé (40 à 119 dons) et le lieu de résidence (ville de Bangui) assuraient un effet protecteur (OR< 1). Cet effet protecteur était significatif ($p<0,05$) comme présenté au tableau 2. Au total 80 cas de coinfections ont été enregistrés durant les cinq années (80/1496; soit 5,34%). La coinfection HVB/VIH (31/80; soit 38,75%) et HVB/syphilis (29/80; soit 36,25%) étaient les plus fréquentes.

Tableau 2. Répartition du taux d'incidence de l'HVB chez les DBS réguliers de 2015 à 2019

Année	2015			2016			2017			2018			2019			Taux moyen d'incidence
	Effectif	Cas	I %*	Effectif	Cas	I %	Effectif	Cas	I %	Effectif	Cas	I %	Effectif	Cas	I %	%
Classe d'âge	$p < 0,0001$; OR = 0,70 [0,62-0,79]															
18 – 24 ans	1600	72	4,50	1215	97	7,98	1180	112	9,49	852	120	14,08	950	131	13,78	9,96
25 – 34 ans	2400	96	4,00	1900	105	5,53	1517	120	7,91	1035	124	11,99	1235	169	13,68	8,58
35 – 44 ans	607	48	7,91	600	37	6,16	1068	52	4,86	960	50	5,20	810	45	5,55	5,93
45 – 54 ans	246	16	6,50	190	10	5,26	220	18	8,18	225	16	7,11	305	23	7,54	6,92
55 – 64 ans	160	08	5,00	107	04	3,73	90	05	5,55	110	10	9,10	180	08	4,44	5,56
Sexe	$p < 0,000001$; OR = 1,80 [1,41-2,30]															
Masculin	4763	230	4,82	3792	240	6,32	3795	288	7,58	2977	302	10,14	3220	356	11,05	7,98
Féminin	250	10	4,00	220	13	5,91	280	19	6,78	205	18	8,78	260	20	7,69	6,63
Classe de don	$p = 0,003$; OR = 0,67 [0,52-0,87]															
2 – 19 dons	4549	220	4,83	3625	237	6,53	3027	234	7,73	2280	250	10,97	2689	321	11,93	8,40
20 – 39 dons	330	15	4,54	235	10	4,26	758	60	7,91	630	57	9,04	480	40	8,33	6,81
40 – 59 dons	95	03	3,15	110	4	6,63	207	10	4,83	200	10	5,00	193	12	6,22	5,16
60 – 79 dons	22	01	4,54	23	1	4,34	65	02	3,07	58	02	3,44	93	02	2,15	3,51
80 – 119 dons	17	01	5,88	19	1	5,26	18	01	5,55	14	01	7,14	25	01	4,00	5,56
Lieu de résidence	$p = 0,0009$; OR = 0,71 [1,02-1,13]															
1 ^{er} Arrondissement	150	10	6,66	180	36	20,00	170	27	15,88	120	05	4,16	172	05	2,90	9,92
2 ^e Arrondissement	350	10	2,85	210	10	4,76	350	24	6,85	185	10	5,40	205	15	7,31	5,43
3 ^e Arrondissement	82	08	9,75	72	04	5,55	95	16	16,84	160	05	3,12	190	07	3,68	7,79
4 ^e Arrondissement	1000	40	4,00	780	24	3,07	840	33	3,93	500	63	12,60	605	82	13,56	7,43
5 ^e Arrondissement	1110	55	4,95	860	60	6,97	990	81	8,18	602	92	15,28	652	110	16,87	10,45
6 ^e Arrondissement	200	17	8,50	200	10	5,00	150	14	9,33	300	10	3,33	358	15	4,18	6,07
7 ^e Arrondissement	455	25	5,49	350	15	4,28	160	27	16,87	296	33	11,15	310	35	11,30	9,82
8 ^e Arrondissement	1053	45	4,27	800	63	7,87	777	49	6,30	520	75	14,42	556	75	13,48	9,27
Poste fixe	108	10	9,26	160	16	10,00	110	05	4,54	172	05	2,90	115	07	6,08	6,55
Bimbo	505	20	3,97	400	15	3,75	433	31	7,16	327	22	6,72	317	25	7,88	5,89
Bangui	4508	220	4,88	3612	238	6,58	3642	276	7,57	2855	298	10,43	3163	351	11,09	8,11
Total	5013	240	4,78	4012	253	6,30	4075	307	7,53	3182	320	10,05	3480	376	10,80	7,89

*= Taux d'incidence pour 100; **= p-value entre classe d'âge (18-34 ans et 35-64 ans), classe de don (2-39 ans et 40-119 dons, Bangui et Bimbo sur l'ensemble des données sérologiques (2015 à 2019)

3.3 RISQUE RÉSIDUEL DE TRANSMISSION DE L'HVB PAR TRANSFUSION

Le risque résiduel le plus faible était observé en 2018 (1,97 ‰ dons) et 2019 (1,94 ‰ dons) et le risque le plus élevé était observé en 2017 (11,19 ‰ dons). Le risque résiduel moyen était de 23,19 pour 3653 dons ou de 6,02 ‰ dons comme le montre le tableau 3.

Tableau 3. Risque résiduel de transmission de l'HVB par transfusion sanguine

Année	DBS à risque	Cas incidents	Taux d'incidence pour 1000	Risque résiduel	Risque résiduel pour 1000 dons
2015	5013	240	47,87	26,80 pour 4773**	5,61
2016	4012	253	63,06	35,31 pour 3759	9,39
2017	4075	307	75,33	42,19 pour 3768	11,19
2018	3182	320	100,56	5,63 pour 2862	1,97
2019	3480	376	108,04	6,05 pour 3104	1,94
Total	19762	1496	78,97^a	23,19^b pour 3653	6,02

a = moyenne, b = poches de sang testées négatives = DBS à risque – cas incidents

4 DISCUSSION

Cette étude a été réalisée dans le but d'étudier l'évolution de l'incidence de l'HVB chez les DBS réguliers des villes de Bangui et Bimbo. Le taux d'incidence de l'HVB chez les DBS fidélisés est en constante évolution. La RCA fait partie des zones de haute endémie de l'HVB (prévalence > 8%) ([8], [9]). Dans les pays de haute endémie, un individu est à 90 fois exposé au risque de contracter le virus [10]. Cette exposition explique la fréquence élevée des cas incidents de l'HVB chez ces DBS. Dans notre étude l'incidence moyenne de l'HVB sur les cinq années était de 7,98 pour 100 DBS-années. Cette incidence était nettement plus élevée que celle retrouvée par Namululi et collaborateurs chez les donneurs de sang de Bukavu en République Démocratique du Congo (RDC) donnant un taux d'incidence de 25,4 pour 1000 DBS-années [11], et par Kura et collaborateurs (2,16 pour 100 donneur-année) au Burkina Faso [12]. Cette incidence élevée dans notre étude se justifie par la population d'étude (population à risque) en nombre élevé (19464) comparée à celle de la RDC (3292) et du Burkina Faso (12969). Certaines études ont signalé des cas d'HVB chez les DBS réguliers. Il s'agit en principe des cas incidents de la maladie chez ces DBS puisque testés négatif lors du don précédant et accepté pour un prochain don ([13], [14]). Pour ces études l'absence des données du dénominateur (DBS à risque par le temps) ne permet pas d'avoir une idée des données de l'incidence. Par ailleurs, les données de prévalence des marqueurs viraux dans le cadre de la transfusion sanguine regroupent sans distinction des cas prévalent et incident de l'HVB ([15], [16]). L'incidence de l'HVB dans les pays industrialisés est en diminution progressive en raison de la disponibilité d'un vaccin efficace, au traitement antiviral, mais aussi grâce à d'autres mesures préventives telles que le dépistage pendant la grossesse et l'amélioration de la sécurité transfusionnelle [17]. Pour les cinq années l'incidence moyenne estimée était de 7,97 pour 100 DBS-années (79,85 pour 1000 DBS-années). Les DBS fidélisés ayant contracté l'HVB s'ils n'arrivent pas à guérir de la maladie sont exposés au risque de développer l'ascite et le CHC avec le temps. L'HVB est une infection ré-émergente avec l'apparition de nouveaux variants du virus déjà signalés [18]. Selon l'âge, les jeunes DBS étaient plus touchés par l'HVB. Le taux d'incidence élevé dans ces deux groupes d'âge est en accord avec les données des études de Nambei et collaborateurs réalisées en 2013 au CNTS et montrant un taux élevé de l'HVB pour ces deux groupes d'âge [13]. Les données de notre étude ont montré que les cas incidents étaient plus fréquents chez les jeunes DBS et que l'âge avancé assure un effet protecteur contre l'HVB. Cette tendance montrant une prédominance de la maladie chez les jeunes DBS rejoint celle rapportée en Côte d'Ivoire [19]. Cette observation est en accord avec les données de littérature selon laquelle l'âge est un facteur important dans la diffusion d'une maladie pour deux raisons. La résistance d'un sujet peut dépendre de l'âge. Le comportement d'un sujet change avec l'âge; car la probabilité qu'un individu s'engage dans une activité sexuelle à risque décroît avec l'âge. Aussi l'impact de l'âge sur des aspects tels que le changement de partenaires sexuels est pris en compte par certains modèles [20]. Les cas incidents de l'HVB étaient plus fréquents chez les DBS ayant fait moins de don de sang. Il s'agit en réalité des DBS jeunes qui n'ont pas une bonne prise de conscience de la maladie. Le taux moyen d'incidence était en faveur du sexe masculin (7,98%). La prédominance du genre masculin dans les données de l'HVB a été déjà rapportée ([8], [11], [12], [21]). Selon le lieu de résidence, le taux moyen d'incidence était élevé à Bangui et la ville de Bimbo assurait un effet protecteur. Le risque résiduel varie de 1,94 à 5,61 pour 1000 dons de sang entre 2014 et 2018 (tableau 3). Le risque résiduel moyen était de 6,02 pour 1000 dons. D'une manière générale le risque résiduel s'explique par le fait que le test de laboratoire n'est pas en mesure de détecter précocement l'agent pathogène, d'où nécessité de mise en route des tests génomiques pour la détection de l'ADN viral dans certains pays. Ce risque n'existe pas pour les poches de sang testées positives pour l'HVB. Les poches à risque étaient celles faussement négatives. Le risque qu'un receveur de sang soit réellement contaminé dépend de la charge virale présente au moment du dépistage et du composant sanguin qui peut être du plasma ou du sang total. Le traitement du plasma par des procédés physico-chimiques permet de réduire au maximum le risque infectieux; mais cela n'est pas le cas pour le sang total à cause des hématies [22]. En RCA dans 98% des cas le sang transfusé n'est que du sang total. Les receveurs de sang provenant des DBS fidélisés lors du précédent don sont exposés au risque de contamination (risque résiduel) par l'HVB ou les coinfections parfois associées (VIH ou HVC). Il s'agit de la période avant la séroconversion qui souvent échappe à certains tests. Ce risque résiduel a déjà été rapporté par Gody et collaborateurs chez les drépanocytaires au Complexe Pédiatrique de Bangui et par d'autres auteurs ailleurs ([4], [23]). Certains auteurs ont évoqué que le risque de contracter une hépatite post-transfusionnelle de l'ordre de 12,5% chez les patients transfusés [24]. Pour les poches de sang administrées entre 2015 et 2019 le risque résiduel moyen de transmission virale de l'HVB était de 23,19 pour 3653 dons ou de 6,02 pour 1000 dons. Un risque résiduel moins élevé que le nôtre a été rapporté par Touré-Fall et collaborateurs au Sénégal (138/100000 dons; soit 1,38 pour 1000) en trois ans [25], Namululi et collaborateurs au Congo Démocratique (1 pour 257 dons) [11], Kura et collaborateurs au Burkina Faso (1 pour 302 dons) [12] et au Cameroun (4,3 pour 1000 transfusions) de 2014 à 2016 (2,1 à 4,25 pour 1000 dons) [26]. L'absence de détection du virus par les techniques performantes de dépistage sérologique considérée comme l'un des facteurs de risque de contamination des receveurs de sang a été déjà évoqué ([27], [28]). Un test sérologique a la capacité de détecter à la fois les infections aiguës et les infections chroniques dont l'ARN viral n'est pas parfois détectable par la réaction de polymérisation en chaîne (PCR). Par contre ce test sérologique n'arrive parfois pas à détecter précocement une infection virale; contrairement au test génomique. La combinaison de deux techniques de dépistage dont un test sérologique sensible

et un test génomique est recommandée en biologie médicale surtout dans le cadre de la sécurité transfusionnelle ([3], [7]). La mise en route d'une telle combinaison serait un atout pour le CNTS; car elle permettra de réduire au maximum tout risque résiduel de transmission de l'HVB aux receveurs de sang des deux villes et de certaines formations sanitaires de l'arrière-pays qui se font ravitailler en sang depuis Bangui. Aussi, en absence du test génomique le contrôle de qualité des poches de sang à transfuser par un test de dépistage rapide de l'HVB est indispensable avant la transfusion. Le risque résiduel lié à la technique comme les erreurs de manipulation, d'interprétation des résultats de la sérologie AgHBs, souvent faible et de non détection de certain variant comme pour l'HVB occulte n'ont pas été pris en compte faute d'un contrôle de qualité pré-transfusionnel à Bangui. Les cas incidents de coinfection HVB/VIH (n=31), et HVB/syphilis (n=31) rapportés ici étaient les plus fréquents, suivis des cas de la coinfection HVB/HVC (n=29). La coinfection par ces virus ou la syphilis renseigne sur le mode de contamination de certains DBS réguliers. La transmission de l'HVB serait sexuelle pour les cas de coinfection avec le VIH et la syphilis. Les DBS ayant contracté ces coinfections étaient tous de sexe masculin. La transmission de la coinfection qui peut être hétérosexuelle ou homosexuelle a déjà été rapportée en RCA ([13], [29]). En dehors de la transmission sexuelle, d'autres facteurs de risque pourraient expliquer la transmission de l'HVB chez les DBS. La littérature rapporte aussi que la fenêtre sérologique peut varier d'un DBS à l'autre et s'écarter des valeurs définies et qu'une coinfection pourra éventuellement allonger la période silencieuse en raison des interactions génomiques [30].

5 CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'apprécier l'évolution de l'incidence de l'HVB sur une période de cinq années dans les villes de Bangui et Bimbo en Centrafrique. L'incidence de l'HVB est en constante évolution d'une année à l'autre chez les DBS réguliers des deux villes. Les taux d'incidence étaient plus élevés chez les jeunes, les hommes, les DBS ayant fait moins de don et ceux qui résident à Bangui. La fréquence élevée des cas incidents nécessite un renforcement de la surveillance épidémiologique pour le contrôle de l'infection. Le sexe était significativement associé à la survenue de l'HVB chez les DBS réguliers. L'endémicité de l'HBV en RCA expose les DBS au risque élevé de contracter la maladie et justifie par conséquent le nombre élevé des cas incidents. La présence de coinfections HVB/VIH et HVB/syphilis suggère une transmission sexuelle de l'HVB chez les DBS réguliers. Le risque résiduel de la transmission du virus lors des dons de sang n'est pas nul. Pour le CNTS la combinaison de deux méthodes de diagnostic plus sensibles dont un test sérologique et un test génomique est nécessaire. Ceci permettra dans le cadre de la sécurité transfusionnelle de minimiser le risque résiduel viral lors des transfusions sanguines. En attendant la mise en route du test génomique le contrôle de qualité des poches de sang à transfuser par un test de dépistage rapide de l'HVB est indispensable avant toute transfusion. Enfin, la vaccination des DBS réguliers et la mise à disposition des informations sur les facteurs de risque de l'HVB sont des perspectives à mettre en œuvre afin de stabiliser son incidence dans les deux villes.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article remercient le Dr Hyacinthe Nguinda, Directeur sortant du CNTS, Mr Raoul Moussa, Major de l'Unité de Sérologie, Mr Freddy Ngando, Major de l'Unité d'Immuno-Hématologie, Mr Pacific Nadjialngar, Chargé des bases de données du CNTS, ainsi que les membres de l'équipe mobile de collecte des données pour leur franche collaboration ayant permis la réalisation de cette étude. Les auteurs remercient également les DBS réguliers qui par cet acte de bénévolat en faveur de l'humanité.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

Chaque auteur a contribué à la rédaction de ce manuscrit.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Aucun

FINANCEMENT

Aucun

REFERENCES

- [1] Wright TL, Lau JYN. Clinical aspects of hepatitis B virus infection. *Lancet* 1993; 342: 1340-1344.
- [2] Pascal Astagneau, Thierry Ancelle. Surveillance épidémiologique: principes, méthodes et applications en santé publique. Médecines Sciences publications, Lavoisier 2011; 360p. www.medecine.lavoisier.fr. Consulté le 04 mars 2021.
- [3] Conseil Supérieur de la Santé. Comportements sexuels à risque et don de sang; Partie I: Donde sang par les HSH. Bruxelles: CSS; 2016. Avis n° 9291. www.css-hgr.be. Consulté le 12 mai 2021.
- [4] Gody JC, Essomo Megnier-Mbo CM, Chelo D, Guindo A, Gabato W, Bureau JJ et al. Survenue du VIH et du VHB dans une Cohorte d'Enfants Drépanocytaires Transfusés au Complexe Pédiatrique de Bangui. *Health Sci. Dis*, 2014; 15 (2): 1-5.
- [5] Assal A, Coste J, Cornillot C, Smilovici W, Laperche S, Pillonel J et al. Results of nucleic acid testing (NAT) in France: a 16-months routine experience, abstract, ISBT VIII Regional Congress, 2003.
- [6] Fong TL, DI Bisceglie AM, Biswas R, Waggoner JG, Wilson L, Claggett J et al. High levels of viral replication during acute hepatitis B infection predict progression to chronicity. *J Med Virol* 1994; 43: 155-58.
- [7] Couroucé AM, Pillonel J. Estimation du risque de transmission des virus des hépatites B et C et des rétrovirus par transfusion des dérivés sanguins labiles. *Transfusion Clinique et Biologique* 1996; 3 (1): 13-18.
- [8] Nambei WS, Gamba EP, Gbangbangai E, Sombot-Ndicky S, Bogon A, Sezongo O. Place de l'hépatite virale b seule ou associée au VIH parmi les causes d'affections hépatiques et rénales chez les adultes à Bangui, Centrafrique. *Rev. CAMES Santé* 2014; 2 (1): 19-23.
- [9] Komaz NP, Baï-Sepou S, Manirakiza A, Leal J, Béré A, Le Faou A et al. The prevalence of hepatitis B virus markers in a cohort of students in Bangui, Central African Republic. *BMC Infectious Diseases*, 2010; 10: 226.
- [10] OMS. Rapport de la soixante-treizième Assemblée mondiale de la santé sur l'hépatite virale; OMS; 2010. Consulté le 23 mai 2021.
- [11] Namululi B, Guerrieri C et Dramaix-Wilmet M. Prévalence et incidence du VIH et de l'hépatite B chez les donneurs de sang et estimation du risque résiduel de transmission du virus VIH et du virus VHB par la transfusion sanguine; une étude à l'hôpital provincial général de référence de Bukavu, République démocratique du Congo. *Revue d'épidémiologie et de santé publique* 2013; 61 (2): 139-144.
- [12] Koura N, Héma A, Coulibaly A, Ouattara ZD, Béré-Somé CC, Somda KS et al. Incidence et risque résiduel de transmission des virus de l'hépatite B et C par transfusion sanguine à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso): Étude de cohorte. *Science et Technique, Sciences de la Santé, Journal Home* 2017; 40 (2).
- [13] Nambei WS, Rawago-Mandjiza D et Gbangbangai E. Séro-épidémiologie du VIH, de la syphilis et des virus des hépatites B et C chez les donneurs de sang à Bangui, République centrafricaine. *Med Sante Trop* 2016; 26: 192-98.
- [14] Mitima Kashosi T, Kivukuto Mutendela J, Lupande Mwenebitu D, Kabinda Maotela J, Kanigula Mubagwa. Contrôle de qualité virologique du sang transfusé dans la ville de Bukavu, Sud Kivu, République Démocratique du Congo. *Pan African Medical Journal* 2018; 30: 193.
- [15] Diarra A, Kouriba B, Baby M, Murphy E, Lefrere JJ. HIV, HCV, HBV and syphilis rate of positive donations among blood donations in Mali: lower rates among volunteer blood donors. *Transfusion clinique et biologique* 2009; 16 (5): 444-447.
- [16] Ngama Kakisingi C, Mukuku O, Kapend Matanda S, Muteya Manika M, Kabila Kyabu V, Ilunga Kasamba E et al. Profil épidémiologique et séroprévalence des donneurs de sang aux cliniques universitaires de Lubumbashi, République Démocratique du Congo. *Pan African Medical Journal* 2016; 23: 175.
- [17] Doerig C, Antonino A, Pache I, Morad D. Prise en charge de l'hépatite B chronique: un défi en évolution constante. *Rev Med Suisse* 2010; 10: 168-73.
- [18] Zoulim F. Mechanism of viral persistence and resistance to nucleoside and nucleotide analogs in chronic hepatitis B virus infection. *Antiviral Res* 2004, 64: 1-15.
- [19] Kra O, N'Dri N, Ehui E, Ouattara B, Bissagnene E. Prévalence de l'antigène HBs chez les donneurs de sang au centre régional de transfusion sanguine de Bouaké en 2001. *Bull Soc Pathol Exot* 2007; 100; 2: 127-129.
- [20] Epidémiologie: Plan de crise pour une pandémie, épidémiologie du suicide. BooksLLC, 2010, USA, 264 p. <http://booksllc.net/contactus.afm>.
- [21] Tessema B, Yismaw G, Kassau A, Amsalu A, Mulu A, Emmrich F et al. Seroprevalence of HIV, HBV, HCV and syphilis infections among blood donors at Gondar University teaching hospital: Northwest Ethiopia: declining trends over a period of five years. *BMC Infect Dis* 2010; 10 (1): 111.
- [22] Weusten JJ, van Drimmelen AA, Lelie PN et al. Mathematic modeling of the risk of HBV, HCV and HIV transmission by window phase donations not detected by NAT. *Transfusion* 2002; 42: 537-48.
- [23] Ngo Sack F, Noah Noah D, Haman Zouhairatou, Dora Mbanya. Portage de l'antigène HBs et des anticorps anti-VHC chez le drépanocytaire homozygote à l'Hôpital Central de Yaoundé. *Pan African Medical Journal* 2013; 14: 40.

- [24] Fasola FA, Otegbayo IA. Post-transfusion hepatitis in sickle cell anemia, retrospective prospective analysis. *Nig J Clin Pract* 2002; 5: 16-9.
- [25] Touré-Fall AO, Dièye TND, Sall A, Diop M, Seck M. Risque résiduel de transmission du VIH et du VHB par transfusion sanguine entre 2003 et 2005 au Centre national de transfusion sanguine de Dakar (Sénégal). *Transfusion clinique et biologique* 2009; 16 (5): 439-443.
- [26] Jayaraman S, Chalabi Z, Perel P. The risk of transfusion-transmitted infections in sub-Saharan Africa. *Transfusion* 2010; 50: 433-42.
- [27] Hannachi N, Boughammoura L, Marzouk M, Tifha M, Khelif A. Le risque infectieux viral chez le polytransfusé: séroprévalence de sept agents viraux dans le centre tunisien. *Bulletin de la Société de pathologie exotique* 2011; 104 (3): 220-225.
- [28] Kabinda JM, Bulabula AN, Donnen P, Fiasse R, Van den Ende J. Residual Risk of Transmission of HIV and Hepatitis B and C by Blood Transfusion in Bukavu in the Democratic Republic of Congo. *Open Journal of Epidemiology* 2014; 4 (3): 157- 163.
- [29] Longo J, Mbeko Simaleko M, Camego SP, Diemer HS, Brückner G, Bélec L et al. Forte prévalence de l'infection à VIH dans la population des hommes ayant des rapports sexuels avec d'autres hommes à Bangui, en République Centrafricaine. *Health Sci. Dis* 2015; 16 (4).
- [30] Ridzon R, Gallagher K, Ciesielski C, Mast Eric, Ginsberg MB, Betty JR et al. Simultaneous transmission of human immunodeficiency virus and hepatitis C virus from a needle-stick injury. *NEJM* 1997; 336: 919-22.

Production anti-écologique de charbon de bois en périphérie des localités Kinseki et Ntampa: Une nécessité de recourir au langage de modélisation UML pour la lutte contre la déforestation

[Anti-ecological production of charcoal on the outskirts of Kinseki and Ntampa localities: A need to use UML modeling language for the fight against deforestation]

Sylvain Mavinga¹, Félicien Lukoki², D. E. Musibono³, Apollinaire Biloso⁴, and Lambert Binzangi⁵

¹Unité de Communication Environnementale, Faculté des Sciences Agronomiques, Département des Ressources Naturelles, BP 314 Boma, RD Congo

²Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Biologie, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

³Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département d'Economie Agricole, BP 117 Kinshasa XI, RD Congo

⁵Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Sciences de l'Environnement, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2022 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 Kinseki and Ntampa, the traditional oven (earth millstone) is the only technique used which is used in the process of the anti-ecological production of charcoal « makala ». Its qualitative and quantitative yield depends on the good handling of experienced and conscientious charcoal burners. Nevertheless, it leads to the destruction of biotopes, reduces forest or savannah biological diversity, degrades the soil, modifies the proper functioning of the biogeochemical and climatic cycles of the surrounding environment. Indeed, the majority of the peasant community remains in ecological ignorance which does not allow it to fight against the regressive series which characterizes the forest or the savannah, therefore the major concern of the charcoal burners is to have a large quantity of plant species in as little time as possible, without making a physical environmental accounting of the phytomass. This way of behaving transforms the primitive woody landscape into an anthropogenic grassy landscape and particularly accelerates deforestation. How to model with UML, the anti-ecological production system of charcoal, in order to fight against deforestation? What are the plant species most exploited by charcoal burners for the production of charcoal? With regard to these two questions, it is considered that the design of activity diagrams based on environmental and computer knowledge seems to be adequate to fight against deforestation; the most exploited species are those found in the savannas.

The results obtained in the field show that the anti-ecological production of charcoal is practiced either in the forest (opinion of 88% of the subjects surveyed), or in the savannah (opinion of 12% of the subjects surveyed); no coal maker applies ecological principles (opinion of 100% of subjects surveyed); 91% of surveyed households are composed of more than 5 people against 9% who have only less than 5 people; 91% of the subjects surveyed have a low monthly income (i.e. less than \$199); 100% of the subjects surveyed do not replace cut trees in the forest or savannah with others.

KEYWORDS: Anti-ecological production, charcoal, Kinseki, Ntampa, traditional oven, deforestation, UML.

RESUME: A Kinseki et à Ntampa, le four traditionnel (meule de terre) est la seule technique utilisée qui est mise à contribution dans le processus de la production anti-écologique de charbon de bois « makala ». Son rendement qualitatif et quantitatif dépend de la bonne manipulation des charbonniers expérimentés et consciencieux. Néanmoins, elle entraîne la destruction des biotopes, réduit la diversité biologique forestière ou savannicole, dégrade les sols, modifie le bon fonctionnement des cycles biogéochimiques et climatiques de l'environnement ambiant. En effet, la majorité de la communauté paysanne reste dans l'ignorance écologique qui ne lui permet pas de lutter contre la série régressive qui caractérise la forêt ou la savane, dès lors la préoccupation majeure des charbonniers est d'avoir une grande quantité d'espèces végétales en moins de temps possible, sans faire une comptabilité environnementale physique de la phytomasse. Cette façon de se comporter, transforme le paysage ligneux primitif en paysage herbeux anthropogène et accélère particulièrement la déforestation. *Comment modéliser avec UML, le système de production anti-écologique de charbon de bois, en vue de lutter contre la déforestation ? Quelles sont les espèces végétales les plus exploitées par les charbonniers pour la production de charbon de bois ?* Au regard de ces deux questions, l'on estime que la conception des diagrammes d'activités fondés sur des connaissances environnementales et informatiques semble être adéquate pour lutter contre la déforestation; les espèces les plus exploitées sont celles qui se trouvent dans les savanes.

Les résultats obtenus sur le terrain permettent de retenir que la production anti-écologique de charbon de bois se pratique soit dans la forêt (avis de 88 % des sujets enquêtés), soit dans la savane (avis de 12 % des sujets enquêtés); aucun charbonnier n'applique les principes écologiques (avis de 100 % des sujets enquêtés); 91 % de ménages enquêtés sont composés de plus de 5 personnes contre 9 % qui n'ont que moins de 5 personnes; 91 % des sujets enquêtés ont un revenu mensuel faible (soit moins de 199 \$); 100 % des sujets enquêtés ne remplacent pas des arbres coupés en forêt ou en savane par d'autres.

MOTS-CLEFS: Production anti-écologique, charbon de bois, Kinseki, Ntampa, four traditionnel, déforestation, UML.

1 INTRODUCTION

«En l'an 2000, le secteur boisé recouvrait environ 3,9 milliards d'hectares, soit en gros 30% de la surface émergée de la planète, mais chaque année, le couvert forestier mondial se réduit » (Lester, 2001). «Dans les forêts africaines, les populations s'intéressent beaucoup plus à l'exploitation de bois que toute autre ressource végétale, provoquant par ce fait la déforestation. Comme on peut le remarquer, «les activités pratiquées par l'homme dans les forêts tropicales sont souvent la cueillette, l'extraction de bois pour l'énergie domestique..., doublés de feu, qui dégrade la surface de la Terre, et cela, de manière encore plus étendue» (Binzangi, 1989). Qui plus est, au début du 20^{ème} siècle, les villes, cités, localités et villages de la République Démocratique du Congo (RDC) étaient entourés des écosystèmes forestiers que les populations considéraient comme de véritables réservoirs, en ce qui concerne les combustibles ligneux, autrement appelés pétrole du pauvre". Mais à ce jour, spécialement dans les milieux forestiers, le prélèvement de milliers de tonnes de grumes et d'autres formes d'exploitation représentent une menace en RDC. «La pression anthropique exercée sur les forêts congolaises trouve partiellement sa justification dans la quête de la survie des populations» (Mavinga, 2013).

A Kinseki et à Ntampa, la déforestation progresse de manière démesurée et a une gravité telle que tout autour des implantations humaines, il n'y a que de savanes, dont la biomasse a fortement diminué. Cela est dû notamment à la pression démographique toujours croissante, à l'intensité de l'agriculture non sédentarisée, à la récolte du bois de feu, à la production anti-écologique de charbon de bois, à la faiblesse des institutions qui devraient gérer la forêt, au non-respect de la jachère, etc. Eu égard à ce qui précède, l'on se pose la question suivante: *Quels sont les principaux sites de production de charbon de bois ?* Les savanes restent probablement les principaux sites de production anti-écologique de charbon de bois.

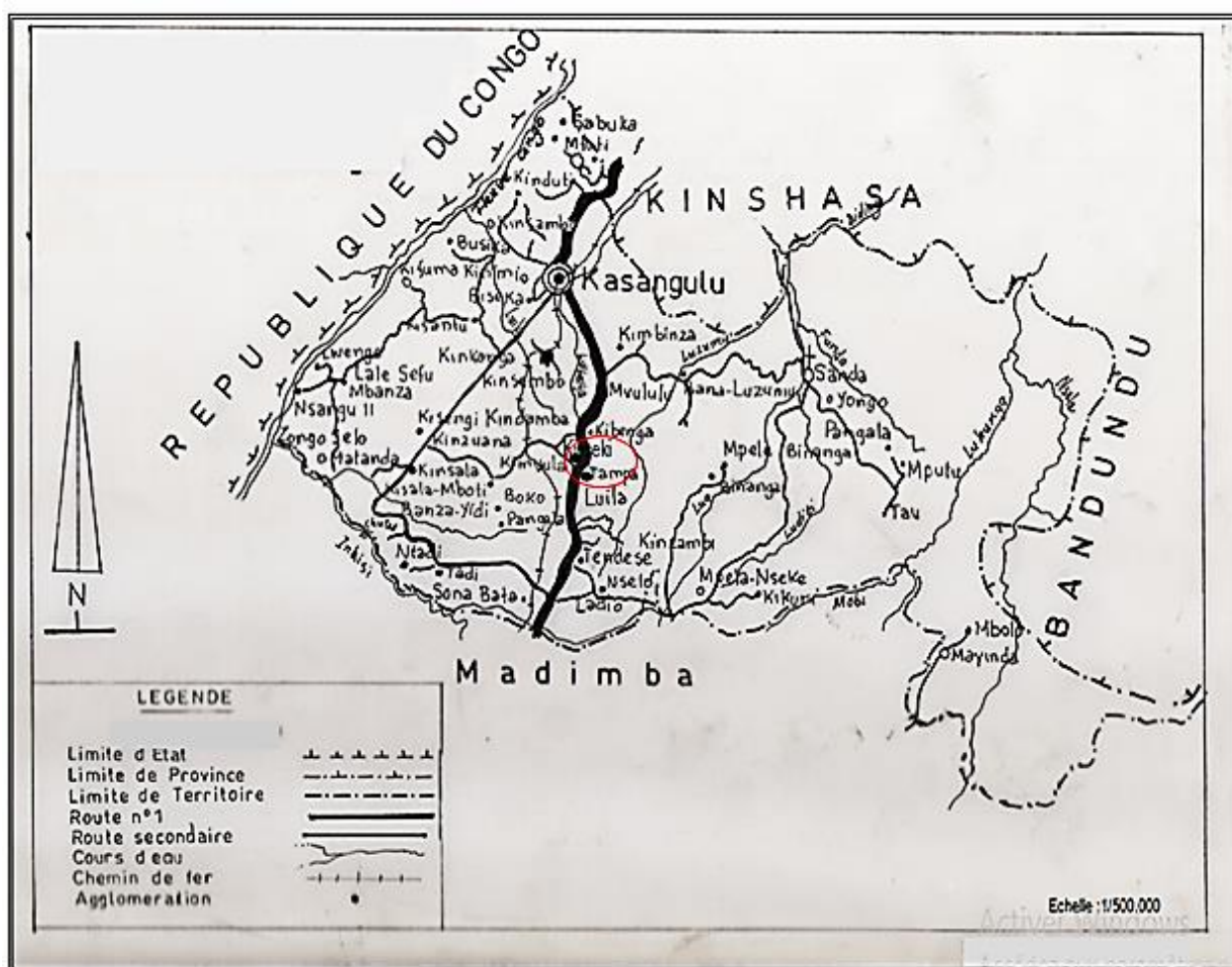
L'objectif global de cette publication scientifique est de permettre la restauration des milieux forestiers illégalement exploités à Kinseki et à Ntampa, en développant des boîtes à idées modélisées et des recommandations pour les populations locales, décideurs politiques, chercheurs, opérateurs économiques, etc. Les objectifs spécifiques de l'étude sont en effet: concevoir à l'aide des diagrammes d'activités des ménages un modèle qui décrit le déroulement des activités liées à l'utilisation illégale de la forêt ou de la savane ainsi que la plantation des arbres dans l'aire d'étude; déterminer les principales espèces végétales les plus exploitées par les charbonniers; analyser les variantes qui sont liées aux principaux sites de production anti-écologique de charbon de bois. En plus, cette recherche propose aux différents scientifiques et acteurs environnementaux les solutions durables qui peuvent significativement atténuer la progression des activités qui conduisent à la dégradation et à la déforestation.

2 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

Le milieu exploité est le territoire de Kasangulu/province du Kongo Central (carte 1). Avec sa superficie de 4 680 km², il comporte trois secteurs: Kasangulu, Luila et Lukunga Mputu. Dans le cadre de cette étude, les localités Kinseki et Ntampa ont été prises en compte, du fait qu'elles sont réputées pour leur grande production de charbon de bois. Elles renferment non seulement la population indigène appartenant à des différentes tribus relevant de la grande ethnie des "Bakongo", mais aussi celle qui tire le plus clair de ses ressources des produits forestiers ligneux destinés principalement à l'approvisionnement de grands centres de Kinshasa qui deviennent toujours plus peuplés.

Le terme "Kasangulu" tire son origine de l'existence à l'époque coloniale, à la cité de Kasangulu, d'un grand marché où les portugais venaient faire le troc des étoffes appelés "Kasa" (une sorte de tissu noir bleuâtre très dur et fort apprécié par la population paysanne) avec des porcs ("Ngulu" en Kikongo), amenés par les paysans. C'est pourquoi, on baptisera ce lieu de Kasangulu, au détriment de son ancienne appellation, "Kigalu". Ce nom sera étendu à l'ensemble du territoire de Kasangulu qui faisait partie du district des Cataractes. Les termes "Kinseki" et "Ntampa" tirent leur origine d'avant l'époque coloniale. Kinseki a été construit sous l'existence du chef M'voto venant de Kongo dia Ntotila, c'est-à-dire de San Salvador en Angola et Ntampa, sous le règne du chef Mamputu qui fut un grand meurtrier. Ces deux localités sont construites sur un plateau dont le Sud-Est est dominé par une plaine rattachée à un talus dont la composition géologique présente deux types de roches sédimentaires: cohérente et meuble.

« Du point de vue pédologique, les sols kaolisols sont les plus répandus. Quant à la végétation, elle est composée d'une mosaïque faite de forêts et de savanes » (Binzangi, 1998). En outre, certains arbres, arbustes et arbrisseaux sont clairsemés avec des troncs tortueux, conséquence directe des incendies occasionnés par les mange-forêts. De ce fait, la végétation climacique a fini par laisser sa place à des pyrophytes. En plus, les syndromes de la végétation perturbée sous la pression de la population locale sont devenus très visibles dans le milieu rural exploré. Sur le plan phytogéographique, «le Kongo Central en général, et les localités susmentionnées en particulier, appartient à la région guinéo-congolaise, domaine du bassin congolais. Dans cet espace géographique, la flore présente une large prédominance des éléments guinéens» (Lukoki, 2005).



Carte 1. Les Localités Kinseki et Ntampa dans le Territoire de Kasangulu

Source: Institut Géographique du Congo, 2012

Quant à l'aspect politico-administratif, « Kinseki et Ntampa se trouvent dans le groupement Ntampa, qui englobe au total 45 localités » (Manoka, 2021). Cependant, Kinseki est située à 79 km de Kinshasa, par contre Ntampa à 77 km. Dans ces deux localités, la situation instable des ménages, le prélèvement des produits forestiers ligneux sans aménagement ni planification, sont parmi les causes immédiates de la dégradation forestière ou de la déforestation. La coupe des arbres et des arbustes pour répondre aux besoins immédiats du bois de feu, a appauvri le sol, et cela, a sensiblement installé tout un cortège de misères chez un bon nombre de paysans, entre autres, l'insécurité alimentaire, la malnutrition chronique, la pauvreté persistante. A cet effet, Malele et Ritvisay (1986) précisent que l'exploitation et la production du bois énergie dans la Province du Kongo Central se fait de manière artisanale, particulièrement dans le district de la Lukaya.

3 MATÉRIEL ET APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Pour avoir les données fiables concernant la réussite de cette publication scientifique, nous avons exploité un matériel approprié comprenant: un GPS de marque Garmin (pour matérialiser divers points repérés), un mètre ruban (pour mesurer les dimensions de meules de terre exploitées par les charbonniers). En plus, le logiciel Excel Microsoft 2016 a permis de résumer les tableaux et les graphiques. La saisie et le traitement de texte ont été effectués dans Word Microsoft 2016. Pour tester la cohérence des données (liens entre les variables), nous avons utilisé le logiciel SPSS 20.

L'approche méthodologique que nous avons suivie dans le cadre de cette étude scientifique a constitué un ensemble d'enjeux liés au choix des localités, méthodes de recherche, techniques de collecte et d'analyse. Le choix des localités était fait de manière aléatoire. Pour sélectionner les localités étudiées, Bedu et *al.* (1987) rappellent qu'il est important de connaître d'abord leurs pratiques sociales et économiques. De ce fait, Kinseki et Ntampa ont été retenues après la visite de plusieurs

localités du territoire de Kasangulu. En se basant sur le constat énoncé par le PNUD/UNOPS (1998) cité par Biloso (2008): « *En cas d'absence de statistiques plus précises, il vaut mieux prendre des mesures fondées sur un jugement sain, même s'il n'est pas trop documenté que d'attendre sans fin d'obtenir des statistiques adéquates ou encore de ne rien faire du tout* », nous avons consulté les informants clés afin d'avoir leurs avis sur les aspects abordés. Il s'agit de deux chefs coutumiers de terres (les anciens de 3^{ème} et 4^{ème} âges), deux agents de l'Agence Nationale des Renseignements, d'un chef de groupement Ntampa. Cependant, ni informations détaillées concernant le recensement de la population ou des indices de pauvreté à l'échelle des localités, ni des cartes détaillées et récentes n'étaient disponibles. Ainsi, les principales informations recensées sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Principales informations sur les localités Kinseki et Ntampa

Critère	Localité	
	Kinseki	Ntampa
Etat de la forêt	Forêt naturelle très dégradée, pas de plantations	Forêt naturelle très dégradée, pas de plantations
Nombre de ménages approximatifs	400	350
Activités principales	Production de charbon de bois	Production de charbon de bois
Disponibilité de revenus mensuels	Faible	Faible
Eloignement de la forêt par rapport aux localités cibles		
Période d'exploitation de la forêt	Distance estimée (en km)	Distance moyenne estimée (en km)
2015-2020	De 8 à 11	9,5 ± 2,12

Le tableau 1 permet de constater qu'entre 2015 et 2020, la série régressive a déjà pris des dimensions spatiales très importantes suite au renchérissement des combustibles conventionnels, de l'électricité, des appareils électro-ménagers, etc.

S'agissant de méthodes, nous avons utilisé l'observation transversale, l'approche systémique, l'analyse statistique. Quant aux techniques, nous avons recouru à la recherche documentaire, la pré-enquête et connaissance de l'aire d'étude, l'échantillonnage, l'enquête par questionnaire, l'interview guidée. Pour comparer les fréquences de deux groupes afin d'inférer une relation, nous avons appliqué le test statistique Chi-carré (χ^2) en vue de rejeter ou non l'hypothèse nulle (H_0), donc de prendre une décision.

Pour ce qui est de la modélisation, UML a été utilisé en vue de dégager un processus de décision et stratégique lié à l'utilisation de la forêt ou de la savane.

3.1 ECHANTILLONNAGE

Les enquêtes ainsi que des discussions ouvertes combinées avec des observations sur le terrain étaient les principaux outils pour étudier les processus de la production anti-écologique de charbon de bois qui se pratique dans les zones périphériques de Kinseki et Ntampa. Dans un premier temps, des discussions ouvertes avec un responsable d'ONG local et deux représentants des autorités territoriales concernées avec "la gestion des forêts" ont été menées. Subséquemment, des interviews semi-directifs avec les chefs coutumiers de terre de Kinseki et Ntampa, deux anciens de 3^{ème} et 4^{ème} âges, ainsi qu'avec trois informateurs clés concernant, entre autres, le cadre historique et culturel des localités, l'utilisation des terres, la collecte et la vente de charbon de bois. En substance, cinquante paysans dans chaque localité ont été enquêtés. Les interviews abordaient le thème relatif à l'obtention d'un permis de coupe d'arbres auprès de l'Etat congolais avant l'exploitation, à la sélection des espèces végétales les plus utilisées, aux dimensions requises par du bois à carboniser, aux sites de production anti-écologique de charbon de bois, à la pratique de la jachère forestière. Avec les données collectées lors de ces discussions ouvertes, des variables telles que le nombre de personnes étant rattaché aux ménages, la fourchette de revenus mensuels, l'utilisation de la forêt ou de la savane et les plantations des arbres permettant de caractériser les ménages ont été identifiées.

De plus, une enquête effectuée à l'aide d'un court questionnaire semi-directif à questions fermées portant sur les ménages a permis d'obtenir des informations caractérisant ces derniers. Ainsi, 100 questionnaires fermés avaient été respectivement réalisés à Kinseki et à Ntampa.

4 ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT DU SYSTÈME DE L'INCENDIE DE FORÊT OU DE SAVANE

L'analyse de l'environnement du système de l'incendie de forêt (figure 1) permet de construire une vision simplifiée d'une réalité complexe qui existe entre homme, faune, végétation, topographie et climat (Napoli, 2021). Malheureusement, elle n'est pas bien comprise par le pyromane ou charbonnier qui exploite démesurément la forêt tout comme la savane, et ce, bouleverse tout un système des interactions multiples et complexes qui existent entre les paysans et leur milieu naturel. Or, la forêt ou la savane renferme un ensemble d'éléments physico-chimiques qui détermine un milieu dans lequel vivent une flore et une faune spécifiques. Ce pourquoi son ordre qualitatif doit être préservé.

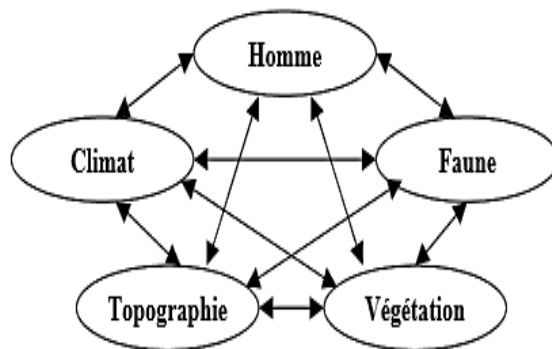


Fig. 1. L'environnement du système incendie de forêt

Source: Napoli, 2021

Eu égard à ce qui précède, il y a lieu de remarquer que l'environnement de système de l'incendie de forêt ou de savane repose sur l'interaction ou l'interrelation, la totalité ou globalité et l'organisation d'éléments. L'interaction ou l'interrelation n'est rien d'autre que l'action réciproque des éléments en présence. La totalité ou la globalité est donc l'unité des éléments dans leur ensemble. Et tout en étant ensemble, la totalité ne se réduit pas à la somme des parties du système, d'où « le tout est plus que la somme de ses parties ». L'organisation fait comprendre ce qu'un système. Cette dernière apparaît dans l'agencement d'une totalité en fonction de la répartition de ses éléments en niveaux hiérarchiques. C'est-à-dire, la matière, l'énergie et l'information s'assemblent et forment une totalité pour le bon fonctionnement des structures fonctionnelles dans la forêt et la savane. Selon leur degré d'organisation, une totalité n'aura pas les mêmes propriétés.

5 MODÉLISATION UML

«UML ou langage de modélisation unifié, de l'anglais Unified Modeling Language, est un langage de représentation des modèles, basé sur des notations graphiques simples et compréhensibles par des non scientifiques. C'est donc un outil de dialogue qui devient progressivement la référence en termes de modèles-objets » (Bommel, 2004). L'objet représente le module élémentaire de ce concept de modélisation. Il est décrit comme une entité regroupant un ensemble de données, les actions qu'on peut faire sur elles et leur comportement. En outre, un diagramme UML est une représentation graphique, qui s'attache à une forme précise du modèle. « Le langage UML est utilisé pour spécifier le modèle et pour le simplifier au mieux sans perdre de vue le principal objectif qui est de garder une certaine complexité » (Promburom et al., 2005). A cet effet, Mavinga (2021), rappelle que l'UML est un langage de modélisation au sens théorique des langages qui renferme des concepts, une syntaxe et une sémantique. Son aspect visuel facilite la comparaison et l'évaluation des solutions. De plus, son indépendance (par rapport aux langages d'implémentation, domaine d'application, processus...) en fait un langage universel.

Dans de cette recherche, il dispose les diagrammes pour représenter les modèles (vues subjectives, mais pertinentes de la réalité) dont la finalité est de donner une représentation simplifiée ne retenant que les éléments et les interactions les plus significatifs (modèle cognitif); fournir au décideur des schémas qui lui permettent de prendre rapidement une décision en présence soit d'une information trop abondante et donc difficilement maîtrisable soit au contraire d'une information lacunaire ou incertaine (modèle décisionnel); permettre à partir de la connaissance de l'état présent et passé de la forêt et de la savane, de déduire le comportement futur (modèle prévisionnel).

5.1 MODÈLE RELATIF AU PROCESSUS DE DÉCISION LIÉ À L'USAGE DE LA FORÊT OU LA SAVANE

Lors des entretiens semi-directifs qui ont précédé les entretiens fermés dans les localités Kinseki et Ntampa, les premières hypothèses sur les processus de décision concernant l'utilisation de la forêt ou savane ont été émises. La principale raison de l'utilisation illégale de la forêt ou savane, donnée par les enquêtés aux localités cibles, était la mauvaise situation socio-économique en général. Les jeunes surtout n'avaient pas la possibilité de travailler ailleurs pour gagner leur vie. « On sait que ce que l'on fait détruit la forêt ou la savane. On aimerait bien exercer un autre travail, s'il y en avait. Mais on ne peut trouver rien d'autre ». À ceci s'ajoute la petite taille de la propriété terrienne des ménages, qui les « oblige » à produire du charbon de bois pour survivre. Presque tous les enquêtés, surtout à Ntampa, ont souligné qu'il était important de louer des terres (espace forestier ou savanicole) pour arriver à l'objectif d'autosuffisance en énergie bois. D'après eux, la seule façon de gagner l'argent nécessaire pour louer ces terres était l'utilisation commerciale de la forêt ou de la savane. Ainsi, deux premiers diagrammes d'activités des ménages concernant l'utilisation illégale de la forêt ont été construits sur la base de ces informations (figures 2 et 3).

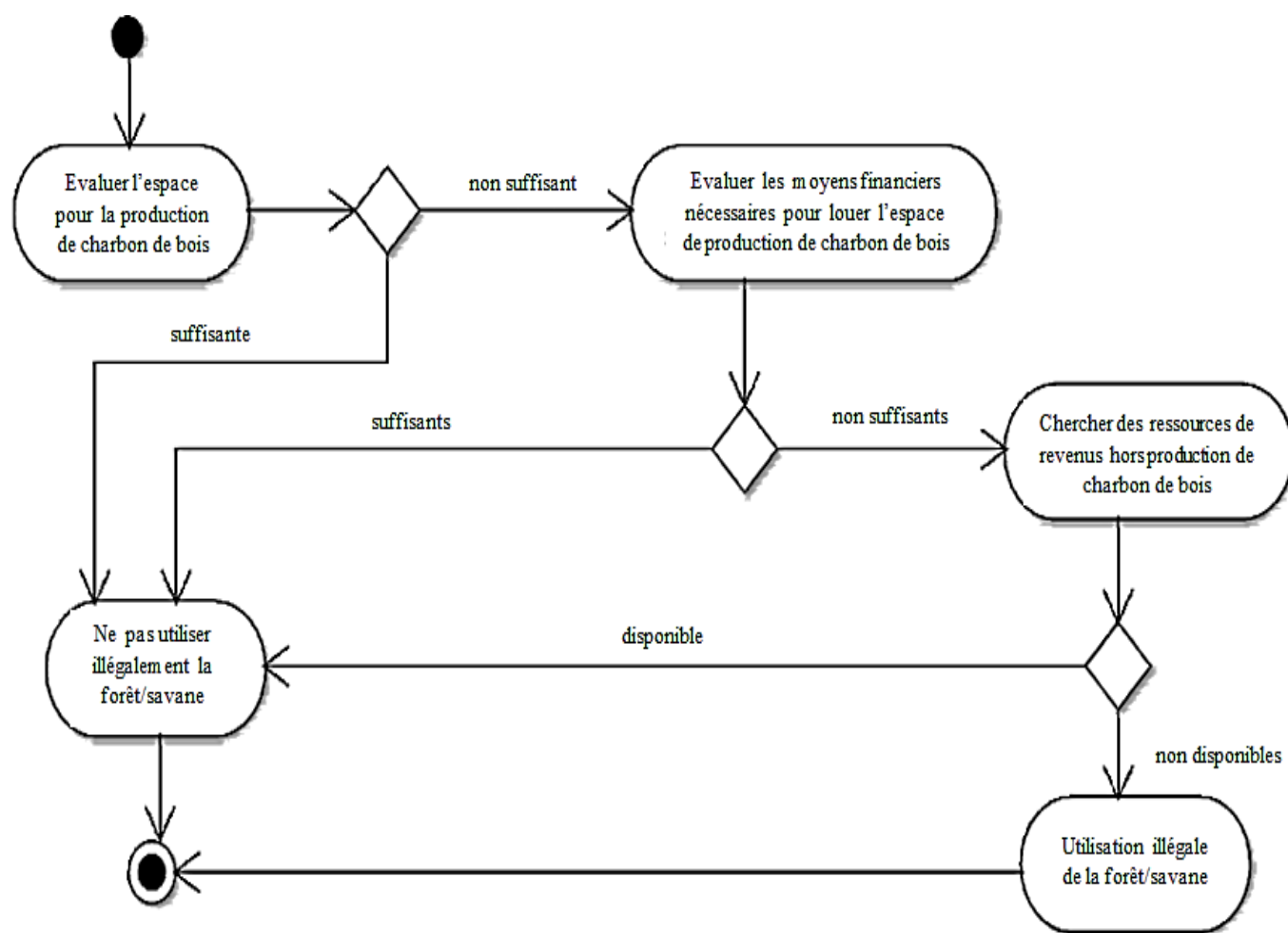


Fig. 2. Premier diagramme d'activité des ménages relatif à l'utilisation illégale de la forêt ou de la savane

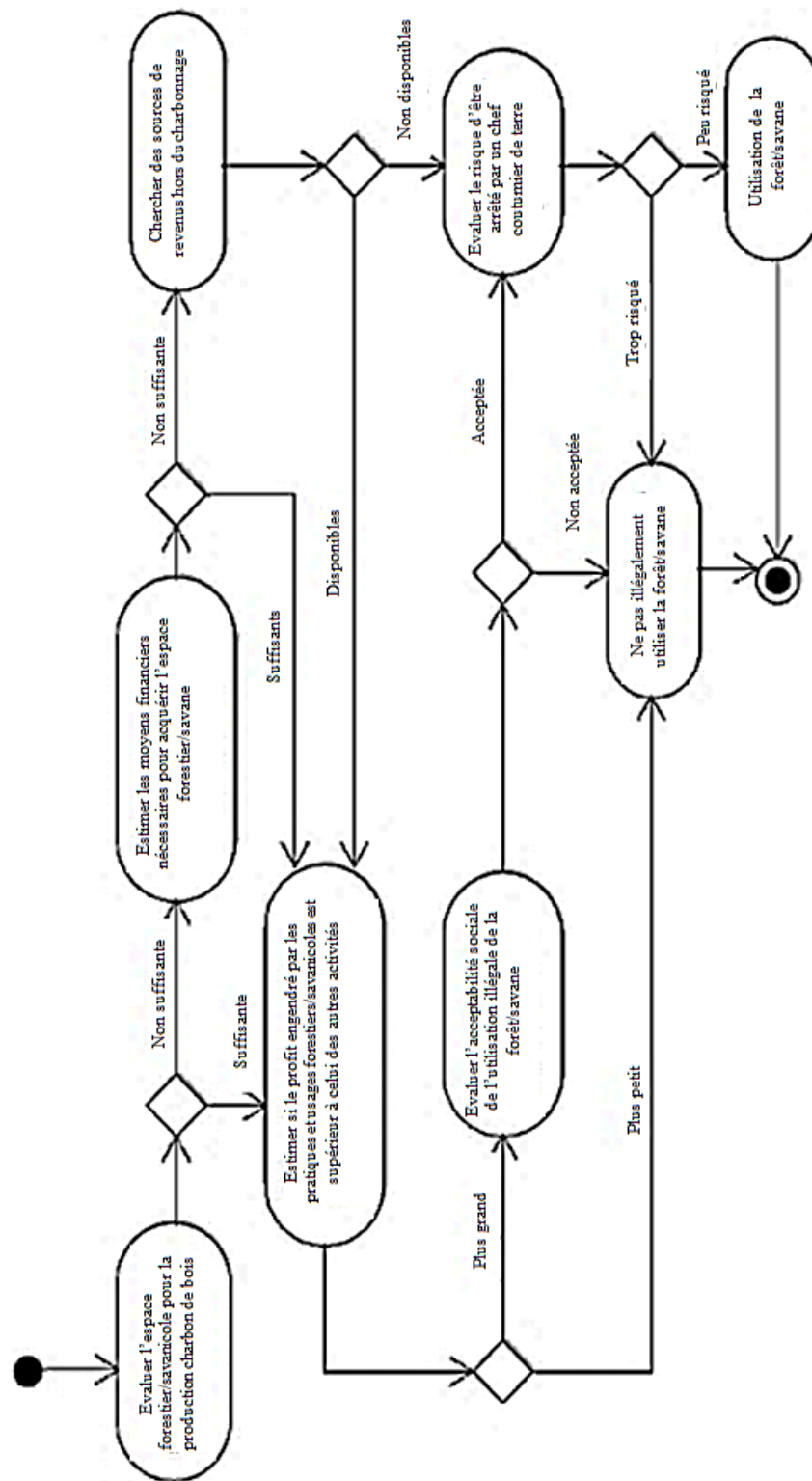


Fig. 3. Deuxième diagramme d'activité des ménages relatif à l'utilisation illégale de la forêt ou savane

Dans ce premier modèle basé sur les figures 2 et 3, la question centrale est de savoir si un ménage/un couple/une famille a suffisamment de terres à exploiter pour produire la quantité nécessaire de charbon de bois au cours de l'année. S'il en a assez, le ménage n'utilisera pas la forêt commercialement. Si, au contraire, il ne dispose pas suffisamment de terrain, les membres de ce ménage devront louer des terres supplémentaires s'ils en ont les moyens, trouver d'autres sources de revenus sinon. La première priorité est le travail temporaire ou régulier. Ce n'est en effet qu'en cas d'absence d'emploi, qu'ils utiliseront la forêt illégalement pour faire du profit. Les étapes de ce modèle ont été présentées et discutées dans les deux localités.

5.2 MODÈLE RELATIF À LA DÉCISION DE PLANTER DES ARBRES

La première étape dans le processus de décision consiste à déterminer si un ménage est réellement motivé pour planter des arbres sur ses propres terres (figure 4). Cette étape est fortement influencée par la disponibilité de la forêt pour les ménages. Tant que la forêt assure l'approvisionnement en bois énergie, l'intérêt réel pour la plantation d'arbres sur leurs propres terres est donc limité. La décision de planter est alors un renoncement à la consommation présente. Or, dans le contexte des forêts et des savanes en périphérie de Kinseki et Ntampa, ce renoncement est une contrainte majeure, surtout pour les types autovalorisant et autosuffisant. L'espace forestier ou savanicole doit être suffisant pour couvrir les besoins en charbon de bois lorsque la croissance des arbres repoussera. Les petits propriétaires devront probablement changer leur mode d'utilisation déjà intensif des terres. Même s'ils plantent des essences à croissance rapide, ils ne pourront tirer des bénéfices de leur investissement avant cinq à six ans voire plus. Entre temps, ils devront financer leurs besoins quotidiens qui, autrement, auraient été satisfaits grâce aux revenus de charbonnage annuels, aussi maigres soient-ils. L'étape «Évaluer la terre disponible pour planter des arbres» estime donc si les ménages ont assez de terres pour réaliser des plantations d'arbres. La surface souhaitée est éventuellement diminuée dans cette étape.

En réalité, dans les zones rurales, quand il n'y a pas assez de terres pour faire vivre une population de plus en plus nombreuse dépendant de la production anti-écologique de charbon de bois, les pressions qui s'exercent sur les forêts ou savanes déjà exploitées deviennent encore plus intenses. A la suite des héritages, du morcellement des propriétés entre membres d'une même famille et des ventes de concessions forestières ou savaniques, la taille moyenne des arbres à exploiter diminue dans les zones périphériques forestières des localités étudiées. A mesure que les ressources du ménage faiblissent, les arbres sont parfois sacrifiés pour faire face à des besoins plus urgents.

Face à ces constats, des solutions peuvent être envisagées dans le but d'améliorer la surface du couvert forestier. L'arbre hors forêt, planté par le paysan peut être proposé comme solution. De plus, les attentes de la participation semblent être différentes pour les différents acteurs. Les paysans espèrent obtenir plus de revenus de la forêt ou de la savane et pouvoir exploiter de plus grandes surfaces sans planification.

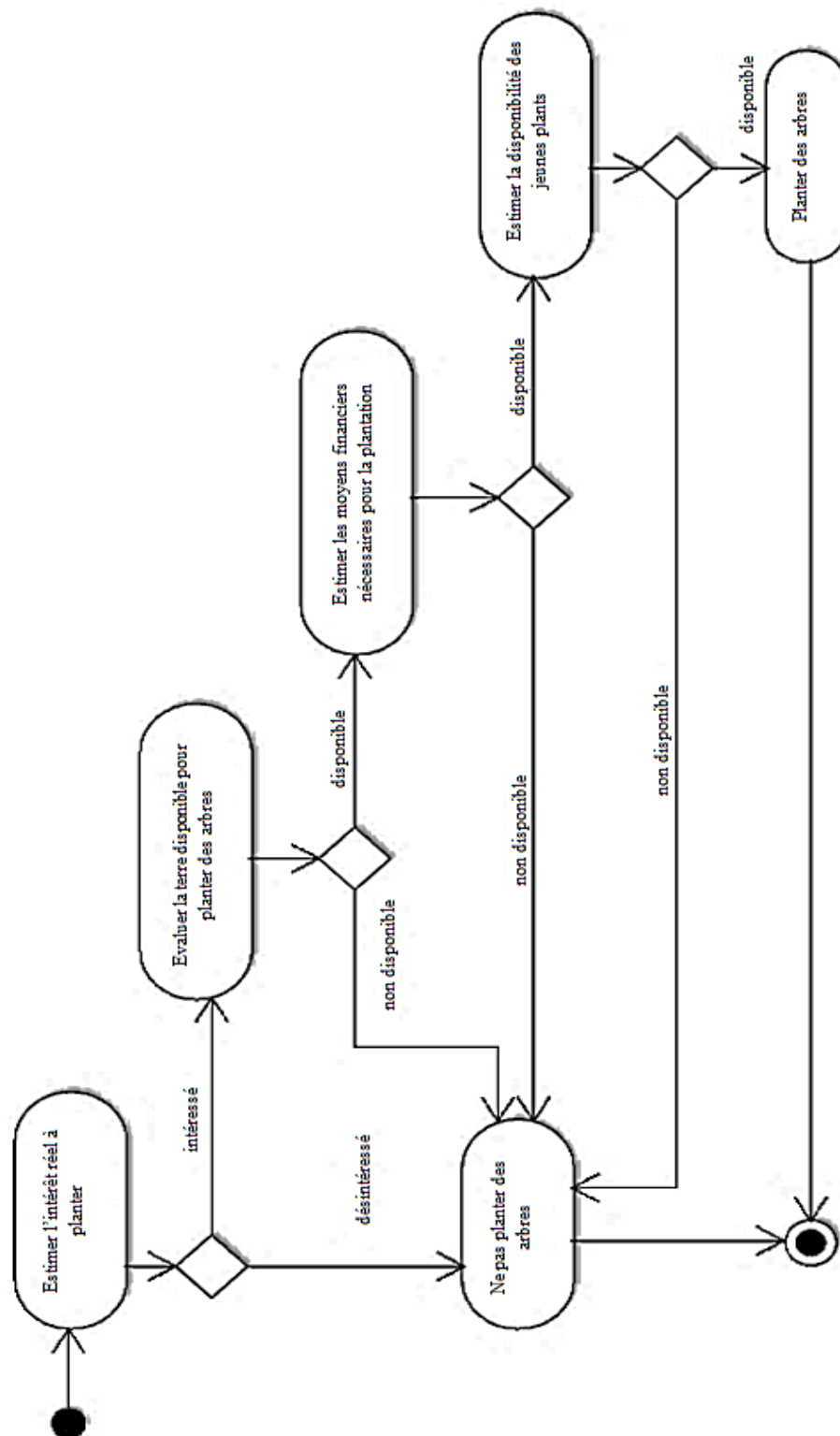


Fig. 4. Diagramme d'activité des ménages relatif à la plantation des arbres

Par ailleurs, l'étude a été menée entre le 15 décembre 2021 et 30 mars 2022. Les questions posées étaient les suivantes:

1. Pratiquez-vous le charbonnage au niveau de la forêt ? Oui ou non
2. Depuis le début de la production de charbon de bois, utilisez-vous la forêt ou la savane selon les principes écologiques ? Oui ou Non
3. La taille de votre ménage est-elle supérieure à 5 personnes ? Oui ou Non

4. Votre revenu permet-il de couvrir les besoins ménagers mensuels ? Oui ou Non
5. Les arbres que vous coupez en forêt sont-ils remplacés par d'autres ? Oui ou Non

Au regard des questions posées ci-dessus, nous estimons que tous les charbonniers pratiquent leurs activités dans les savanes du fait que le recul des forêts secondaires se sont sensiblement fait remarquer. Il y a lieu de dire qu'il y a ruptures d'équilibres écologiques en forêt ou savane, entre autres, la réduction des activités photosynthétiques qui par effet d'entraînement est source de beaucoup de faits néfastes sur les services écosystémiques. Le nombre de personnes dans les ménages est une demande potentielle permanente vis-à-vis de la forêt ou savane, surtout ceux qui ont plus de 5 personnes. Quoiqu'il en soit, la fourchette de revenus mensuels ne couvre pas les besoins ménagers due à plusieurs facteurs interréliés. Les charbonniers ne remplacent pas les arbres coupés par d'autres dû essentiellement à l'intensification de la cueillette de bois de feu sans reboisement.

6 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 2. Avis des sujets enquêtés relatifs à la pratique du charbonnage en forêt

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	12	12	50	28,88
Non	88	88	50	
Total	100	100	100	

La lecture de données du tableau 1 révèle que sur les 100 charbonniers enquêtés, 88 % affirment que la production de charbon de bois se pratique au niveau de la savane. Car, la forêt jadis déjà dégradée connaît un recul de grande ampleur qui interpelle. Par contre, 12 % produisent le charbon de bois au niveau de la forêt, du fait que les dimensions des essences ligneuses tant du point de vue de la hauteur que de diamètre sont moins réduites par rapport à celles de la savane. De plus, « les chantiers de production anti-écologique de charbon de bois situés dans la forêt et la savane sont convertis en plantation de bananiers, maïs, etc. ou plus banalement en champs vivriers les mois qui suivront » (Mavinga, 2019). A cet effet, l'on constate que la pratique de la jachère forestière ou savanicole est de mise, mais, elle est toujours courte, soit moins de 5 ans, car les paysans ne dépendent que de la culture de subsistance pratiquée, entre autres, sur des espaces forestiers ou savanicoles.

En analysant la valeur de χ^2 du tableau 1, H_0 est rejetée. Car, cette valeur est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. Ainsi, les résultats du terrain permettent de conclure que le charbon de bois est plus produit dans la savane que dans la forêt. En outre, les sujets enquêtés, reconnaissent aussi que les techniques de carbonisation et la coupe répétée des arbres ont une évolution régressive cumulée sur la déforestation telle qu'il est illustré par la figure 1 et photo 1. Ainsi, les résultats de Binzangi (1989) confirment que sur l'aire de carbonisation, le sol est brûlé jusqu'à une profondeur d'environ 10 cm, voire plus.

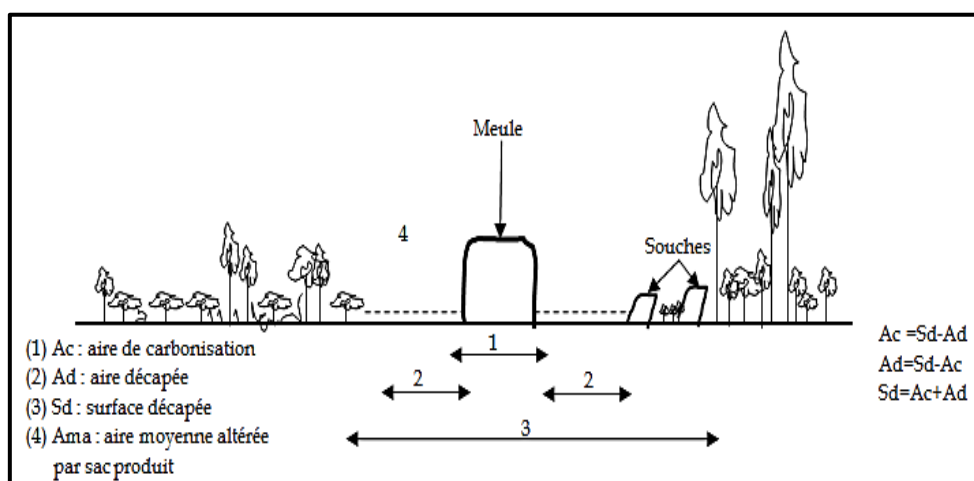


Fig. 5. Aire de production de charbon de bois

Source: Mavinga (2019)



Photo 1. Fabrication de charbon de bois à l'aide d'un four traditionnel à Kinseki (Photo Mavinga, 2015)

En outre, les fours de "makala" sont fabriqués de manière disséminée, en trois dimensions différentes: grand (7 m³ ou plus, d'un mètre de hauteur), moyen (4 à 6 m³, d'un mètre de hauteur), petit (1 à 3 m³, d'un mètre de hauteur), tout en sachant que le petit four de "makala" peut produire 5 sacs de "makala" pendant 3 jours de carbonisation; le four moyen de "makala" peut donner 10 sacs de "makala" durant près de 5 jours de carbonisation; le "grand four" de "makala" peut produire 30 sacs de "makala", durant près d'une semaine de carbonisation.

Tableau 3. Avis des sujets enquêtés relatifs à l'utilisation de la forêt ou la savane selon les principes écologiques

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	0	0	50	50
Non	100	100	50	
Total	100	100	100	

L'analyse de données du tableau 2 renseigne que les 100 % des charbonniers enquêtés, affirment qu'ils n'appliquent pas les principes écologiques tels que "tout retrait nécessite une restitution", "la nature a horreur du vide", "tout est lié à tout". A ce point de vue, Thonya et Mavinga (2021) renseignent qu'il y a donc la perturbation des cycles biogéochimiques qui par effet d'entraînement est source de beaucoup de faits néfastes sur les services écosystémiques.

Au regard de l'analyse statistique de données du tableau 2, il y a lieu de noter que la valeur de χ^2 est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. De ce fait, H_0 est rejetée. Ainsi, les résultats du terrain permettent de conclure qu'aucun charbonnier ne pratique les principes écologiques, que ce soit au niveau de la forêt tout comme au niveau de la savane.

Tableau 4. Avis des sujets enquêtés relatif à la taille du ménage composant plus de 5 personnes

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	91	91	50	33,62
Non	9	9	50	
Total	100	100	100	

En se référant aux résultats du tableau 3, l'on se rend compte que sur les 100 ménages enquêtés, 91 % affirment que la taille de leur ménage est composée de plus de 5 personnes, contre 9 % de ménages qui n'ont que moins de 5 personnes. En sus, plus le nombre de personnes au sein du ménage augmente, plus les paysans s'adonnent à l'exploitation des formations forestières en vue d'assurer, au quotidien leur survie dont la finalité est l'apparition d'un déséquilibre sur le cycle naturel des ressources essentielles. Avec les résultats de Mavinga (2013), l'on note qu'à Kinseki et à Ntampa, la taille du ménage la plus

importante est 12 et la moins importante est 1, mais tous surexploitent les espaces boisés sans tenir compte de leur temps nécessaire pour se reconstituer ou se régénérer.

Après l'analyse statistique de données du tableau 3, l'on se rend compte que la valeur de χ^2 trouvée est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. A cet effet, H_0 est rejetée. Donc, les résultats de terrain permettent de conclure que tous les ménages ont approximativement plus de 5 personnes.

Tableau 5. Avis des sujets enquêtés relatif à la couverture des besoins ménagers mensuels

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	9	9	50	33,62
Non	91	91	50	
Total	100	100	100	

L'analyse des aspects socio-économiques réalisée grâce au tableau 4, permet de préciser que sur les 100 sujets enquêtés, 91 % reconnaissent que leur revenu mensuel réalisé est faible (soit moins de 199 \$). A cet effet, ils sont incapables de faire face à la couverture des besoins familiaux, entre autres, le nombre de repas par jour est de deux au lieu de trois, à cause notamment de la dégradation ou déforestation. Curieusement, les 9 % des sujets enquêtés estiment que leur revenu mensuel réalisé est passable, du fait qu'il est lié à la taille du ménage. Les résultats de Mavinga et al. (2017) précisent que dans l'hinterland de Kinshasa, la surface forestière (forêt climacique, forêt secondaire adulte) est passée de plusieurs dizaines de milliers d'hectares à presque zéro. Cette situation a détruit les valeurs culturelles et sociales des localités étudiées.

Après l'analyse statistique de données du tableau 4, l'on note que la valeur de χ^2 trouvée est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. Ainsi, nous rejetons H_0 pour ainsi conclure que presque tous les sujets enquêtés ont quasiment un revenu faible, ce qui fait qu'il est difficile de résoudre objectivement leurs besoins sociaux.

Tableau 6. Avis des sujets enquêtés relatifs au remplacement des arbres coupés en forêt par d'autres

Modalité	Fréquence observée	%	Fréquence attendue	χ^2
Oui	0	0	50	50
Non	100	100	50	
Total	100	100	100	

La lecture de données du tableau 5 permet de comprendre que les 100 % des sujets enquêtés ont reconnu qu'ils ne remplacent pas des arbres coupés en forêt par d'autres, d'autant plus que l'État est non seulement démissionnaire mais absentéiste. Les espèces les plus exploitées sont, entre autres, *Albizia adianthifolia*, *Albizia chinensis*, *Hymenocardia acida*, *Hymenocardia ulmoides*, *Millettia laurentii*, *Caloncoba welwitschii*. Certaines espèces préférées se sont déjà raréfiées. Dans le cadre du projet de développement du marché d'électricité pour la consommation domestique et à l'exportation (PMEDE), Mavinga (2016) révèle que si l'on coupe un arbre, il faut en planter au moins 5. Parce que sa vie a des impacts très significatifs dans l'environnement: du minéral à l'organique, de la respiration à la croissance.

Au regard de l'analyse statistique de données du tableau 5, il y a lieu de noter que la valeur de χ^2 est supérieure à la valeur critique $\chi^2_{0,95}$ au seuil de 5 % avec un degré de liberté 1. De ce fait, H_0 est rejetée et nous concluons qu'aucun charbonnier ne remplace des arbres coupés en forêt par d'autres.

7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les localités dans lesquelles nous avons exploité avaient un potentiel forestier considérable dans les décennies passées. A ce jour, les paysans n'ont pas suffisamment des matières ligneuses pour vivre seulement du charbonnage. En plus, les alternatives économiques autres que la production anti-écologique de bois sont très rares. L'utilisation illégale des forêts ou des savanes est alors une stratégie naturelle qui génère des revenus pour les paysans mais avec des pratiques intensives et non durables. Les stratégies de restauration forestière doivent envisager l'encouragement de la collaboration et de l'échange entre les différents acteurs (les paysans, les scientifiques, les ONG, etc.). Cependant, les paysans les plus pauvres n'ont pas les ressources financières suffisantes pour entreprendre des plantations par leurs propres moyens. Au-delà de les motiver à

planter, il faudrait également les soutenir financièrement. En plus, la recherche forestière est importante, dès lors forêts indigènes sont dégradées et détruites par la population rurale. Ainsi, la question forestière ou savanicole ne pourra être résolue par des solutions techniques seules, mais avec une combinaison de solutions techniques et socio-économiques.

En sus, pour une réussite optimale, la gouvernance de l'environnement du système de production anti-écologique des étapes intermédiaires doivent être réalisées: effectuer dans les localités étudiées des levés de tous les espaces forestiers ou savauciles appartenant à l'État pour des raisons d'établissement des limites et d'évaluation des ressources. C'est de cette manière que des titres de propriété seraient obtenus pour les forêts ou les savanes qui n'en ont pas; établir, par ces levés des espaces cibles, les ressources disponibles pour un usage commercial ou pour préserver la biodiversité; attribuer des surfaces de plantation aux communautés étant donné que le service de reboisement du ministère de l'environnement et développement durable n'a pas reboisé de nouvelles zones ou même replanté des arbres dans les plantations où ils avaient été abattus au cours des dix dernières années. Mettre en place des conditions de la gestion en créant des conventions entre la communauté locale et le gouvernement congolais; utiliser les ressources obtenues grâce aux conventions pour financer la conservation et la protection des forêts et les replanter. Ces produits pourraient même faire l'objet d'un commerce et alimenter la ville de Kinshasa afin que la demande puisse être satisfaite; assurer des formations pour les agents et les chefs coutumiers de terres pour qu'ils soient à la hauteur de comprendre leur nouveau rôle de médiateur. De plus, ils peuvent aider les communautés paysannes à élaborer des plans de gestion et offrir une certaine assistance au niveau des zones forestières louées au secteur privé.

REFERENCES

- [1] ALBINI F A. (1985), A model for fire spread in wildland fuels by radiation; Comb. Sci. Technol. 42; pp. 229-258.
- [2] ALBINI F A. (1986), Wildland fire spread by radiation - a model including fuel cooling by natural convection; Comb. Sci. Technol. 45; pp. 101-113.
- [3] BEDU L., MARTIN C., KNEPFLER M., TALLEC M. & URBINO A. (1987), Appui pédagogique à l'analyse du milieu rural dans une perspective de développement. Montpellier, DAS-CIRAD, 191 p. Document Système Agraire, Vol. 8.
- [4] BILOSO A. (2008), Valorisation des produits forestiers non ligneux des plateaux de Bateke en périphérie de Kinshasa (RD Congo)", Thèse de doctorat, ULB. p. 235.
- [5] BINZANGI K., L. (1998), L'Environnement du Kongo Central: un patrimoine en péril, Lukuni Iwa yuma, vol. II n°1, Université Libre de Luozi, pp.55-73.
- [6] BINZANGI K., L. (1989), Contribution à l'étude du déboisement en Afrique tropicale: le cas du Shaba méridional, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, p. 236.
- [7] BOMMEL P. (2004), Modélisation des dynamiques spatiales par la plate-forme CORMAS. In: V. Faure, J.-C. Castella and D. Hervé (Eds.), Atelier Modélisation Environnement, IRD-NSS Dialogues: Dynamique des paysages et aménagement du territoire. p. 26.
- [8] DUPUY J.L. (1991), Modélisation prédictive de la propagation des incendies de forêts; Document P IF9103; Rapport bibliographique; Université Claude Bernard Lyon 1 / Institut National de la Recherche Agronomique; 64 p.
- [9] DUPUY J.L. (1997), Mieux comprendre et prédire la propagation des feux de forêts: expérimentation, test et proposition de modèles »; Thèse de Doctorat; Université Claude Bernard - Lyon I; 272 p.
- [10] LESTER B, R. (2000), Eco-économie: une autre croissance est possible et durable, Ed. du Seuil, New York, 438 p.
- [11] LUKOKI L., F. (2005), Notes de phytogéographie, Diplôme d'Études Supérieures/Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences. Département des Sciences de l'Environnement, Université de Kinshasa.
- [12] MC ARTHUR A.G. (1967), Fire behaviour in eucalypt forest; Comm. Aust. For. Timb. Bur. Leaflet 107, 100; 23 p.
- [13] MALELE M. et RITVISAY B. (1986), Les forêts dégradées des environs de Kinshasa: leur aménagement et leur contribution éventuelle à la production d'énergie domestique. Rapport général du projet lambeaux forestiers, SPIAF, Kinshasa, Zaïre, 76p.
- [14] MANOKA P. (2021), Communication personnelle, Bureau de localité Ntampa, Secteur de Luila, Territoire de Kasangulu/Kongo Central/RDC.
- [15] MAVINGA M., S. (2021), Notes de cours de Conception des systèmes d'information, Faculté des Sciences. Département de Mathématiques et Informatique, Université de Saint Dominique. Kinshasa/RDC.
- [16] MAVINGA M., S. (2019), Production de combustibles et dégradations des formations forestières dans l'Hinterland de Kinshasa, Thèse de doctorat en Sciences - Groupe: Environnement, Université de Kinshasa/RDC, 313 p.
- [17] MAVINGA M., S. (2013), Effets cumulés de la déforestation sur l'environnement des villages Kinseki et Ntampa (Bas-Congo), Faculté des Sciences. Université de Kinshasa, 192 p.
- [18] MAVINGA M., S., MANINGAMA M., P., LUKOKI L., F., MUSIBONO D.E., BINZANGI K., L. (2017). La production non rationnelle de combustibles ligneux dans l'Hinterland de Kinshasa et ses effets cumulés sur les revenus des paysans, dans

International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 21 No. 2 Sep. 2017, pp. 284-290, en ligne <http://www.ijias.issr-journals.org/>, consulté le 18 février, 2022 à 23 h 52'.

- [19] NAPOLI A. (2021), Formalisation et gestion des connaissances dans la modélisation du comportement des incendies de forêt, Thèse de doctorat en Géographie. Université de Nice - Sophia Antipolis. France., p. 213.
- [20] NLANDU N., M. et MAVINGA M., S. (2020), Analyse de la performance du projet apicole de Luki, dans les secteurs de Boma Mungu, Bundi et Patu, Département des Ressources Naturelles: Eaux et Forêts. Université Président Joseph Kasa-Vubu, Faculté des Sciences Agronomiques. 38 p.
- [21] PROMBUROM P., EKASINGH M., EKASINGH B. & SAENGCHYOSWAT C. (2005), Multi-agent systems for collective management of a northern Thailand watershed: model abstraction and design. In: F. Bousquet, G. Trébuil and B. Hardy (Eds.), Companion modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia. Metro Manila, IRRI, pp. 21-40.
- [22] PNUD/UNOPS (1998), Monographie de la province de Kinshasa, République Démocratique du Congo.
- [23] ROTHERMEL R C, 1972, A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA Forest Service, Research Paper INT-115.
- [24] TRABAUD L., 1989, Les feux de forêt. Mécanismes, comportement et environnement. Ed. France Sélection, Aubervilliers; 278 p.

Diversité génétique, Importance et potentiel de production du riz (*Oryza* spp.) sous différents modes de gestion de l'eau dans un contexte de variabilité climatique au Burkina Faso

[Genetic diversity, importance and production potential of rice (*Oryza* spp.) under different water management modes in a context of climatic variability in Burkina Faso]

Dominique Nikiéma¹, Nerbéwendé Sawadogo¹, Kouka Fidèle Tiendrébéogo², Yapi Issoufou Sinaré³, Mamadou Laho Barry⁴, and Moussa Sié³

¹Equipe Génétique et Amélioration des Plantes (EGAP), Laboratoire Biosciences, Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

²Institut Supérieur du Développement Durable, Université de Fada N'Gourma, BP 54, Fada N'Gourma, Burkina Faso

³Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) - Farako-Bâ, Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 01 BP: 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

⁴Institut de Recherche Agronomique de Guinea (IRAG), BP 1523, Guinea

Copyright © 2022 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 Burkina Faso, rice is of great importance in terms of consumption and cultivated area. It is the fourth most important cereal crop in terms of area, production and annual per capita consumption. Despite persistently low and almost static yields, demand for rice continues to grow due to high population growth and changing dietary habits. The basic system of local rice production is monoculture in a single annual season for rainfed and lowland rice and in a double annual season for irrigated rice. Irrigated rice is the most efficient rice production method with total control of water supply. However, rice production in Burkina Faso is faced with multiple abiotic and biotic constraints that cause significant yield reductions. Indeed, climatic variability remains one of the most important factors. Like the rest of the Sudano-Sahelian zone, Burkina Faso is subject to climatic hazards, of which the decline and poor spatial-temporal distribution of rainfall has become the main obstacle to rice production. Thus, in a context where the effects of climate change are increasingly perceptible, it is becoming imperative to adopt more efficient varieties and cultivation practices that ensure good water nutrition for the plants. To cope with this situation, an efficient irrigation system is needed to secure and stabilize crops. This situation calls for a careful use of water in agriculture. This review highlights the genetic diversity of rice, its importance, constraints and different rice production systems as well as innovative methods to boost local rice production in the future.

KEYWORDS: Burkina Faso, Genetic diversity, Irrigation, Rice, Rice growing.

RESUME: Au Burkina Faso, le riz est d'une grande importance en termes de consommation et de superficie cultivée. Il constitue la quatrième culture céréalière tant du point de vue des superficies, de la production que de la consommation annuelle par tête. Malgré des rendements toujours faibles et quasi stationnaires, la demande de riz continue de croître en raison de la forte croissance démographique et des changements d'habitudes alimentaires. Le système de base de la production locale du riz est la monoculture en une seule campagne annuelle en riziculture pluviale et de bas-fonds et en une double campagne annuelle en riziculture irriguée. La riziculture irriguée est le mode de production du riz le plus performant avec maîtrise totale de

l'alimentation en eau. Cependant, la production du riz au Burkina Faso est confrontée à de multiples contraintes d'ordre abiotique et biotique qui causent d'importantes baisses de rendements. En effet, la variabilité climatique, demeure l'un des plus déterminants. A l'instar du reste de la zone soudano-sahélienne, le Burkina Faso est soumis aux aléas climatiques dont la baisse et la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie est devenue le principal obstacle à la production de riz. Ainsi, dans un contexte où les effets du changement climatique sont de plus en plus perceptibles, il devient impératif d'adopter des variétés plus performantes et des pratiques culturales qui assurent aux plantes une bonne nutrition hydrique. Pour faire face à cette situation, un système d'irrigation efficace est nécessaire pour garantir et stabiliser les récoltes. Cette situation nécessite une utilisation réfléchie de l'eau en agriculture. Cette revue met en lumière la diversité génétique du riz, son importance, les contraintes et les différents systèmes de production de riz ainsi que de méthodes innovantes pour booster la production locale du riz dans l'avenir.

MOTS-CLEFS: Burkina Faso, Diversité génétique, Irrigation, Riz, Riziculture.

1 INTRODUCTION

Le riz occupe une place importante dans l'alimentation humaine et nourrit plus de la moitié de la population globale [1]. C'est la première céréale dans l'alimentation humaine au monde et la deuxième céréale mondiale après le maïs en termes de production et de superficies emblavées [1]. Elle est une céréale importante en termes de consommation intérieure dans de nombreux pays du monde. Le riz, longtemps considéré comme l'aliment de base des pays asiatiques, est devenu l'une des denrées les plus demandées par les ménages africains. Plus que la production, la demande en riz des pays africains connaît une augmentation très importante. En effet, la consommation augmente plus rapidement que pour tout autre produit de base majeure sur le continent du fait de la croissance démographique importante, de l'urbanisation rapide et de l'évolution des habitudes alimentaires [2]. Cette demande croît en Afrique de l'Ouest au taux de 6 % par an, plus que la croissance démographique et plus vite nulle part ailleurs au monde [3] alors que la production intérieure ne couvre qu'environ 60 % de la demande des populations. Au Burkina Faso, le riz est d'une grande importance en termes de consommation et de superficie cultivée. En effet, aliment de base pour la plupart des régions du pays, Il représente, par ordre d'importance, la quatrième culture céréalière au Burkina Faso, tant du point de vue des superficies, de la production que de la consommation annuelle par tête [4]. Le gouvernement burkinabè a consenti plusieurs efforts dans l'aménagement de périmètres en vue de développer la culture du riz (de 80156 ha en 2009 à 160949 ha en 2019). Ainsi, la production nationale passait donc de 195102 tonnes en 2009 à 350392 tonnes en 2019 [5]. Malheureusement, cette augmentation n'est pas liée à celle du rendement qui a presque stagné au cours de la même période avec une moyenne de 2 tonnes/ha [6]. Pourtant le rendement potentiel des variétés est estimé à plus de 7 tonnes/ha [7]. La production nationale de riz ne couvre que 30 % des besoins de consommation de la population [8]. Dès lors, un recours aux importations s'est imposé pour combler le déficit. Cela occasionne d'importantes sorties de devises chiffrées à 69252,6 millions de FCFA en 2019 [9].

Plusieurs facteurs peuvent expliquer les faibles rendements parmi lesquels on note la variabilité climatique [10]. Cependant, à l'instar du reste de la zone soudano-sahélienne, le Burkina Faso est soumis aux aléas climatiques dont la baisse et la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie ont une conséquence sur l'hydrologie des périmètres aménagés; ce qui rend leur exploitation peu efficace. Aussi, Avec la diminution des ressources en eau et l'augmentation de la consommation d'eau non agricole d'année en année dans les périmètres irrigués, le manque de ressources en eau est devenu le premier obstacle affectant la production de riz. Chaque jour, l'extension des centres urbains et l'expansion des utilisations industrielles non loin des périmètres aménagés exercent une pression de plus en plus forte sur la qualité des ressources en eau. En outre, l'indisponibilité de l'irrigation est une cause majeure de la réduction du rendement et même de la perte totale de rendement dans la production de riz, en particulier pour la saison sèche de janvier à mai dans les périmètres aménagés. Cette variabilité du climat au cours de ces dernières décennies a montré la grande vulnérabilité des systèmes de production se traduisant par des répercussions importantes sur les récoltes et les conditions de vie des populations rurales [11]. La culture du riz recommande des quantités d'eau importantes pour son développement et pour sa croissance afin d'assurer un rendement optimal. Les techniques agricoles traditionnelles sont confrontées au changement climatique sous la forme de pluies réduites, de températures plus chaudes, de désertification [12]. Par conséquent, un système d'irrigation efficace est nécessaire pour garantir et stabiliser les récoltes. Cette situation nécessite une utilisation réfléchie de l'eau en agriculture. Il devient impératif d'adopter des pratiques culturales qui assurent aux cultures une bonne nutrition hydrique avec une maîtrise totale de l'eau. Dans un tel contexte, des technologies émergentes de l'irrigation sont de plus en plus pratiquées. L'augmentation de la productivité agricole passe également par le développement de l'irrigation qui est un moyen d'intensifier l'agriculture. La présente étude donne un aperçu des connaissances sur le riz ainsi que de la typologie de production de cette céréale au Burkina

Faso. Après un bref historique de l'irrigation au Burkina Faso, nous présenterons la diversité actuelle des systèmes de culture du riz. De plus, nous ferons une synthèse sur d'autres méthodes innovantes pour la production du riz, de manière à fournir une base théorique pour la culture du riz plus économe en eau par l'application conjointe de l'économie d'eau et l'augmentation et la stabilisation du rendement.

2 DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DU RIZ

La diversité génétique est la variabilité qui existe au niveau des gènes ou des associations de gènes (génotypes). Elle peut se définir tant sur le plan des allèles qui fixent les traits caractéristiques, par exemple la capacité ou l'incapacité à métaboliser telle ou telle substance, que sur des unités plus vastes telles que des associations de gènes (haplotypes) ou des génotypes [13]. La diversité génétique est la "matière première" qui permet l'évolution des espèces et donc leur adaptation. Plus une population ou une espèce est diversifiée sur le plan des gènes, plus elle a des chances que certains de ses membres arrivent à s'adapter aux modifications survenant dans l'environnement. La structuration en nombreuses sous-populations est un moyen de maintenir une importante diversité sur l'ensemble des sous-populations, car, bien que la dérive génétique agisse dans chacune des sous-populations, ce ne seront pas les mêmes allèles qui seront perdus ou fixés [14]. Le maintien de la diversité, en particulier moléculaire, dans un système compartimenté n'est donc pas, loin s'en faut, uniquement dû à la sélection et à l'adaptation. Pour ce qui est des plantes cultivées, la diversité génétique est façonnée, en plus de facteurs biophysiques par une large palette de facteurs anthropiques. Les pratiques de gestion des variétés et des semences, par exemple, jouent un rôle important [15]. La réduction de la diversité génétique de la population ou de l'espèce considérée amène à l'uniformisation. Cette uniformisation se présente comme une faiblesse parce que les individus membres du groupe qui deviennent de plus en plus semblables les uns aux autres auront des difficultés à s'ajuster à des conditions de vie différentes.

En effet, le riz jouit de l'extraordinaire capacité d'adaptation et d'un large panel de variétés cultivées, lui permettant d'être présent dans des conditions climatiques très diverses, allant du climat tropical humide d'Asie du Sud-Est au climat sec d'Afrique de l'Ouest [16]. Il existe de nombreuses variétés cultivées avec une distinction forte entre celles d'Afrique et celles du reste du monde. Le riz compte 24 espèces avec plus de 150000 variétés [17] dont seulement deux sont cultivées à savoir: *Oryza sativa* L. et *Oryza glaberrima* Steud. [18]. Cette diversité provient de croisements naturels de *O. sativa* avec des formes sauvages ou adventices (*O. rufipogon*) ou de croisements intra-*sativa* combinés à la sélection naturelle et humaine depuis la domestication [19].

L'Afrique est le seul continent où ces deux espèces de riz sont cultivées. *Oryza glaberrima*, d'origine africaine, présente d'importants traits caractéristiques qui lui permettent de résister aux stress biotiques et abiotiques. *Oryza glaberrima* se distingue facilement du riz asiatique par une ligule courte et tronquée et par une panicule dressée. Elle comporte deux agroécotypes: un type précoce et insensible à la photopériode qui est cultivé en pluvial ou en zone de bas-fond modérément inondée et un type flottant et photosensible, cultivé dans les plaines inondables [20]. Elle est reconnue comme une ressource génétique intéressante pour élargir l'adaptation des variétés dans les écosystèmes de riz en Afrique et pour augmenter la diversité génétique du riz asiatique *Oryza sativa* [21]. *Oryza sativa* a par contre qui est d'origine asiatique et introduite en Afrique, il y a 1500 ans [22] se caractérise par une ligule longue et bifide avec une panicule légèrement retombante à maturité [23]. En Asie, les riziculteurs cultivent exclusivement l'espèce *O. sativa* qui couvre la très large majorité de la surface rizicole mondiale, et au sein de laquelle communément deux sous-espèces sont distinguées: *O. sativa japonica*, originaire du Japon et *O. sativa indica* originaire d'Inde. La sous-espèce *indica* se caractérise par un fort tallage, des grains longs et fins. Il s'adapte mieux à la riziculture aquatique [16]. Par contre, la sous-espèce *japonica* adaptée à la riziculture pluviale [24] et très vulnérable aux stress se distingue par son tallage moyen, ses grains courts et ronds. Les variétés de cette sous-espèce sont exigeantes en fertilisants avec un potentiel de rendement élevé. Elle remplace progressivement *Oryza glaberrima* en Afrique [23].

De nos jours, l'espèce asiatique *O. sativa* est beaucoup plus cultivée du fait de son fort potentiel de rendement et de ses caractéristiques gustatives plus appréciées [25]. Le riz africain *O. glaberrima* n'est cultivé que dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest pour être utilisé dans des pratiques rituelles et en médecine traditionnelle [26]. L'espèce *Oryza glaberrima* est utilisée pour l'amélioration du riz cultivé appelé le NERICA (New Rice for Africa) qui est une lignée issue du croisement entre *Oryza glaberrima* et *Oryza sativa*. Le NERICA est devenu une référence car elle a permis à beaucoup de pays africains de sortir de la pauvreté [27]. Le NERICA combine la rusticité de *Oryza glaberrima* et la productivité de *Oryza sativa*. Les hybrides interspécifiques issus de ce croisement héritent les avantages des deux parents [28].

3 AMÉLIORATION VARIÉTALE DU RIZ

L'amélioration variétale a pour objectif de mettre à la disposition des producteurs des variétés améliorées qui peuvent permettre l'accroissement de la productivité. L'amélioration des plantes peut être définie comme la modification volontaire des plantes par l'homme pour mieux les adapter à ses besoins. [29]. Du point de vue génétique, elle correspond à l'ensemble des opérations qui permettent de passer d'un groupe d'individus n'ayant pas certaines caractéristiques recherchées à un nouveau groupe plus reproductible apportant un progrès. Les variétés de riz cultivées sont diploïdes ($2n = 24$) et autogames [30]. Le riz est la céréale qui a le plus petit génome (430 millions de bases) et qui se prête le plus facilement à des manipulations génétiques [31]. C'est pourquoi il est utilisé par les généticiens comme plante modèle [32]. Le génome du riz présente des similitudes importantes et une forte colinéarité avec les autres monocotylédones, et l'alignement de marqueurs moléculaires est conservé sur de grandes régions chromosomiques [31]. Ce phénomène, nommé synténie, fait du riz un bon modèle servant de base à la génomique comparative au sein de la famille des graminées [33]. Le statut de « plante modèle » du riz est en outre conforté par l'existence de nombreuses ressources disponibles pour l'approche génomique, dont des cartes génétiques et des techniques de transformation génétique par *Agrobacterium tumefaciens*. [33]. De nos jours, nombreuses sont les méthodes employées pour la création variétale du riz dont les principales sont l'hybridation, la mutagenèse et les biotechnologies (androgenèse, gynogenèse, sauvetage d'embryons, fusion des protoplastes). La plus simple, consiste à faire des tests multi-locaux des variétés existantes afin de déterminer leur adaptabilité. Il est également possible de procéder à une sélection massale parmi des descendants de variétés existantes, des individus présentant des caractères d'intérêt. Au Burkina Faso, le programme riz de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) a mis au point plusieurs variétés adaptées à la riziculture pluviale et à la riziculture de bas-fond/irriguée. L'INERA en collaboration avec AfricaRice a eu à entreprendre un certain nombre de croisements interspécifiques (*O. sativa* $\times$ *O. glaberrima*) et des croisements intraspécifiques (*O. sativa* $\times$ *O. sativa*). Les travaux de création des variétés interspécifiques (*O. sativa* $\times$ *O. glaberrima*) ont été entamés par le Centre du Riz pour l'Afrique (AfricaRice) sur la base de la combinaison de la résistance du riz africain aux contraintes locales (en Afrique de l'Ouest et du Centre), avec le fort potentiel de rendement du riz asiatique [21]. Ces travaux ont abouti à la création d'une génération de variétés performantes de riz dénommée NERICA (New Rice of Africa). Le NERICA a également hérité la résistance à la sécheresse et aux nuisibles. Il pousse mieux sur les sols acides et infertiles [34]. Les premières variétés NERICA ont été créées par le Centre de Riz pour l'Afrique (AfricaRice) en 1995 pour la riziculture pluviale. Celles adaptées à la riziculture de bas-fond et irriguée furent créées par l'INERA du Burkina Faso. Sept variétés NERICA ont été mises au point par l'INERA entre 1999 et 2005. Quatre d'entre elles sont bien adaptées à la riziculture de bas-fond et irriguée (FKR 56N, FKR 58N, FKR 60N et FKR 62N) tandis que les trois autres variétés sont bien adaptées à la riziculture pluviale stricte (FKR 45N, FKR 47N et FKR 49N). Au niveau national, 43 variétés de riz sont recensées dans le répertoire national (Catalogue nationale, 2014). Ce sont des variétés ayant un cycle compris entre 95 et 120 jours avec des rendements en zone favorable de 3 à 7 tonnes à l'hectare. Au Burkina Faso, les principales variétés de riz cultivées sont les variétés FKR19, FKR60N, FKR62N, TS2, FKR84 et FKR64 et ITA123 adaptées à la riziculture irriguée [35], [36]. En riziculture pluviale stricte les variétés utilisées sont principalement les variétés FKR 45N, FKR43N, FKR47N, FKR49N, ... [28]. Les grands pays producteurs de riz sont les pays asiatiques notamment le Bangladesh, l'Inde, le Pakistan, la Thaïlande, le Vietnam, la Chine continentale et l'Indonésie. Ils sont également les principaux consommateurs [37]. Les principales régions d'intense activité rizicole en Afrique sont ses zones Ouest et Est qui assurent près de 95 % de la production rizicole [38]. Au Burkina Faso, quatre grandes zones de production se dégagent, il s'agit des régions du Centre-Est, des Hauts-Bassins, des Cascades et de la Boucle du Mouhoun.

4 VALEUR NUTRITIONNELLE

La composition du riz et de ses diverses fractions d'usinage montre que le riz est riche en énergie et contient des protéines. Le riz contient aussi de la thiamine, de la riboflavine, de la niacine, de la vitamine E et d'autres nutriments. Le riz ne contient pas de vitamines C, D ni A (tableau 1). Le riz représente la principale source de protéines pour plus de 2,5 milliards de personnes dans les pays en voie de développement [39]. Il se distingue des autres céréales par sa teneur élevée en glutélines (solubles dans les bases diluées) et faibles en prolamines (solubles dans les solutions alcooliques) [25].

Tableau 1. Teneurs en éléments nutritifs évaluées dans 100g de riz cuit

Nom des constituants (unités)		Teneurs moyennes
Énergie (Kcal)		130
Eau (g)		70,4
Substances nutritives	Protéines (g)	2,8
	Glucides (g)	28,8
	Sucres (g)	0,11
	Amidon (g)	28,7
	Lipides (g)	0,37
Acides gras	Saturés (g)	0,07
	Monoinsaturés (g)	0,07
	Polyinsaturés (g)	0,09
Fibres alimentaires (g)		0,9
Minéraux et oligoéléments	Sodium (mg)	2
	Magnésium (mg)	9
	Phosphore (mg)	55
	Potassium (mg)	56
	Calcium (mg)	19
	Manganèse (mg)	0,35
	Sélénium (µg)	8,2
Métaux	Fer total (mg)	0,24
	Cuivre (mg)	0,07
	Zinc (mg)	0,37
Iode (µg)		5
Rétinol (µg)		0
Bêta-carotène (µg)		0
Les vitamines	B1 ou Thiamine (mg)	0,07
	B2 ou Riboflavine (mg)	0,01
	B3 ou PP ou Niacine (mg)	2,31
	B5 ou Acide pantothénique (mg)	0,32
	B6 ou Pyridoxine (mg)	0,15
	B9 ou Folates totaux (µg)	4
	B12 ou Cobalamines (µg)	0
	C (mg)	0
	D (µg)	0
Activité vitaminique E (=alpha-tocophérol) (mg)		0

Source: (ANSES, 2008)

5 IMPORTANCE DU RIZ DANS L'ÉCONOMIE BURKINABÈ

Le riz a longtemps occupé une position de relative faiblesse dans l'économie céréalière au Burkina Faso. Dans les années 1960, le riz était considéré comme une plante négligeable que l'on ne trouvait que sur les tables de fête et dans les centres urbains [40]. Mais aujourd'hui, le riz est devenu un produit stratégique car il joue un rôle important dans la sécurité alimentaire et l'économie locale. En effet, le riz est entré dans les habitudes alimentaires de la population dans la période de l'administration française lorsque celle-ci a ouvert la voie à l'importation massive de riz brisé à bas prix de ses colonies asiatiques. Le coût peu élevé de sa transformation et de sa cuisson et la popularité des vendeurs de rue pour leurs plats à base de riz ont conduit à renforcer la préférence des consommateurs urbains à cette céréale [41]. En effet, la consommation du riz ne cesse de croître d'une année à une autre et aussi de s'élargir à toutes les couches socio-économiques [42]. Insignifiante au début des années 60, la consommation du riz au Burkina Faso s'accroît à un rythme annuel de 11 % [8]. La consommation

annuelle par habitant est passée de 4,5 kg en 1960 à 18,2 kg en 1999 et à 35 kg en 2013 [1], [43]. Dans les grandes villes comme Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, cette consommation annuelle par habitant est d'environ 50 kg [44]. La production du riz a été évaluée à 350392 tonnes en 2019 [5], mais avec un déficit estimé à 393 816 tonnes. Pour combler le déficit de besoin en consommation, le Burkina Faso a recours à des importations massives. Ainsi, le riz reste la principale charge d'importation de céréales au Burkina Faso avec une dépense de 69252,6 millions de FCFA en 2019 [9]. Un autre argument puissant est que les consommateurs burkinabè, à l'instar des autres consommateurs africains, se détournent des denrées traditionnelles en faveur du riz et du maïs. Il est probable qu'à terme, les ruraux vont aussi accroître leur consommation de riz. Au Burkina Faso, le riz est produit selon trois (3) principaux modes bien distincts en fonction des écosystèmes: riziculture pluviale stricte, riziculture de bas-fond et riziculture irriguée

6 MODES DE PRODUCTION DU RIZ AU BURKINA FASO

Le système de base de la production du riz au Burkina Faso est la monoculture en une simple campagne annuelle en riziculture pluviale et de bas-fonds et en une double campagne annuelle en riziculture irriguée.

6.1 RIZICULTURE PLUVIALE

Le riz pluvial est le riz qui est cultivé sans être immergé, c'est-à-dire non pas dans une rizière, mais dans un champ. La riziculture pluviale stricte est définie comme étant le mode de culture où l'alimentation en eau des plants de riz est assurée uniquement par la pluie. Toutefois, l'alimentation en eau du riz peut également être partiellement assurée par une nappe phréatique peu profonde, dans ce cas, on parle de riziculture pluviale assistée [45]. Il est aujourd'hui notamment développé en Afrique de l'ouest et dans quelques zones tropicales à titre expérimental ou de culture traditionnelle. Les rendements sont plus faibles mais moins dépendants d'une ressource abondante en eau. Ce type de riziculture représente 13 % des surfaces en Asie mais respectivement 60 et 75 % en Afrique et en Amérique Latine [17]. Au Burkina Faso, Elle a été introduite en 1971 par l'IRAT. Grâce aux actions pilotes mises en place par le Programme riz de l'INERA à partir de 1992, elle a connu une extension rapide, mais elle reste toujours la moins répandue (17% des superficies et contribution à hauteur de 9 % à la production nationale) [46]. D'un coût de production plus faible, elle offre d'énormes possibilités de développement dans les régions où la pluviométrie annuelle est d'au moins 800 mm [47]. La riziculture pluviale stricte est tributaire de la quantité et de la répartition des pluies. Elle pourrait revêtir une importance plus grande pour la production nationale, pour peu qu'elle puisse s'insérer dans un système de rotation pratiqué dans les zones cotonnières. Elle est, en général, pratiquée sur des sols bien drainés et à bonne capacité de rétention en eau. Les rendements de ce type de riziculture sont de 1 à 2 t/ha [46]. Le riz pluvial strict est soumis aux caprices de la pluviométrie. Alors pour réussir sa production il faut absolument respecter l'itinéraire technique de production.

6.2 RIZICULTURE DE BAS-FOND

La riziculture de bas-fond est pratiquée soit dans des sites avec maîtrise partielle de l'eau (bas-fonds aménagés simples ou bas-fonds améliorés) ou dans des sites sans maîtrise de l'eau (bas-fonds traditionnels sans aménagement). Les bas-fonds se définissent comme étant des fonds plats ou concaves des axes d'écoulement temporaires qui sont inondés pendant des périodes d'au moins plusieurs jours et dans lesquels on trouve des sols aux caractères hydromorphes [48]. Les bas-fonds sont alimentés en eaux par les ruissellements, les écoulements souterrains qui proviennent des bassins versants situés en amont et des nappes phréatiques. C'est le mode de production le plus répandu (49 % des superficies et 41 % de contribution à la production) pratiqué dans toutes les régions du pays, notamment dans le sud-ouest où se concentre l'essentiel du potentiel en bas-fonds exploitables et où les conditions agro-climatiques sont les plus favorables [46]. La riziculture de bas-fonds se pratique généralement le long des rivières et est caractérisée par la remontée de la nappe phréatique au milieu de la saison pluvieuse. Le rendement moyen variant de 1,3 t/ha (bas-fonds non aménagés) à 2,5 t/ha (bas-fonds aménagés), avec un potentiel de 4t/ha pour les bas-fonds aménagés [49]. La diversité des bas-fonds et leur existence dans toutes les régions du Burkina Faso rendent la pratique de la riziculture de bas-fond accessible à un grand nombre de producteurs. La mise en valeur des terres de bas-fonds est fonction de leur disponibilité en eau par rapport aux terres hautes dans les régions où la fréquence et la répartition des eaux de pluie rendent aléatoire la conduite de certaines cultures à leur terme [50]. Malheureusement, la plupart des bas-fonds subissent les variations du régime des pluies. Les cultures sont tantôt submergées, tantôt soumises au retrait précoce des eaux. De ce fait, les variétés utilisées possèdent des cycles longs (variétés de riz de bas-fond). Par ailleurs, des phénomènes de toxicité ferreuse sont également observés surtout dans l'ouest du pays [51].

6.3 RIZICULTURE IRRIGUÉE

La riziculture irriguée a été introduite dans notre pays dans les années 1960 [52]. C'est le mode de production du riz le plus performant (maîtrise totale de l'alimentation en eau). Il occupe environ 34 % de la superficie rizicole et contribue pour près de 50 % à la production nationale en riz [46]. Le rendement varie entre 3 et 9 tonnes/ha. En plus, en raison de la maîtrise totale de l'eau, le système permet la double campagne annuelle sur la totalité ou une partie des périmètres aménagés. Au Burkina Faso, l'irrigation est assurée de trois (03) façons que sont la dérivation au fil de l'eau (Vallée du Kou, Karfiguéla), l'aménagement en aval de barrage (Mogtédo, Bagré) et le pompage dans les cours d'eau (Sourou) [49]. Depuis les sécheresses des années 1970, une attention particulière a été portée à la maîtrise de l'eau au Burkina Faso dans le but d'améliorer la productivité agricole [52]. C'est dans ce sens qu'une politique nationale de développement de l'irrigation a été élaborée, avec comme objectifs de stimuler l'agriculture irriguée. Ainsi, la maîtrise de l'eau est devenue une priorité nationale justifiant l'aménagement de grandes plaines [52]. Depuis, plusieurs types d'aménagements ont vu le jour avec notamment, l'aménagement de grandes plaines comme celle de la Vallée du Sourou, de la Vallée du Kou, le site de Bagré, le périmètre sucrier de la SOSUCO et la construction de nombreux petits barrages en terre et avec des avals aménagés. Malgré ces résultats, la culture du riz reste encore en deçà des attentes et est soumise à des aléas climatiques de plus en plus sévères [52].

7 CONTRAINTES DE LA PRODUCTION DU RIZ AU BURKINA FASO

La production du riz au Burkina Faso est confrontée à de multiples contraintes d'ordre abiotique et biotique qui causent d'importantes baisses de rendements. En effet, les contraintes abiotiques sont la principale cause de 71 % des pertes de rendement à travers le monde [53]. Parmi les facteurs abiotiques, l'insuffisance d'équipement agricole et d'intrant, les conditions climatiques et les facteurs socio-culturels sont les plus importants [54]. De tous ces facteurs, la variabilité climatique, demeure l'un des plus déterminants. La mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie influe sur le rendement et entraîne l'abandon progressif des périmètres rizicoles au profit des cultures moins exigeantes en eau [55]. La saison pluvieuse étant de en plus en plus courte, a une conséquence sur l'hydrologie des périmètres aménagés; ce qui rend leur exploitation peu efficace. Cela induit le raccourcissement de la durée de la présence d'eau dans les bas-fonds. En outre, l'utilisation de plus en plus croissante des eaux du Kou pour l'alimentation de la ville de Bobo-Dioulasso et pour l'irrigation informelle accentue la réduction de la disponibilité en eau pour l'irrigation du riz à la vallée du Kou pendant la campagne sèche [28], [56]. Ainsi cette indisponibilité en eau pour l'irrigation du riz entraîne l'abandon des parcelles en campagne sèche.

8 HISTOIRE DE L'IRRIGATION AU BURKINA FASO

L'irrigation formelle est apparue au Burkina Faso au début des années 1960 pour connaître le développement actuel qu'on lui reconnaît [57]. En effet, les premières cultures produites en dehors de la saison humide ont été réalisées au Burkina dans les années 1920 par les missions catholiques de Pabré et de Bam [58]. C'est au début du XX^{ème} siècle que les missionnaires s'installent sur le Plateau mossi et font le constat d'une précarité liée à une famine généralisée dans la région de Ouagadougou. Pour des raisons de survie de la communauté missionnaire, les missionnaires identifient le site de Pabré et y font construire un barrage en terre en 1914. Ce barrage servira d'abord à l'élevage bovin, puis à la culture de blé et de légumes, à la plantation de tecks, de banane et de vigne, sur une concession de 200 ha de brousse. Ce type d'aménagement inspirera plus tard la politique coloniale dans le domaine hydraulique. Les aménagements étatiques de première génération apparaissent au début des années 1960. Il s'agit des plaines de la Vallée du Kou, Banzon, Karfiguéla dans les Hauts-Bassins et celles de Boulbi, Mogtédo et Louda dans le Plateau central [59].

La période des années 1970 a été caractérisée par la grande sécheresse qui a entraîné la famine des années 1973, révélant ainsi le caractère précaire de l'agriculture pluviale et le rôle de l'irrigation pour l'autosuffisance et la sécurité alimentaire [60]. Cette situation a amené l'Etat et ses partenaires techniques et financiers à consentir des efforts importants dans le domaine de l'irrigation. C'est durant cette période que l'irrigation en aval des petits barrages et les programmes de conservation des eaux et du sol ont commencé à se développer. La dernière décennie a été marquée par une volonté manifeste du Gouvernement et des bailleurs de fonds d'une mobilisation des ressources en eau. De grands ouvrages ont été réalisés (Sourou, Kompienga, Bagré, Samadeni...) et de nombreux barrages de moyennes et petites tailles ont été construits soit par l'Etat sur prêt ou subventions, soit par des ONG avec la participation des populations bénéficiaires. Trois (3) étapes fondamentales ont mis en évidence concernant le développement des périmètres irrigués. Ces différentes étapes se chevauchent sur le plan chronologique et peuvent être déclinées de la manière suivante [61]:

- Première étape: le développement de l'irrigation s'est déroulé de façon soutenu dans les années 1970 avec l'aménagement et la mise en valeur des périmètres rizicoles de la vallée du Kou (1260 ha), de Banzon (460 ha), de Karfiguèla (350 ha) par la mission chinoise et le périmètre sucrier de Beregadougou (4000 ha). Cette phase a abouti à l'aménagement de la vallée du Sourou et de la plaine de Bagré avec un potentiel de 30000 ha chacune, au début des années 1980 [62];
- Deuxième étape: elle a lieu au cours des années 1980 et 1990. Cette étape a concerné la réalisation de petits et moyens périmètres (de 20 à 200 ha) en aval ou en amont de petits barrages. Il faut cependant noter que l'aménagement des premiers petits périmètres (périmètres de Boulbi, de Louda, ...) a commencé, en réalité, dans les années 1970 autour des retenues d'eau;
- Troisième étape: cette étape mettant l'accent sur la petite irrigation a commencé au début des années 2000. Elle est surtout dominée par la promotion de l'initiative individuelle ou privée et destinée prioritairement à des cultures autres que le riz [57].

A partir de 2002, l'engouement pour l'irrigation est très fort et les interventions sur le terrain se chevauchent. Le Gouvernement fait élaborer une stratégie nationale de développement durable de l'agriculture irriguée adoptée en 2004 et à mettre en œuvre sur la période 2004-2015 [63]. Le riz et le maïs sont les spéculations céréalières produites sur des espaces irrigués au Burkina Faso. Cependant, le riz irrigué représente plus de 50% de la production totale du pays en riz sur la période 2010-2019 contrairement au maïs qui représente 3% [64].

9 NOTION DE SYSTÈMES D'IRRIGATION

L'irrigation est une opération artificielle qui consiste à amener l'eau aux plantes pour augmenter la production et améliorer le rendement de la terre agricole par l'apport de l'eau nécessaire à une forte croissance, ce principe est utilisé en cas de manque d'eau d'origine naturelle dans les régions arides ou pour les cultures qui nécessitent des grandes quantités d'eau comme coton ou le riz. Il existe différents types de technique d'irrigation; l'utilisation de chaque système d'irrigation se fait selon les besoins à savoir la surface du terrain et le type de plante.

Les systèmes d'irrigation ont été décrits et classés en deux grandes catégories à savoir l'irrigation de surface et l'irrigation sous pression [65]. Le système de l'irrigation de surface est un dispositif qui ne nécessite pas une pression pour la distribution de l'eau dans les parcelles. En effet, la distribution de l'eau dans ce système se fait par simple gravité. Le système d'irrigation sous pression au contraire est un dispositif d'irrigation pour lequel l'exhaure de l'eau se fait par pompage, le transport à charge et la distribution par pression [1]. Il nécessite de l'énergie pour son fonctionnement. En pratique, on distingue l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion.

9.1 IRRIGATION DE SURFACE

L'irrigation de surface ou irrigation gravitaire consiste à repartir l'eau directement sur la parcelle cultivée par ruissellement sur le sol [66] dans des sillons (méthode d'irrigation à la raie), par nappe (on parle d'irrigation par planche ou calant) ou encore par submersion contrôlée (irrigation par bassin). Le terme d'irrigation gravitaire se réfère en réalité au moyen par lequel l'eau est transportée, c'est-à-dire par force de gravité dans des canaux à ciel ouvert. Il s'agit du mode d'irrigation le plus ancien (et donc assez rudimentaire) mais il est peu coûteux en investissement. C'est la méthode la plus utilisée à travers le monde et pratiquée dans les périmètres irrigués et aussi par la plupart des producteurs. Traditionnellement pour ces méthodes, l'eau est amenée au niveau de la parcelle puis distribuée dans des canaux de terres qui alimentent les raies, les planches ou les bassins. Les pertes par infiltration et la difficulté de contrôler les débits délivrés conduisent à un gaspillage d'eau et à un arrosage hétérogène [67].

9.2 IRRIGATION PAR ASPERSION

L'irrigation par aspersion consiste à reproduire sur le sol le phénomène naturel de la pluie, avec toutefois le contrôle de l'intensité et de la hauteur de l'averse. L'eau est transportée dans des réseaux de conduites sous pression puis délivrée au niveau de la parcelle par des bornes qui régulent la pression et le débit [67], [68]. L'eau est ensuite dirigée dans d'autres conduites qui alimentent sous pression des asperseurs qui répandent l'eau en pluie. Au niveau de l'asperseur, pièce maîtresse du dispositif, une buse crée un jet et l'oriente vers la cuillère, le bras mobile est activé par le jet, le ressort de rappel provoque le retour du bras mobile et assure ainsi la rotation de l'asperseur. Ce système utilisant plusieurs arrosoirs montés en tête sur les risers constitue un système d'irrigation solide. Les systèmes d'arrosage par aspersion sont utiles surtout dans les régions à topographie irrégulière et lorsqu'on désire apporter des quantités relativement faibles d'eau en peu de temps [69].

9.3 IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

L'irrigation goutte à goutte ou irrigation localisée ou micro irrigation consiste à appliquer l'eau à faible débit et à intervalles fréquents au voisinage immédiat de la plante de sorte que l'humidification soit limitée à la zone racinaire du sol uniquement au moyen d'un réseau dense de conduites [70]. Les débits délivrés sous de basses pressions sont faibles selon les modèles des distributeurs. Pour ce faire, on distribue habituellement l'eau dans des conduites fermées (par exemple des tubes de plastique) en des points spécifiques dont l'emplacement et l'espacement dépendent de la configuration de la plante cultivée [69].

Le système d'irrigation goutte à goutte offre la possibilité d'apporter l'engrais directement avec l'eau d'irrigation. Ce système de fertilisation localisée, appelée fertigation, assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau et des engrais entraînant ainsi une réduction des pertes des solutions nutritives par lessivage et par conséquent, une diminution de la pollution des nappes phréatiques par les engrais. Par rapport aux autres systèmes d'irrigation, le goutte à goutte permet une réduction du coût de la main d'œuvre impliquée dans les opérations de l'irrigation et de la fertilisation, et une baisse des quantités d'eau et d'engrais [69].

10 IRRIGATION ET TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

L'irrigation répond de façon générale à plusieurs objectifs, présents ou non dans la stratégie d'un même exploitant agricole: un rendement agricole supérieur, une assurance contre les aléas climatiques (températures excessives, précipitations trop faibles) et également une qualité des produits supérieure exigée par la filière aval (contrats). D'un point de vue économique, la sécheresse aura des impacts différents selon la façon que le producteur l'appréhende. Si ce dernier anticipe un manque d'eau structurel, les conséquences d'épisodes de sécheresse répétés ne seront pas fondamentalement différentes de celles qui ont déjà conduit à la spécialisation technique des exploitants [71]. L'irrigation massive peut à cet égard être considérée comme un cas extrême résultant d'anticipations pessimistes sur la distribution des précipitations locales. La question de l'implantation de cultures à forte demande en eau comme le riz sur des zones à déficit pluviométrique chronique repose sur une combinaison complexe entre la rentabilité des cultures pratiquées, la nature des sols et les autres variables climatiques (les températures en particulier).

Si les anticipations des producteurs débouchent sur la construction d'une distribution de probabilité stable (stationnarité) pour les précipitations, les systèmes culturels pratiqués dépendront en dernière analyse de cette distribution, au sein d'un ensemble de facteurs autant économiques que pédoclimatiques. Il est naturel de considérer l'eau d'irrigation comme un intrant utilisé de façon combinée avec d'autres facteurs de production (engrais, travail, capital, énergie, semences) pour parvenir à un rendement donné. En ce sens, ce dernier sera une fonction *a priori* concave du volume d'eau utilisé, croissante jusqu'à un certain point et éventuellement décroissante au-delà (pour une irrigation excessive). Par contre, on oublie souvent que des facteurs de production peuvent être combinés pour répondre, en parallèle, au problème de limitation du risque encouru par l'exploitant. La notion pertinente de risque porte sur l'incertitude liée au profit total, cette dernière pouvant être confondue avec le risque de production si les prix de production et des facteurs sont connus avec certitude. En tout état de cause, si le risque de production n'est pas relié à celui du (ou des) prix (non corrélation des sources de risque), une stratégie unique de contrôle du premier pourra être menée [71].

L'agriculture irriguée contribue de manière remarquable à la sécurité alimentaire et nutritionnelle au Burkina Faso, hormis certaines céréales (mil, sorgho) qui restent essentiellement tributaires de la production pluviale. Les rendements de la culture irriguée du maïs sont de 4,6 t/ha en saison sèche et 3,7 t/ha en saison hivernale. Pour le riz irrigué les rendements sont de 4,7 t/ha en saison sèche et 2,9 t/ha en période de pluie [72]. Ainsi, l'agriculture irriguée constitue une source de redistribution des revenus pour les fournisseurs d'intrants et les transporteurs et contribue à la création d'emplois. L'agriculture irriguée apparaît également comme un moyen efficace de promotion des groupes vulnérables que sont les femmes et les jeunes: existence de milliers d'emplois féminins dans les micro-unités de transformation du maïs et du niébé, l'engouement des femmes à l'aval de la filière riz à travers la collecte, l'étuvage et la commercialisation. Dans la filière des légumes, il survient un quasi-monopole de la distribution des légumes dans les centres urbains par les femmes qui réalisent également la transformation artisanale. Elles sont par ailleurs les principales productrices des légumes dans les petites superficies irriguées. Cependant, elles ne représentent que 7 % des membres des comités d'irrigants [73].

Les pluies, en particulier leur part efficace, fournissent une partie de l'eau requise pour satisfaire les besoins d'évapotranspiration des cultures. Le sol, agissant comme un tampon, stocke une partie de l'eau de pluie et la restitue aux cultures en période de déficit. Sous des climats humides, ce mécanisme suffit pour assurer une croissance satisfaisante dans des systèmes de culture sans irrigation [71]. Dans des conditions arides ou en cas de saison sèche prolongée, il est nécessaire

d'irriguer pour compenser le déficit d'évapotranspiration (transpiration des cultures et évaporation à partir du sol) dû à l'insuffisance ou à l'irrégularité des précipitations.

11 IRRIGATION COMME MOYEN D'ADAPTATION À LA SÉCHERESSE AU BURKINA FASO

La variabilité climatique au Sahel a montré la grande vulnérabilité des systèmes de production agropastorale au cours des dernières décennies. La production céréalière interannuelle fluctue en moyenne de 20 % depuis la fin des années 80 [74]. Une situation qui s'aggrave de plus en plus avec le changement climatique: fréquence accrue des événements climatiques extrêmes, récurrence et allongement des poches de sécheresse et forte incertitude concernant la date de démarrage et la durée de la saison culturale. Les micro-organismes des sols vivent dans des « niches » et réagissent rapidement aux changements du milieu. La température et l'état hydrique du sol sont des facteurs déterminants de l'activité biologique. Les sécheresses et canicules impactent fortement la vie du sol par leurs effets à la fois directs (mortalités) et indirects (changements des habitats microbiens) et donc la sécurité alimentaire. Toutes les fonctions microbiennes et la biodiversité sont touchées [75]. Les cyanobactéries qui permettent la fixation de l'azote sont notamment très vulnérables. Même si la pluie revient au bout d'un certain temps, le retour de la vie microbienne n'est pas assuré. Avec l'irrigation associée à un niveau d'intensification compatible, on peut garantir le triple des rendements à l'hectare [76]. Par conséquent il est recommandé de prendre en considération le développement de l'irrigation comme stratégie de renforcement des capacités d'adaptation. L'irrigation pourra assurer en temps réel le complément d'eau pour enrayer le déficit hydrique engendré par les poches de sécheresse durant la saison des pluies. Il existe dans le pays des structures de formation et de recherche dans le domaine de l'agriculture irriguée et de la maîtrise de l'eau, capables d'assurer la mise en œuvre et le suivi technique d'une telle activité. En effet, l'irrigation est souvent devenue indispensable pour assurer la germination des semis ou la reprise des plantations; elle est incontournable durant la saison pour assurer une croissance continue de la qualité et du rendement [77]. Ainsi l'utilisation de l'irrigation augmente les coûts de production qui sont en partie compensés par l'obtention de qualité et de rendements supérieurs. Elle permet aussi de mieux planifier les semis et les récoltes, d'assurer les acheteurs de livrer les volumes promis aux dates promises. Et souvent, l'irrigation fait la différence entre une abondante récolte de qualité et une récolte de disette. Elle fait maintenant partie des moyens de production. En effet, elle assure la diversification des productions, en augmentant et en sécurisant la production et en permettant le développement de filières agro-alimentaires créatrices de nombreux emplois (semences, fruits et légumes...), lesquelles sont en général totalement dépendantes de l'irrigation [75]. Le développement de l'irrigation va contribuer à la sécurisation de la production agricole, à l'intensification de manière à limiter les cultures extensives et donc la dégradation de l'environnement. Le très faible taux d'irrigation de l'Afrique sub-saharienne est aujourd'hui considéré comme un facteur majeur de la vulnérabilité de cette immense région au dérèglement climatique [78].

12 IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE: INNOVATION POUR STABILISER LA PRODUCTION ET AUGMENTER LE RENDEMENT DU RIZ EN MILIEU PAYSAN

Le recours à l'irrigation s'avère nécessaire pour garantir une production suffisante et pour rentabiliser l'investissement consenti afin de se prémunir contre les aléas climatiques et sécuriser la production [79]. La contrainte hydrique est posée actuellement avec acuité et oriente les techniques d'irrigation dans le sens de l'économie de l'eau. Il est donc devenu impératif de connaître les principaux moyens qui optimisent l'utilisation de l'eau en irrigation. Le pilotage de l'irrigation doit donc concilier les faibles disponibilités hydriques et les besoins en eau d'une production relativement élevée tout en assurant la compétitivité des coûts de production. Plusieurs études ont montré l'intérêt de l'irrigation pour corriger le déficit hydrique et la possibilité d'améliorer les rendements [80]. L'irrigation des céréales consistera à garantir une production seuil ou production minimale garantie, quelles que soient les conditions climatiques [81]. S'affranchir du facteur limitant en eau pour garantir une production seuil revient, par conséquent, à maintenir dans le sol une réserve hydrique suffisante à déterminer compte tenu des conditions pédoclimatiques locales d'une part et du stade phénologique de la culture d'autre part [82]. Traditionnellement, le riz irrigué est cultivé sous de l'eau stagnante continue (maintien d'une lame d'eau importante) à tous les stades phénologiques, sauf à la maturité. Cette méthode de culture du riz utilise plus de 30 à 45 % des ressources mondiales en eau douce [83]. En effet, la méthode conventionnelle de production du riz est un défi dans le scénario actuel en raison de la pénurie d'eau. Les technologies d'économie d'eau les plus répandues, telles que le système de culture en bas-fond et le système alternatif de mouillage et de séchage sont perçues comme consommant des quantités massives d'eau [84], [85]. Les systèmes d'irrigation actuels nécessitent la construction d'énormes réservoirs ou barrages avec des canaux (aménagement des plaines rizicoles) d'irrigation longs et très complexes dont la construction et l'entretien sont souvent coûteux et demandent beaucoup de travail [86]. Dans certaines régions du monde, on utilise des installations d'irrigation par aspersion, mais cela entraîne également un gaspillage d'eau. Par conséquent, un système d'irrigation efficace est nécessaire pour une pour stabiliser et

accroître le rendement de riz. Les techniques supérieures de gestion de l'irrigation couplées à des génotypes adaptés pourraient améliorer le rendement et l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour la culture du riz [87]. Une application précise de l'eau ainsi que des techniques de mouillage constant seraient réalisables en culture de riz sous l'irrigation goutte à goutte [88]. En plus, l'irrigation goutte à goutte entraîne généralement un bon développement des plants de riz en limitant l'évaporation du sol et la percolation profonde [86], [89]. Le riz sous irrigation goutte à goutte produit un plus grand nombre de talles et améliore la masse sèche totale que le riz en submersion [89], [90]. L'irrigation goutte à goutte est un choix de système d'irrigation plus pratique car il permet d'assurer la croissance du riz en raison de la disponibilité en eau et en nutriments dissous dans l'eau de manière relativement flexible. L'irrigation au goutte à goutte peut fournir de l'eau de manière précise et uniforme à une fréquence d'irrigation élevée par rapport à l'irrigation par sillons et par aspersion, ce qui peut potentiellement augmenter le rendement [86], réduire le drainage souterrain, fournir un meilleur contrôle de la salinité et une meilleure gestion des maladies puisque seul le sol est mouillé alors que la surface des feuilles reste sèche [88]. De même, la physiologie de la culture du riz est significativement influencée par l'irrigation goutte à goutte [91] avec une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau, des nutriments [92]. Le rendement élevé en grains peut être maintenu en économisant l'eau de 50 % à 60 % [93]. Une gestion appropriée de l'eau peut améliorer la transmission de la lumière et la surface photosynthétique du riz dans les dernières phases de croissance. Cela favorise l'accumulation de la matière sèche et augmente le taux net de photosynthèse du riz avant l'épiaison [94]. Cependant, quelques tentatives ont été faites dans le monde pour étudier l'adaptabilité et la réponse de l'irrigation goutte à goutte dans la culture du riz [89], [90], [95], [96], [97]. Ainsi, plus d'informations sur la réponse agronomique du riz à l'irrigation goutte à goutte est nécessaire pour évaluer la faisabilité technique et économique de l'utilisation de l'irrigation goutte à goutte sur les meilleures pratiques de gestion du riz.

13 CONCLUSION

Le riz occupe une place importante dans l'alimentation de la population Burkinabè. C'est l'une des céréales stratégiques pour l'atteinte la sécurité alimentaire des populations surtout dans les pays en voie de développement comme le Burkina Faso. Le gouvernement burkinabè a entrepris des aménagements de périmètres en vue de développer la culture du riz irrigué depuis la crise alimentaire survenue en 2008. D'importantes superficies ont été aménagées en maîtrise totale pour la riziculture de submersion avec des variétés dont le rendement potentiel est estimé à plus de 7 tonnes/ha. Malheureusement le riz est actuellement cultivé dans un contexte de fortes variabilités climatiques qui entraînent la raréfaction des ressources en eau et affectent négativement la production même dans les périmètres aménagés. Par conséquent, un système d'irrigation efficace est nécessaire pour augmenter et stabiliser les récoltes en riziculture. Cette situation nécessite une utilisation réfléchie de l'eau en agriculture en particulier dans la culture du riz irrigué. Dans un tel contexte, des technologies émergentes comme l'irrigation goutte à goutte utilisant moins d'eau pour la production semblent être indispensables pour garantir une certaine régularité et une augmentation du rendement en riziculture irriguée. Pour une amélioration durable du système de culture riz sous irrigation goutte à goutte, il apparaît urgent d'approfondir les connaissances sur les effets et l'impact de cette technologie sur le rendement et la rentabilité économique du riz.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement la société IRRIFASO pour l'accompagnement, et les membres de l'Equipe Génétique et Amélioration des Plantes (EGAP) du Laboratoire Biosciences de l'Université Joseph KI-ZERBO pour le suivi et les corrections du manuscrit. Ce travail a été soutenu par Centre national de l'Information, de l'Orientation scolaire et professionnelle, et des Bourses à travers la bourse accordée à Monsieur Dominique NIKIEMA.

REFERENCES

- [1] FAO, Technique d'irrigation pour les agriculteurs à petite échelle: pratiques clés pour les praticiens de la RRC (Réduction des Risques de Catastrophe), 2014.
- [2] P.A. SECK, A. A.TOURE, Y. J. COULIBAL, A. DIAGNE and C. S.M. WOPEREIS "Africa's rice economy before and after the 2008 rice crisis", CABI, pp. 20-35, 2013.
- [3] WARDA, NERICA: the New Rice for Africa compendium. EA Somado, RG Geui and So Keya (eds). Cotonou, Benin, 2008.
- [4] MARHASA, Résultats définitifs de la campagne agricole 2014/2015 et perspective de la situation alimentaire et nutritionnelle. Rapport final. MARHASA, Ouagadougou, Burkina Faso, 73p, 2015.
- [5] INSD, Annuaire statistique 2019, Ministère de l'économie des finances et du développement, Burkina Faso, Annuaire statistique, 2020.

- [6] A. TANAKA, J.M. JOHNSON, K. SENTHILKUMAR, C. AKAKPO, Z. SEGDA, L.P. YAMEOGO, I. BASSORO, D.M. LAMARE, M.D. ALLARANGAYE, H. GBKATCHETCHE, B.A. BAYUH, F. JAITEH, R.K. BAM, W. DOGBE, K. SEKOU, R. RABESON, N.M. RAKOTOARISOA, N. KAMISSOKO, I.M. MOSSI, K. SAITO, "On-farm rice yield and its association with biophysical factors in sub-Saharan Africa", *Eur. J. Agron.*, vol. 85, pp. 1-11, 2017.
- [7] K. SAITO, V. P. AHOQUANTON K., A. DELALI, A. TANAKA, K. SENTHILKUMAR, E. VANDAMME, Yield gap analysis towards meeting future rice demand. In Tokyo University of Agriculture, Japan & T. Sasaki (Éds.), *Burleigh Dodds Series in Agricultural Science*, 2017.
- [8] SNDR, Deuxième Génération de la Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture 2021-2030. Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-Agricoles. Burkina Faso, 2020.
- [9] MCIA, Balance commerciale et commerce extérieur du Burkina Faso, 2020.
- [10] B.G. SOULE, Revue analytique des stratégies nationales d'investissement et de politiques agricoles en vue de la promotion des filières de base en Afrique de l'Ouest, in A. Elbehri (ed.), *FAO/FIDA*, 2013, pp. 93-124.
- [11] S. FOSSI, D. OUEDRAOGO, B. ZONGO, Y.M. TRAORE, K.S. Da SILVEIRA Acceptance and popularization of supplemental irrigation in the Bam province, BURKINA FASO, in *Revue scientifique et technique LJE N°21 et 22. Spécial colloque CIREDD*, 2013, pp. 29-36.
- [12] FMI, Burkina Faso: Strategy for accelerated growth and sustainable development 2011- 2015, 2012.
- [13] T. Radanielina et D. Vakinankaratra, *Diversité génétique du riz (Oryza sativa L.) dans la région de Vakinankaratra, Madagascar*. 2013.
- [14] I. OLIVIERI, D. COUVET, P.H. GOUYON, "The genetics of transient populations: research at the metapopulation level", *Trends Ecol. Evol.*, vol. 5, pp. 207-210., 1990.
- [15] A. BARNAUD, M. DEU, E. GARINE, D. MCKEY, H. JOLY "Local genetic diversity of Sorghum in a village in northern Cameroon: structure and dynamics of landraces", *Theor. Appl. Genet.*, 114, pp237-248, 2007.
- [16] S. Peraudeau, Réponses de la respiration à l'augmentation de la température nocturne chez le riz : Production de biomasse et de grains et conséquences pour les modèles de culture, 2017.
- [17] B. COURTOIS, Une brève histoire de l'amélioration génétique du riz. CIRAD, UMR1096, TA40/03, 34398 Montpellier Cedex 5, France, 2007.
- [18] IRRI, Wild rice taxonomy. International Rice Research Institute, 2005.
- [19] G.S. KHUSH, "Origin, dispersal, cultivation and variation of rice", *Plant Mol. Biol.*, vol. 35, p. 25-34, 1997.
- [20] M. Sié, Prospection et évaluation génétique des variétés traditionnelles de riz (*Oryza sativa* L. et *Oryza glaberrima* Steud.) du Burkina Faso. Thèse de Docteur-Ingénieur. Université Nationale de Côte d'Ivoire 02 BP 801, Abidjan 02, 1991.
- [21] ADRAO, Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest - Formation en production rizicole, manuel du formateur; Edition Sayce publishing, Royaume Uni, 1995.
- [22] K. FUTAKUCHI, et M. SIE, "Better exploitation of African Rice (*Oryza sativa*) in varietal development for resource – poor farmers in West and Central Africa", *Agri. J.*, vol. 4, pp. 96–102, 2009.
- [23] J. PERNES, J. BERTHAUD, G. BESANÇON, D. COMBES, J. M. LEBLANC, M. WURD, Y. SAVIDAN et G. SECOND, *Gestion des ressources génétiques des plantes: monographies.*, Tome 1. Ed. 1984.
- [24] M. LACHARME, Le plant de riz: données morphologiques et cycle de la plante. Fascicule 2, Paris, 2001.
- [25] B.O. JULIANO, Le riz dans la nutrition humaine. Rome, FAO-IRRI, 1994.
- [26] O.F. LINARES, "African rice (*Oryza glaberrima*): History and future potential. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America", vol. 251, pp. 16360-16365., 2002.
- [27] A. DIAGNE, The Nerica success story: Development, achievements, and lessons and Learned. AfricaRice Center (AfricaRice). BP 2031 Cotonou Benin, 2010.
- [28] EUREKA, Revue trimestrielle du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Ouagadougou, Burkina Faso, 2005.
- [29] A. GALLAIS, Méthodes de création de variétés en amélioration des plantes., Editions Q. 2011.
- [30] M. Jacquot, C. Guy, A. Ghesquière, J.-C. Glaszmann, E. Guiderdoni, et Didier Tharreau, Les riz, L'amélioration des plantes Trop., pp. 533-564, 1997.
- [31] D. WAR and L. STEIN, "Comparison of genes among cereals", *Curr Opin Plant Biol*, vol. 6, pp. 121-127, 2003.
- [32] MAE – CIRAD., Mémento de l'agronome. Paris, Jouve. ISBN. 2002.
- [33] G. MOORE, K.M. DEVOS, Z. WANG and M.D. GALE, "Cereal genome evolution. Grasses, line up and form a circle", *Curr Biol*, vol. 5, pp. 737-739., 1995.
- [34] A. Volvey, Y. Déverin, M. Houssay-Holzschuch, E. Rodarry, I. Surun, K. Bennafla, L'ADRAO et le NERICA, « Riz Miracle Africain ». L'Afrique, coll. Clefs concours, Atlande., 2005.
- [35] Z. BADINI, S. OUEDRAOGO, M. KABORE et S. MARGUERITTE, Stratégie pour une relance durable de la filière riz au Burkina Faso, Comité Interprofessionnel du Riz Burkina Faso (CIR-B), 2010.

- [36] P.L.YAMEOGO, A. TRAORE, A.A. BANDAOGO, "Influence des modes de gestion de l'eau et de la fumure minérale sur quelques paramètres chimiques du sol et le rendement du riz à la Vallée du Kou au Burkina Faso", J. Appl. Biosci., vol. Vol : 165, pp. 17099-17110., 2021.
- [37] FAO, Suivi du marché du riz de la FAO. Volume XX, Edition N°1., 2017.
- [38] M. SIE, Y. SERE, S. SANYANG, L.T. NARTEH, S. DOGBE, M.M. COULIBALY, A. SIDO, F. CISSE, E. DRAMMEH, S.A. OGUNBAYO, and L. ZADJ, "Regional Yield Evaluation of the Interspecific Hybrids (*O. glaberrima* x *O. sativa*) and Intraspecific (*O. sativa* x *O. sativa*) Lowland Rice", Sci. Asian J. Plant, pp. 130-139, 2008.
- [39] A. Gallais and H. Bannerot, Amélioration des espèces cultivées, in INRA Paris Éditions, 1992, pp. 71-88.
- [40] S. BOUTSEN et J. AERTSEN, Peut-on nourrir l'Afrique de l'Ouest avec du riz? Mondiale Papers, 2013.
- [41] T. REARDON, "Cereals demand in the Sahel and potential impacts of regional cereals protection", World Dev., vol. 21, no (1);, pp. 17-35, 1993.
- [42] A. DRABO, Situation de la filière riz au Burkina Faso, Observatoire national de la filière riz du Burkina Faso—Onri, 2004.
- [43] DGPER, Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2009-2010. Rapport d'activités, Ministère de l'agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques, Ouagadougou, Burkina Faso, 2010.
- [44] Y. G. BAZIE, S. R. GUISSOU, et W.F.A. ILBOUDO, Analyse des incitations par les prix pour riz au Burkina Faso. FAO. Mas Aparisi, Rome, 2014.
- [45] M. SIE et C. COMBASSERE, Rapport de synthèse SA VRIZ. Programme riz et riziculture. INERA station de Farako-bâ, 1994.
- [46] INERA, Atelier riziculture, Production rizicole au Burkina Faso : Enjeux, contraintes et perspectives, 2018.
- [47] Y. DEMBELE, J. DUCHESNE, S. OUATTARA et Z. ZIDA, "Evolution des besoins en eau du riz irrigué en fonction des dates de repiquages", Cah. d'agricultures, vol. n°8, pp. 93-100., 1999.
- [48] PSSA, Propositions d'actions pour la mise en valeur des bas-fonds de l'Ouest et du Sud-Ouest du Burkina Faso. Projets BKF/97/017/08/12 Inventaire des bas-fonds aménageables de l'ouest et du sud-ouest du Burkina Faso. FAO, (Burkina Faso), 1999.1999.
- [49] I. WONNI, Les bactérioses du riz dues à *Xanthomonas oryzae* au Burkina Faso. Thèse de doctorat de l'université Montpellier II en Biologie intégrative des plantes, France, 2013.
- [50] M. RAUNET, Bas-fonds et riziculture en Afrique. Approche structurale comparative in, Agron. Trop. ND, vol. 40, no 3, pp. 181-200, 1985.
- [51] K.A. Konaté, Criblage de variétés du riz africain *O. Glaberrima* pour la résistance à la toxicité ferreuse sur le périmètre rizicole de la Vallée du Kou. Mém. de fin d'étude. Master en protection et amélioration des plantes, Univ. de Ouagadougou (Burkina Faso), 2012.
- [52] MAHRH, Stratégie Nationale de Développement Durable de l'Agriculture Irriguée. Ouagadougou, 2003.
- [53] D. LAVIGNE, L. BOUCHER et L. VIDAL, Les bas-fonds en Afrique tropicale humide : stratégies paysannes, contraintes agronomiques et aménagements. Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, actes du séminaire international, CIRAD, pp. 148-161, 1996.
- [54] G. TIBALDESCHI et X. BOULENGER, Programme de mise en valeur et de gestion durable des petits barrages, rapport d'évaluation. Département agriculture et développement rural région centre ouest. Fonds Africain de Développement (FAD), 2001.
- [55] S. Traoré, Mise au point d'un paquet technologique de protection intégrée contre les insectes foreurs de tige, la pyriculariose et les nématodes associés au riz irrigué. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 2000.
- [56] IWMI, CNID-B, Etude des bonnes pratiques en matière de gestion de l'eau agricole (GEA) au Burkina Faso, 2010.
- [57] MAHRH, MAHRH, Politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée: stratégie, plan d'action et plan d'investissement, horizon 2015 (PNDDAI). Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, 2004.
- [58] T.P. ZOUNGRANA, "Enclavement et développement des cultures irriguées au Burkina Faso. In Collection", Pays enclavés Ed. CRET, Bordeaux, vol. no 9, pp. 25-48.
- [59] B.E. DIALLA, La question foncière sur les périmètres hydro-agricoles du Burkina Faso. DT-CAPES N°2003-07, 2003.
- [60] J. ALBERGEL, J.P. CARBONNEL et M. GROUZIS, "Péjoration climatique au Burkina Faso : incidences sur les ressources en eau et les productions végétales", Cah. ORSTOM, Sér. hydrol., vol.11, n°1, pp. 3-19, 1985.
- [61] E. BROWN, N. NOTTER, Successful Small-Scale Irrigation in the Sahel. World Bank Technical Paper No 171, The World Bank, Washington, 1992.
- [62] H. AOUBA, L'irrigation au Burkina Faso : Historique, situation, perspectives. "Quel environnement pour le développement de l'irrigation au Burkina Faso ?", in Actes du séminaire- atelier, pp. 29-48, 1993.
- [63] D. KAMBOU, Evaluation des performances techniques de l'irrigation au Burkina Faso. Université de Liège- Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique. Diplôme de Doctorat, 2019.

- [64] MAAH, Annuaire des Statistiques Agricoles 2019, 2020.
- [65] J.-R. TIERCELIN & J. GRANIER, L'irrigation par aspersion., eds. Traité d'irrigation. 2e éd. Paris : in Lavoisier, pp. 549-583, 2006.
- [66] C. BROUWER, Méthodes d'irrigation. Manuel de formation n° 5. Institut international pour l'amélioration et la mise en valeur des terres, 1990.
- [67] N. SAIYOURI, Méthodes d'irrigation en milieu aride, 2012.
- [68] M. CLEMENT, A. PAUL, C.C. JEAN, Bases techniques de l'irrigation par Aspersion, pp. 455-457, 2007.
- [69] A. PHOCAIDES, Manuel des techniques d'irrigation sous pression. 2nd Edition, Rome. 2008.
- [70] N. BARBISAN, H. De SEVIN, F. GABARROT, T. Le GAC, Q. RYSAK, C. ULLMANN, Méthodes d'irrigation en milieu aride, 2012.
- [71] J.P. AMIGUES, P. DEBAEKE, B. ITIER, G. LEMAIRE, B. SEGUIN, F. TARDIEU, A. THOMAS, Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau, 2006.
- [72] DGPER, Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2011- 2012. Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique, Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale, 2012.
- [73] MAH, Etude diagnostique et évaluative en vue de l'harmonisation et de l'optimisation des interventions dans le sous-secteur de l'agriculture irriguée au Burkina Faso. CILLSIMAH/DADI, 2011.
- [74] A. DIARRA, S.K. SILVERIA et M. ZOROM, Irrigation de complément et information climatique : de la recherche au renforcement des capacités d'adaptation institutionnelles et communautaires au Sahel, 2015.
- [75] G. BENOIT, Eau, agriculture et changement climatique : un état de l'art aux niveaux mondial, euro-méditerranéen et national, 2017.
- [76] P. DEBAEKE, M. WILLAUME, P. CASADEBAIG, M.J. NOLOT, "Raisonnement des systèmes de culture en fonction de la disponibilité en eau", Innov. Agron., vol. 2, pp. 19-36., 2008.
- [77] P. SAURIOL, L'irrigation, une réponse aux changements climatiques, 2018.
- [78] PANA, Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques. BURKINA FASO, 2007.
- [79] J.C. MAILHOL, Contribution à la maîtrise de l'irrigation et de ses impacts, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, UR Irrigation Cemagref Montpellier, 2005.
- [80] A. CALIANDRO, F. BOARI, The role of supplementary irrigation in increasing productivity in the Near East Region, in: Internationale conference on "supplementary irrigation and drought water management", pp. 10-13, 1992.
- [81] B.A. FILALI, Irrigation de complément des céréales : une méthode d'analyse. Cas de la région de Meknes, Maroc.MEDIT. 1991.
- [82] N. CHAMOUN, Les effets de l'Irrigation Complémentaire sur la Productivité du Blé Tendre dans la Békaa Nord. INRA France, DEA, 1999.
- [83] E. HUMPHREYS, S.S. KUKAL, E.W. CHRISTEN, G.S. HIRA, B. SINGH, S. YADAV and R.K. SHARMA, "Halting the groundwater decline in north-west India-Which crop technologies will be winners"?, Adv. Agron., no 109, pp. 155-217., 2010.
- [84] P. BELDER, B. A. M. BOUMAN and R. CABANGON, "Effect of watersaving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia", Agr. Water Manag., vol. 65, no 3, pp. 193-210., 2004.
- [85] V. GEETHALAKSHMI, T. RAMESH, A. PALAMUTHIRISOLAI and A. LAKSHMANAN, "Agronomic evaluation of rice cultivation systems for water and grain productivity", Arch. A.M. ADEKOYA, Z. LIU, E. VERED, L. ZHOU, D.KONG, J. QIN, R. MA, X. YU, G. LIU, L. CHEN & L. LUO, "Agronomic and Ecological Evaluation on Growing Water-Saving and Drought-Resistant Rice (*Oryza sativa* L.) Through Drip Irrigation", J. Agric. Sci., vol. Vol. 6, No, pp. 110-119., 2014.
- [86] Y. KATO and K. KATSURA, "Rice adaptation to aerobic soils: Physiological considerations and implications for agronomy", Plant Prod. Sci., vol. 17, no (1):, pp. 1-12, 2014.
- [87] B.R. HANSON and D.M. MAY, "The effect of drip line placement on yield and quality of drip-irrigated processing tomatoes", Irrig. Drain. Syst., vol. 21:, pp. 109-118., 2007.
- [88] D. NIKIEMA, N. SAWADOGO, H.R. BAZIE, Y.I. SINARE, M.H. OUEDRAOGO, M.L. BARRY, M. SAWADOGO, "Effet de l'irrigation goutte à goutte sur les paramètres agromorphologiques de trois variétés de riz de bas-fond", RIGES., pp. 257-269, 2021.
- [89] H.B. HE, F.Y. MA, R. YANG, L. CHEN, B. JIA, J. CUI, H. FAN, X. WANG and L. LI, "Rice performance and water use efficiency under plastic mulching with drip irrigation", PLoS One, vol. 8, no (12):, pp. 83-103., 2013.
- [90] R. TOGNETTI, M. PALLADINO, A. MINNOCCI, S. DELFIN and A. ALVINO, "The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy", Agric. Water Manag., vol. 60:, pp. 135-155., 2003.
- [91] A.R. EID, B.A. BAKRY and M.H. TAHA, "Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions", Agric. Sci., vol. 5:, pp. 249-261., 2013.
- [92] H.B. HE, R. YANG, L.Q. WU, B. JIA, F.Y. MA, "The growth characteristics and yield potential of rice (*Oryza sativa*) under non-flooded irrigation in arid region", Ann. Appl. Biol., vol. 168, pp. 337-356., 2016.
- [93] J.Z. XU, S.Z. PENG, Z. WEI, "Effect of soil moisture regulation during tillering period on shoot dynamics of rice cultivated in plastic film mulched dryland and its simulation", J. Hohai Univ., vol. 38, pp. 511-515, 2010.

- [94] T. PARTHASARATHI, K. VANITHA, S. MOHANDASS, S. ENTHILVEL and E. VERED "Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice", *Indian J. Plant Physiol.*, vol. 20, no (1);, pp. 50-56, 2015.
- [95] R. SHARDA, G. MAHAJAN, M. SIAG, A. SINGH and B.S. CHAUHAN, "Performance of drip irrigated dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in South Asia". *Paddy Water Environ*, vol. 15, no (1), pp. 93-100, 2017.
- [96] Y.A. RAJWADE, D.K. SWAIN, K.N. TIWARI and P.B.S. BHADORIA, "Grain yield, water productivity, and soil nitrogen dynamics in drip irrigated rice under varying nitrogen rates", *Agron. J.*, vol. 110, no (3);, pp. 868–878, 2018.

Reconstitution lithologique des dépôts du Continental Terminal ivoirien par gamma ray: Cas des déblais du forage P1 de Bingerville

[Lithological reconstruction of the deposits of the Ivorian Continental Terminal by gamma ray: Case of cuttings from the P1 borehole at Bingerville]

Ble N'Tayé Christian, Kouao Assiè François Aristide, Assale Fori Yao Paul, Brou Ulrich Michaël, Deneanh Stéphane, and Monde Sylvain

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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: Knowledge of the Continental Terminal in the locality of Bingerville was based on 147 cuttings. These cuttings were the subject of sedimentological and diagraphic studies in order to establish complete lithostratigraphy in this locality which rests on the Precambrian basement. The results highlight four lithologies: sands, mud, gravelly sands and sandy gravels. The mineralogy of the sediments consists mainly of quartz with the exception of mud. These sediments are made up of variety color. The GR values of sandy and gravelly sediments are usually less than 20 API. They vary between 20 and 40 API for sediments containing kaolin pebbles. The mud are rather clayey siltstones which are of two types: variegated kaolin and grey-dark clayey siltstones. The mean GR values of these argillaceous siltstone are 60 API with sometimes extreme values ($100 \text{ API} < \text{GR} < 140 \text{ API}$). The GR signatures show that these clayey siltstones are interbedded in the other sediments. Bingerville deposits are characterized by two types of deposit environment: a fluvial environment and a prodeltaic environment. Fluvial environment includes sandy and gravelly sediments deposited in river channels and kaolins in flood plains. The prodeltaic environment is made up of dark gray clayey siltstones. There was therefore a marine occurrence in the locality of Bingerville, which is framed by two fluvial deposits.

KEYWORDS: Lithostratigraphy, Continental terminal, Bingerville.

RESUME: La connaissance du Continental Terminal dans la localité de Bingerville s'est basée sur 147 échantillons de déblais. Ces échantillons ont fait l'objet d'étude sédimentologique et diagraphique dans le but d'établir la lithostratigraphie complète dans cette localité qui repose sur le socle précambrien. Les résultats mettent en évidence quatre lithologies: les sables, les boues, les sables graveleux et les graviers sableux. La minéralogie des sédiments est constituée principalement de quartz à l'exception des boues. Ces sédiments sont de couleur bariolée. Les valeurs GR des sédiments sableux et graveleux sont le plus souvent inférieures à 20 API. Elles oscillent entre 20 et 40 API pour les sédiments renfermant des galets de kaolins. Les boues sont plutôt des siltites argileuses qui sont de deux types: les kaolins bariolés et les siltites argileuses gris-sombre. Les valeurs GR moyennes de ces siltites argileuses sont de 60 API avec parfois des valeurs extrêmes ($100 \text{ API} < \text{GR} < 140 \text{ API}$). Les signatures GR montrent que ces siltites argileuses sont intercalées dans les autres sédiments. Deux types d'environnement de dépôt caractérisent les dépôts de Bingerville: un environnement fluviatile et un environnement prodeltaïque. L'environnement fluviatile comporte les sédiments sableux et graveleux déposés dans des chenaux fluviatiles et les kaolins dans des plaines d'inondation. Le milieu prodelta est constitué des siltites argileuses gris-sombre. Il y a donc eu une venue marine dans la localité de Bingerville qui est encadré par deux dépôts fluviatiles.

MOTS-CLEFS: Lithostratigraphie, Continental terminal, Bingerville.

1 INTRODUCTION

Les travaux les plus récents [1-3] effectués dans le Continental terminal ont permis de comprendre la lithostratigraphie de cette formation qui est constitué principalement de dépôts fluviatiles (des sables quartzeux à granulométrie très variée intercalés de kaolins). Des venues marines, constituées de sables, de sables argileux et d'argilites tous gris à noir, sont signalées dans le Continental terminal au niveau de Dabou et de Bingerville [2, 3]. Les formations du Continental terminal sont coiffées par des sable silto-argileux rubéfiés.

Malgré que ces travaux fournissent des indications sur la lithostratigraphie des formations du Continental terminal, ils ne mettent pas en évidence l'épaisseur réelle du Continental terminal dans les localités correspondantes, Aussi, les dispositions des couches sédimentaires les unes par rapport autres sont mal appréciées dans le cas des déblais de forage sans enregistrements diagraphiques.

En guise de complément à ces travaux, il s'avère nécessaire d'étendre les études dans l'ensemble du bassin onshore afin de mieux le caractériser. La localité soumise à notre étude pour le complément d'information est celle de Bingerville où une campagne de forage a été réalisée dans cette zone. Ce forage a traversé toutes les formations du Continental terminal pour atteindre le Socle précambrien.

Pour apporter plus de précision sur le Continental terminal dans la localité de Bingerville, le présent travail vise à caractériser la lithostratigraphie complète dans cette localité. De cet objectif principal, résultent les objectifs spécifiques suivants:

- Reconstituer les déblais issus du forage P1 à l'aide des enregistrements de gamma ray;
- Compléter la lithologie des formations du Continental terminal à Bingerville;
- Caractériser le paléoenvironnement des formations sédimentaires du Continental terminal à Bingerville.

2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE DE LA LOCALITÉ DE BINGERVILLE

La commune de Bingerville est une zone côtière de la Côte d'Ivoire située à l'Est de la ville d'Abidjan. De coordonnées 05°35'N et 3°89'W, elle couvre une superficie de 664 km² (Figure 1). Son relief est constitué de hauts plateaux et de plaines. Le forage P1 réalisé dans cette localité a pour coordonnées 3°54'W et 5°21'N avec une altitude de 21,68 m (Figure 1).

La Côte d'Ivoire est caractérisée par deux unités géologiques majeures inégalement réparties: un socle précambrien qui couvre 97,5 % du territoire ivoirien et un bassin sédimentaire secondaire-tertiaire avec 2,5 % du territoire. Ce bassin comprend une partie immergée (offshore) et une partie émergée (Onshore). C'est dans cette dernière partie que se sont développées les unités géologiques de Bingerville plus précisément dans sa partie nord qui est séparée de la partie sud par la faille des Lagunes.

La géologie de Bingerville a été mise en place par les différents mouvements géologiques qui caractérise la partie sédimentaire de la Côte d'Ivoire. Le premier mouvement est celui de l'ouverture de l'Océan Atlantique qui a occasionné la mise en place du bassin sédimentaire ivoirien. La structuration de ce bassin s'est poursuivie en quatre phases [4], [5] à savoir: la phase rifting d'âge Barremien-Albien, la phase d'océanisation initiale au Cénomani-Sénonien, la phase d'océanisation maximum qui part du Campanien au Maastrichtien et la phase d'océanisation finale au Tertiaire.

Les unités géologiques de Bingerville [1], [2] se situent entre l'Oligocène et le Quaternaire. La stratigraphie de Bingerville est donc établie comme suit:

- **Oligocène:** seul l'Oligocène inférieur existe à Bingerville. Les formations sont constituées d'argilites grises à fines intercalations de sables très fins déposées dans un lac deltaïque à influence marine;
- **Plio-pléistocène:** il est composé de dépôts fluviatiles et de la Terre de barre inférieure dans le compartiment nord où il repose en discordance sur l'Oligocène. Les dépôts fluviatiles comprennent les kaolins secondaires et les sables quartzeux à granulométries variables. La Terre de barre inférieure comprend des sables silto-argileux rubéfiés avec parfois des grès ferrugineux;
- **Holocène:** l'Holocène comprend la « Terre de barre » supérieure et les dépôts lagunaires. Les dépôts de la Terre de barre supérieure sont constitués de sables silto-argileux rubéfiés accompagnés de grès ferrugineux.

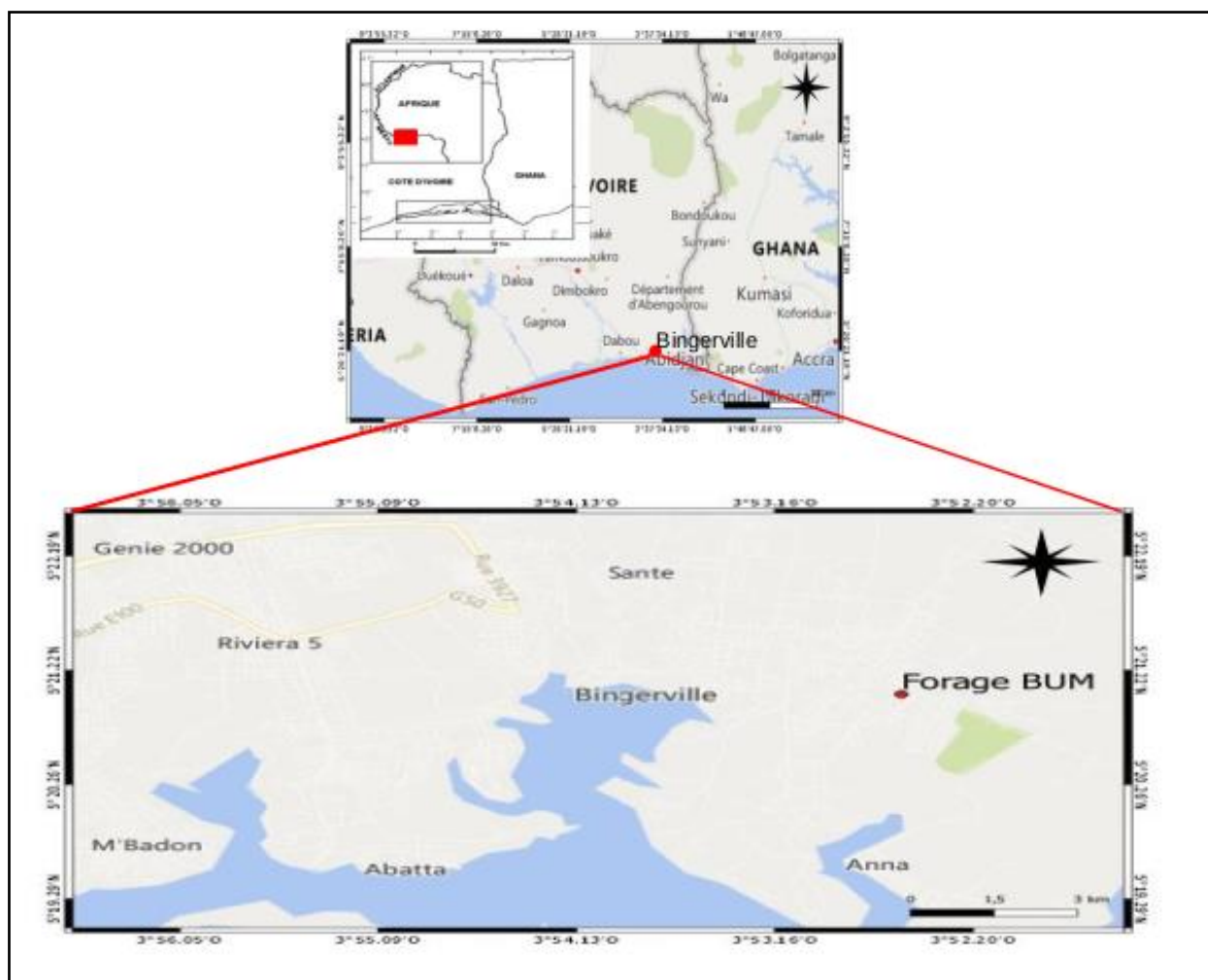


Fig. 1. Positionnement du forage P1 de la localité de Bingerville

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 ACQUISITION DES DONNÉES SUR LE TERRAIN

Le forage P1 a atteint le socle à 147m. Il recoupe les formations du socle sur une épaisseur de 2m; ce qui donne une épaisseur totale de 149m. La technique de forage adoptée est celle au rotary. Le forage réalisé dans le présent travail s'est effectué verticalement dans un terrain constitué de sédiments silico-clastiques. Au total, 149 échantillons ont été prélevés et étiquetés par pas de 1m.

L'acquisition des enregistrements du gamma ray se fait en mesurant par une sonde la radioactivité naturelle existante dans les roches (K, U, Th) tout en descendant dans le trou du forage. Au fur et à mesure que la sonde descend, on enregistre de manière continue les variations de la radioactivité naturelle des roches traversées.

A la fin des enregistrements, un intervalle d'enregistrement de 10cm est retenu en vue de la reconstitution de la lithologie du puits. Les données sont exportées en format Excel avec l'extension.xlsx. L'unité utilisée est l'A.P.I. (American Petroleum Institute).

3.2 ANALYSE LITHOLOGIQUE

3.2.1 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

Le matériel principal a étudié est constitué de déblais de forage issus de roches détritiques terrigènes. Elle consiste à décrire chaque échantillon sec et à rechercher les caractéristiques suivantes:

- **Aspect:** l'aspect peut être meuble ou consolidé.
- **Couleur:** elle est déterminée sur les sédiments secs en s'appuyant sur la charte du code Munsell.
- **Test à l'hcl à 10 %:** il met en évidence la présence de minéraux carbonatés dans la formation. Si l'effervescence est rapide, on a la présence de calcite et si elle est lente, il y a présence de dolomite.
- **La minéralogie:** mono-minéral ou bi-minéraux ou poly-minéraux.
- **L'induration de la roche:** cinq principaux types d'induration sont connues [6]. Ce sont meuble, friable, dure, très dure et extrêmement dure. Pour la classe des lutites (silt et argiles), en plus des cinq types, sont rajoutés l'induration douce et plastique lorsque cette classe est au contact de l'eau.

3.2.2 ESTIMATION DES PROPORTIONS DES CLASSES GRANULOMÉTRIQUES

Les déblais de forage sont pour la plupart constitués d'un mélange de sédiments. Comme les déblais à étudier sont des échantillons de dépôts terrigènes alors chaque échantillon sera séparé en trois classes à savoir les rudites, les arénites et les lutites.

La séparation consiste à prélever 100g d'échantillons secs qui sont tamisés par voie humide au travers d'une colonne de deux tamis à maille décroissante (2mm_0,063mm). Chaque tamis est brassé délicatement par ordre de grandeur des mailles sous un jet d'eau jusqu'à ce que l'eau sortant de la maille 0,063mm soit limpide. Pour chaque tamisage, l'eau sortant du tamis 0,063mm est recueillie dans un bocal

A la fin du lavage, on obtient les rudites dans le tamis 2mm, les arénites dans le tamis 0,063mm et les lutites dans le seau. Les rudites et les arénites sont séchés à l'étuve pendant 8h à 60°C. Pour les lutites, on laisse les sédiments décantés pendant 24h puis on effectue un siphonage. Le processus est répété jusqu'à ce qu'il soit impossible d'effectuer un nouveau siphonage. Après le siphonage, les lutites sont également séchées à l'étuve pendant 24h à 80°C.

Après ces différents traitements et séchage, on procède au calcul de chaque classe granulométrique dans chaque échantillon lavé.

- Cas des rudites et des arénites

La formule pour le calcul est:

$$\%Classe = \frac{Poids_{classe}}{100} \times 100$$

% Classe = %Rudite ou %Arénite dans le déblai, Poids_Classe = poids de la classe.

- Cas des lutites

La formule pour le calcul est:

$$\%Lutite = 100 - (\%Rudite + \%Arénite)$$

3.3 ANALYSE DES SIGNATURES GAMMA-RAY

Les lutites sont constitués de silts et d'argile en terme granulométrique. En plus des caractéristiques mentionnées précédemment, il est question dans le cas des lutites d'estimer la proportion relative de silts et d'argiles de la lutite. Une sensation de petits grains entre les dents correspond à des silts, dans le cas contraire, on aura des argiles. Il est aussi de distinguer les silts des argiles lorsque la roche est écrasée en présence d'eau dans un support en verre; une sensation de petits grains correspond à des silts et le cas contraire donne des argiles. Les termes intermédiaires tels que silt argileux et argile silteuse pourront être déterminés.

Les lithologies à étudier sont basées sur l'examen de déblais et enregistrées en pourcentage de chaque type de sédiments dans chaque déblai (sédiments mixtes argileux, lutites, sables et graviers). La colonne lithologique est établie en utilisant les enregistrements du gamma ray (GR) pour distinguer les sédiments mixtes réels argileux des sédiments mixtes argileux créés lors du forage qui a occasionné le mélange des sédiments. Ces enregistrements donnent une bonne interprétation des limites de couche. Le pas d'enregistrement est de 10cm; ce qui donne une meilleure lithologie que les déblais dont le pas est de 1m. Les lutites montreront des valeurs GR très élevées, les sables et graviers des valeurs GR faibles.

Les sédiments mixtes réels argileux auront des valeurs GR continues pendant que ceux créés par le forage présenteront des alternances de valeurs GR faibles et des valeurs GR fortes. Les valeurs faibles correspondront aux sables et/ou aux graviers. Pour des sédiments mixtes constitués uniquement de sables et graviers (créés ou réels), la distinction entre ces deux lithologies seront difficiles au regard des valeurs GR qui sont presque égales. Quant aux valeurs fortes, elles correspondront aux roches argileuses (lutites).

A la fin de l'analyse des différentes valeurs de GR, la colonne lithologique peut alors être établie tout en définissant les vrais termes lithologiques sous le logiciel STRATER 5.

Les valeurs GR permettront également de calculer la proportion des argiles à l'aide de formule suivante (RIDER, 2006):

$$I_{sh} = \frac{GR - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

Ish = indice d'argile en pourcentage, **GR** = valeur GR de la profondeur choisie, **GRmin** = valeur GR d'un épais banc de sables propres (ligne des sables) et **GRmax** = valeur GR d'un épais banc de shale (ou argile).

Un exemple de lignes de sables et de shales (argile) est présenté sur la figure 2.

Les sédiments étudiés sont ceux du Continental terminal dont l'âge est du Tertiaire. Une correction doit être alors portée à l'indice d'argile (Ish). La formule devient alors:

$$V_{sh} = 0,33(2^{2I_{sh}} - 1)$$

Vsh = volume réel d'argile en pourcentage.

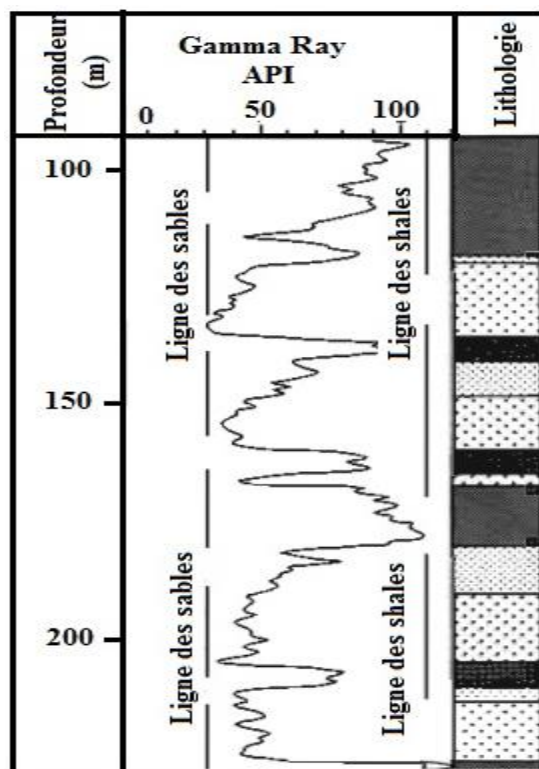


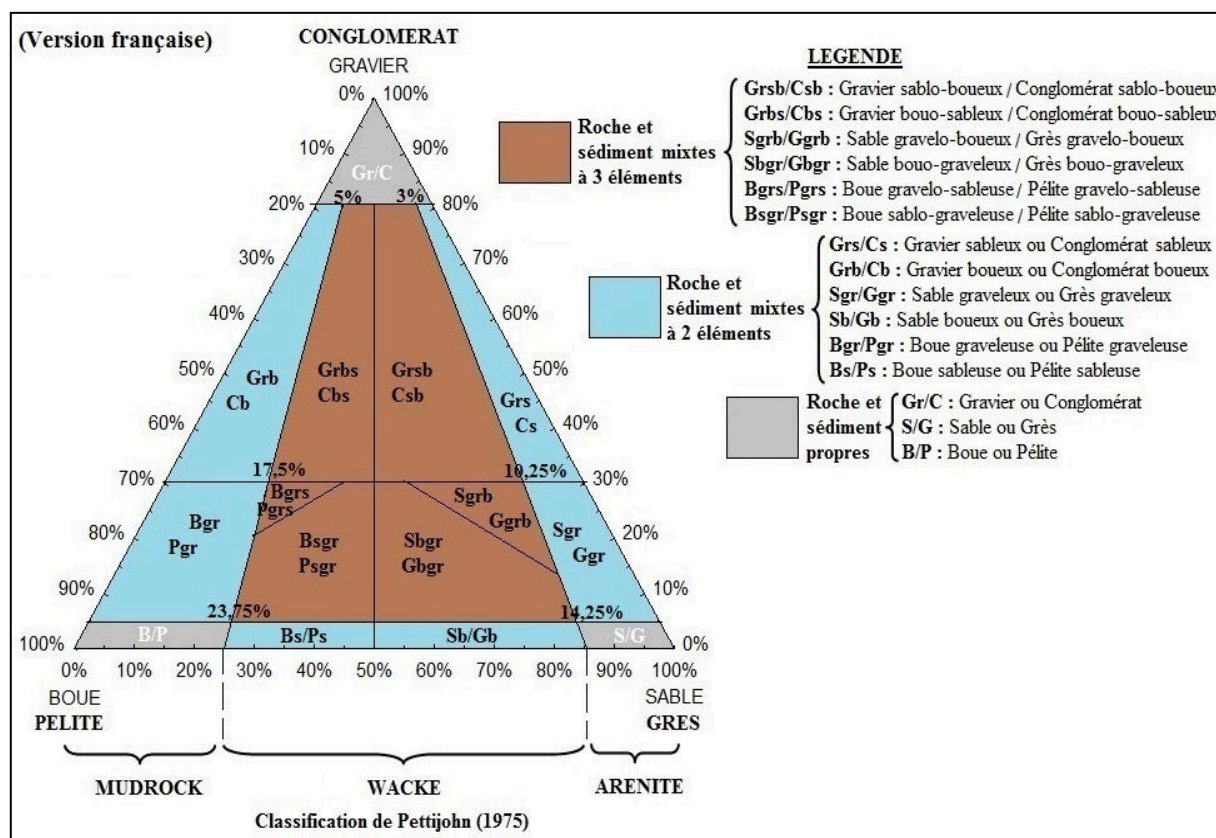
Fig. 2. Lignes de sables et de shales représentées sur le Log Gamma Ray [7]

3.4 NOMENCLATURE DES DÉBLAIS

Sur la base des différentes proportions (rudite, arénite et lutite), un nom sera attribué au sédiment selon le diagramme ternaire G.S.B (Gravier_Sables_Boue) [8]. Les graviers correspondant aux rudites, les sables aux arénites et les boues aux lutites. Il présente également la nomenclature des sédiments mixtes (Figure 2). Dans ce diagramme, on distingue trois catégories de sédiments et roches:

- Les sédiments et roches propres qui sont au nombre de trois: Gravier/Conglomérat, Sable/Grès et Boue/Pélite;
- Les sédiments et roches mixtes à deux éléments sont constitués de six types de roches: Gravier sableux/Conglomérat sableux, Gravier boueux/Conglomérat boueux, Sable graveleux/Grès graveleux, Sable boueux/Grès boueux, Boue graveleuse/Pélite graveleuse et Boue sableuse/Pélite sableuse;
- Les sédiments et roches mixtes à trois éléments sont également constitués de six types de roches: Gravier sablo-boureux/Conglomérat sablo-boureux, Gravier bouo-sableux/Conglomérat bouo-sableux, Sable gravelo-boureux/Grès gravelo-boureux, Sable bouo-graveleux/Grès bouo-graveleux, Boue gravelo-sableuse/Pélite gravelo-sableuse et Boue sablo-graveleux/Pélite sablo-graveleuse.

Pour le ploting des différentes proportions de classes granulométriques sur ce diagramme, le logiciel de statistique Sigmatplot a été utilisé.



4 RÉSULTATS

La dispersion des sédiments du forage P1 sur le diagramme ternaire GSB montre six (6) types de sédiments regroupés en trois catégories à savoir: les sédiments propres, les sédiments mixtes à deux éléments et les éléments mixtes à trois éléments (Figure 4).

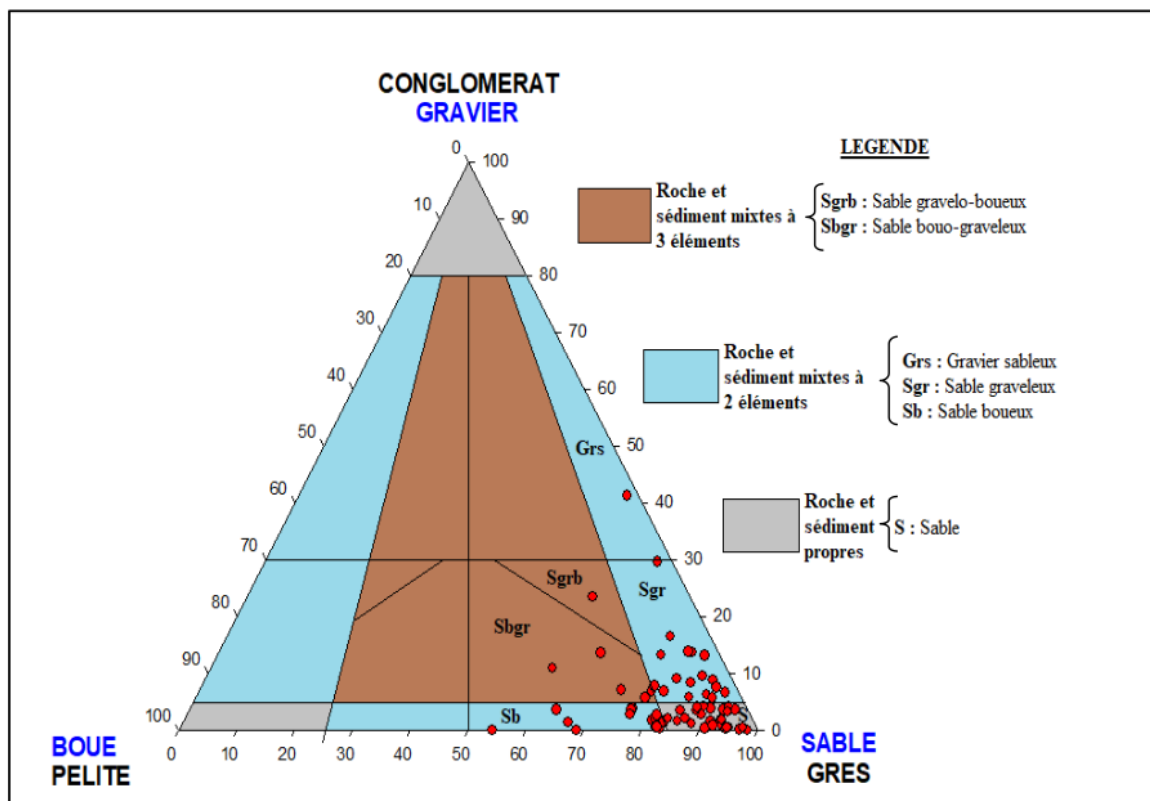


Fig. 4. Plotting des déblais du forage P1 de Bingerville sur le diagramme ternaire GSB

Les sédiments propres sont composés principalement de sables quartzeux. Ils représentent 40,63 % des sédiments du forage P1. Ils présentent trois types de colorations: rose orange modéré, rose orange grisâtre et orange jaune pâle (Figure 5). Les proportions relatives de matrice et de gravier dans ces sables sont respectivement 1,73_14,4% et 0_4,2%.



Fig. 5. Couleurs des sables quartzeux. A: rose orange grisâtre; B: orange jaune pâle

Les sédiments mixtes à deux éléments sont composés par ordre d'abondance de sables graveleux (26,56%), de sables boueux (21,88%) et de graviers sableux (1,56%).

Les sables graveleux ont une épaisseur variant de 2 à 10m dans le forage. Les couleurs sont variables selon les profondeurs à savoir rose orange modéré et orange jaunâtre pâle (Figure 6). Dans les sables graveleux, la proportion de matrice varie de 2,27 à 13,87% et celle de sable de 67,95 à 91,1%. La proportion de gravier est par contre comprise entre 5,64 et 29,58%.

Les sables boueux sont de deux types suivant la minéralogie. Dans le premier type, la fraction sableuse est constituée principalement de grains ferrugineux et parfois de quartz. Quant à la fraction boueuse, elle est constituée de silts et d'argile. Il se situe dans les premières profondeurs entre 0 et 11m. Les grains ferrugineux dérivent de l'encroûtement des kaolins suite à leur affleurement. Le premier type correspond donc à des kaolins silteux présentant des sables ferrugineux. La couleur de ces

kaolins est orange rougeâtre modéré traduisant ainsi leur caractère oxydé. Le deuxième type comprend des sables quartzeux et la fraction boueuse contient des silts et des argiles. Les silts sont plus abondants que les argiles. Ce sont donc des sables quartzeux silto-argileux. La couleur de ces sédiments est rose orange modéré à rose orange grisâtre mais entre la cote 127 à 129m, la couleur est gris-sombre. Le pourcentage de gravier dans les sables boueux reste inférieur à 4%. Les pourcentages de sables et de la matrice sont respectivement compris entre 54,14 et 83,1% et entre 15,4 et 45,86%.

Les graviers sableux sont colorés en orange jaune pâle. Ils ne représentent que 2m de tout le forage P1 et se situent entre les cotes 101 à 103m. Les pourcentages de gravier, de sable et de matrice dans les graviers sableux sont respectivement 41,28%, 56,85% et 1,87% (Figure 7).

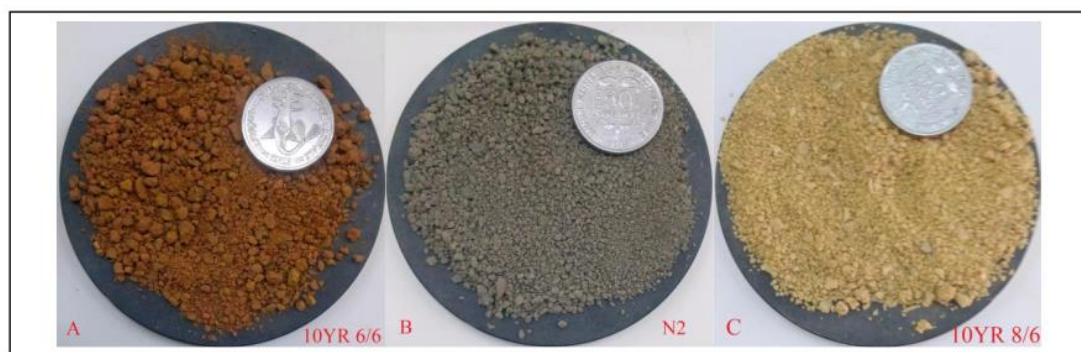


Fig. 6. Sédiments mixtes à deux éléments. Sables boueux: A: orange rougeâtre modéré; B: gris-sombre; C: orange jaune pâle



Fig. 7. Sédiments mixtes à deux éléments. A: Sable graveleux rose orange modéré; B: Gravier sableux orange jaune pâle

Les sédiments mixtes à trois éléments sont constitués de sables bouo-graveleux (7,81%) et de sables gravele-boueux (1,56%).

Les sables bouo-graveleux sont situés dans trois intervalles de profondeur (21_25m, 27_31m et 109_111m). L'ensemble de la couleur des sables bouo-graveleux est rose orange modéré sauf dans l'intervalle 109_111m où la couleur est rose orange grisâtre. La fraction boueuse renferme par ordre d'abondance des silts quartzeux et de l'argile. Quant à la fraction graveleuse, elle est composée de quartz. Les sables bouo-graveleux renferment par ordre d'abondance du sable (59,07_78,26%), de la matrice (14,87_30%) et du gravier (5,63_13,62%).

Les sables gravele-boueux ne sont présents qu'entre les profondeurs 19m et 21m. Avec une couleur rose orange modéré, ces sédiments sont composés par ordre d'abondance de sables (59,86%), de graviers (23,41%) et de matrice (16,73%). La taille des graviers dans tous les sédiments étudiés est comprise entre 2 et 4 mm; ce sont donc graviers très fins.



Fig. 8. *Sédiments mixtes à trois éléments. A: Sables boue-graveleux rose orange modéré; B: Sables boue-graveleux rose orange grisâtre; C: Sables gravele-boueux rose orange modéré*

4.2 RECONSTITUTION LITHOLOGIQUE DES DÉBLAIS

Le forage P1 a traversé les roches sédimentaires sur une épaisseur de 147m et les roches du socle précambrien sur une épaisseur de 2m.

Les données de pourcentages lithologiques combinées aux enregistrements du GR mettent en évidence deux types de lithologies qui sont: les sédiments propres (sables et boues) et les sédiments mixtes à deux éléments (sables boueux, sables graveleux et graviers sableux).

Les sédiments mixtes trois éléments identifiés dans les pourcentages lithologiques sont ici absents; cela montre que ces lithologies ont été créées au cours du forage par le mélange des déblais. Pour le calcul de volume d'argile, la ligne de sables (GRmin) est fixée à 5 API et celle des shales (GRmax) à 130 API.

Les sables quartzeux ont des valeurs GR variant de 0 à 40 API en fonction de la quantité d'argile. Les valeurs allant de 0 à 20 API correspondent à des sables ayant moins de 6% d'argile. Celles oscillant entre 20 à 40 API montrent plutôt des sables ayant une quantité d'argile comprise entre 6 et 16%. Ces dernières sont caractérisées par des sables à fines intercalations de kaolin aux profondeurs 89_96m, 114_120,5m et 131,5_147m. Les signatures GR des sables montrent des valeurs continues (20 API) accompagnées de pics de valeurs (entre 20 et 40 API). Les valeurs continues correspondent aux sables et les pics aux fines intercalations de kaolin. Les sables quartzeux sont les plus représentatifs dans l'ensemble des sédiments. Les épaisseurs des sables quartzeux du forage P1 varient de 2 à 15m suivant leurs positions dans le forage.

Les boues proviennent des déblais de kaolins et de formations argileuses gris-sombre. Ces roches sont constituées de silts quartzeux et d'argile dont la fraction silteuse étant la plus abondante; ce sont des siltites argileuse. On distingue les siltites argileuses roses (kaolins) et les siltites argileuses gris-sombre.

Les kaolins montrent des valeurs GR comprises entre 60 et 90 API. On rencontre néanmoins une valeur GR de 126,7 API à la cote 110m. Sur le log GR, les kaolins se caractérisent par des pics. L'épaisseur maximale des couches de kaolins avoisine les 3m. Ils sont le plus souvent intercalés dans les sables quartzeux mais parfois dans les sables graveleux. Le pourcentage d'argile dans ces kaolins oscille entre 28 et 52 % et rarement supérieur à 52 % (cotes 18m, 108m, 110m et 121m) suivant la méthode de calcul à partir du GR; ce qui confirme ainsi le caractère silteux de ces kaolins. Dans les kaolins épais de 2 à 3m, de fines alternances avec du sable et/ou sable graveleux s'observent. L'épaisseur de ces fines couches est de 10 cm et leurs valeurs GR sont comprises entre 40 et 60 API.

Les siltites argileuses gris-sombre ne sont présentes qu'aux cotes 126,9m et 127,7m soit une épaisseur de 71 cm. Elles sont limitées à la base par du sable quartzeux et au sommet par du kaolin. Leurs valeurs GR varient de 63 à 96 API dont le volume d'argile est compris entre 30 et 58 %.

Les sables boueux sont localisés aux onze premières profondeurs (0_12,3m) qui ne sont autres que des kaolins comportant des sables ferrugineux. Ces kaolins renferment également des silts quartzeux et une fraction argileuse peu abondante. En terme granulométrique, on parlera donc de sables silto-argileux. Les valeurs GR de ces kaolins varient entre 60 et 130 API avec quelques pics de valeurs avoisinant les 140 API. Les proportions d'argiles oscillent entre 28 et 100 %. Ces kaolins sont limités à la base par du sable dont on remarque une évolution croissante des valeurs GR dans le sens de la sédimentation (de 12,3 à 9m)

qui se stabilise de 9m à la surface avec des signatures en dents de scie. Ces signatures témoignent de l'alternance des silts et des argiles dans les kaolins. Des ruptures abruptes observables dans ces kaolins aux cotes 6,7m, 9,5m et 11,3m.

Au regard du caractère très oxydé de ces kaolins, ces ruptures correspondent aux surfaces durcies (siltites ferrugineuses très dures) qui sont beaucoup présents dans les kaolins de subsurface [2]. Les autres sables boueux identifiés dans le pourcentage lithologique ne sont que des mélanges de sables et de boues causés par le forage.

Les sables graveleux sont également quartzeux; ce sont des sables graveleux quartzeux dont les proportions d'argile restent inférieures à 4%. Les quantités d'argiles sont moins abondantes dans les sables graveleux quartzeux que dans les sables quartzeux. Les valeurs GR de ces sables graveleux sont inférieures à 15 API. Ils s'alternent avec les sables quartzeux comportant parfois de fines intercalations de kaolins dans l'intervalle 67_75m et 113_115m. Leurs épaisseurs varient de 1 à 10m dans le forage.

Les graviers sableux quartzeux sont localisés entre les profondeurs 101m et 103m avec des valeurs GR inférieures à 8 API. Des valeurs sporadiques comprises entre 8 et 15 API sont signalées dans ces graviers. Le pourcentage d'argile dans les graviers sableux est inférieur à 1% et rarement compris entre 1 et 4%.

Les différentes lithologies décrites ci-dessus sont résumées sur la figure 9. Les différentes couleurs identifiées dans ce forage permettent de distinguer deux types d'environnement de dépôts: un environnement riche en oxygène (couleur orange jaune pâle et dégradé de rose) et un environnement réducteur avec préservation de la matière organique (couleur gris-sombre). L'environnement réducteur est intercalé dans l'intervalle (126,9_127,6m) donnant ainsi deux séquences d'environnements oxydés situées dans les intervalles (0_129,9m) et (127,6_146,9m).

5 DISCUSSION

Les siltites argileuses gris-sombre de Bingerville qui traduisent une préservation de la matière organique dans un milieu réducteur ont été datées de l'Oligocène inférieur dont l'environnement spécifique est de type prodeltaïque [2]. La disposition des kaolins et des autres sédiments (graviers et sables) de coloration variée (couleur orange jaune pâle et dégradé de rose) sont très caractéristiques des milieux fluviatiles dans le bassin onshore ivoirien [1-3]. Les fines intercalations rencontrées dans les sables quartzeux et les sables graveleux quartzeux ne sont en réalité que des galets de kaolin dispersés dans ces sédiments qui se rencontrent très fréquemment dans les formations fluviatiles du bassin onshore ivoirien [1].

Les siltites argileuses gris-sombre s'intercalent dans les sédiments fluviatiles, ce qui traduit une période de transgression au cours des dépôts des formations de Bingerville. Les environnements fluviatiles correspondant à deux épisodes de régressions. Les dépôts fluviatiles sous les formations gris-sombre serait également de l'Oligocène inférieur. Ceux situés au-dessus des formations gris-sombre sont par contre datés du Plio-pléistocène [1]. Cette configuration d'environnement de dépôts dans le bassin onshore est signalée dans de précédents travaux [3] à la seule différence que ces auteurs ont mis en évidence plusieurs séries de régression-transgression.

Les types de sédiments fluviatiles permettent de distinguer des périodes crues et d'étiages. Les crues favorisent les dépôts de kaolins dans les plaines d'inondation ainsi créées; l'épaisseur des couches kaoliniques donne une idée de la durée des crues. Plus la durée est longue et plus l'épaisseur des couches est grande. Les périodes d'étiages correspondent aux dépôts de sables, de graviers sableux et de sables graveleux dans les différents chenaux fluviatiles.

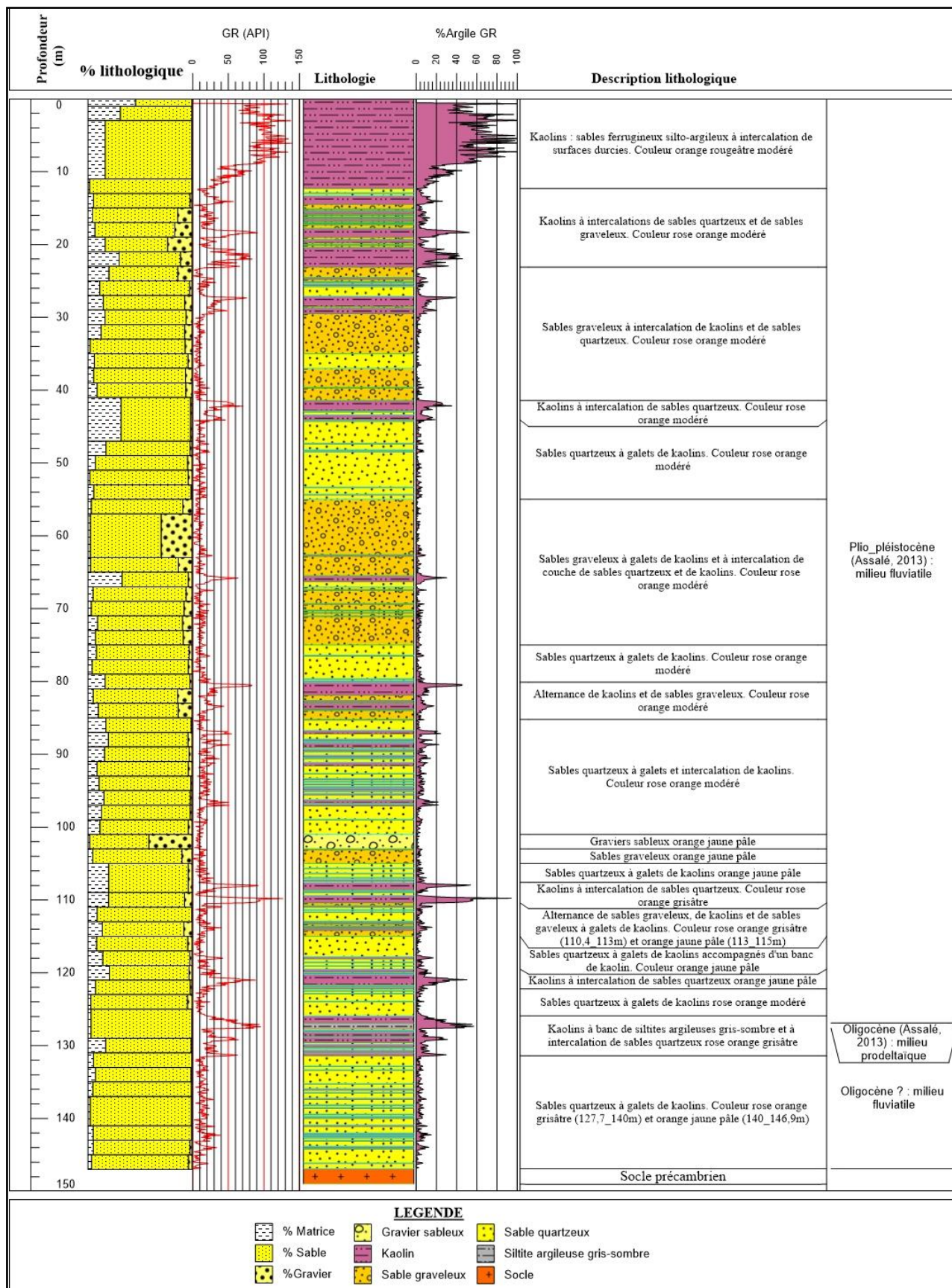


Fig. 9. Log lithostratigraphie des formations du puits P1 de la localité de Bingervill

Il est bon de savoir que les crues peuvent se produire à tout moment et n'importe où sous tous les climats. Mais, selon [9], la fréquence, l'intensité et le régime des crues enregistrés sur plusieurs années dans une aire stable sont essentiellement représentatifs d'un environnement climatique durable.

Dans le puits, les dépôts sableux francs et ceux comportant parfois des galets de kaolin suggèrent, selon [10], des dépôts dans les chenaux fluviaux. Selon les mêmes auteurs, les dépôts d'argiles (ici des kaolins) marquent la fin des dépôts de chenaux (dépôts sableux) au profil des dépôts dans les plaines d'inondations fluviales. Les kaolins comportant des intercalations de dépôts sableux marquent un renouvellement du flux sableux dans la plaine d'inondation [10].

6 CONCLUSION

La reconstitution lithologique dans formations du puits P1 de Bingerville par diagraphique met en évidence deux grands groupes de lithologies à savoir les sédiments propres et les sédiments mixtes à deux éléments. Ces groupes forment quatre lithologies distinctes qui sont les sables, les boues, les sables graveleux et les graviers sableux.

A l'exception des boues, la minéralogie des sédiments est constituée principalement de quartz. Ces sédiments sont constitués d'une multitude de couleur (orange jaune pâle et dégradés de rose). Les valeurs GR des sédiments sableux et graveleux sont le plus souvent inférieures à 20 API. Elles oscillent entre 20 et 40 API pour les sédiments renfermant des galets de kaolins. Leurs proportions en argiles sont inférieures à 10%.

Les boues par contre, renferment plus de silts quartzeux que de fraction argileuse; ce sont donc des siltites argileuses. Deux types de siltites se distinguent: les kaolins de coloration variable (dégradés de rose et orange rougeâtre modéré) et les siltites argileuses gris-sombre. Les kaolins orange rougeâtre modéré qui se retrouvent aux premières cotes (0_11m) comportent des nodules ferrugineux dus à l'oxydation très poussée de ces kaolins. Les valeurs GR moyennes des siltites sont de 60 API. Des valeurs extrêmes (100 API < GR < 140 API) se rencontrent dans certains bancs de kaolins. Le pourcentage moyen d'argiles dans les boues est de 35%.

Deux types d'environnement de dépôt caractérisent les dépôts de Bingerville: un environnement fluvial et un environnement prodeltaïque. L'environnement fluvial comporte les sédiments sableux et graveleux déposés dans des chenaux fluviaux et les kaolins dans des plaines d'inondation. Le milieu prodelta est constitué des siltites argileuses gris-sombre. Les signatures GR montrent que les siltites argileuses sont intercalées dans les sédiments sableux et graveleux.

Il y a donc eu une venue marine dans la localité de Bingerville qui est encadré par deux dépôts fluviaux.

REFERENCES

- [1] Gbangbot J-M. K., Digbehi Z. B., Yao N. J-P., Monde S., Yao A. N., Lithostratigraphie des Dépôts de Subsurface des Régions de Bingerville et d'Assinie, Sud et Sud-est, Basse Côte d'Ivoire. Essai de Comparaison des Environnements de Dépôts au Cours du Tertiaire. Euro Journals Publishing, Vol. 86 No 1 September, pp.41-52, 2012.
- [2] Assalé F. Y. P., Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat univ. Univ. F.H.B, Côte d'Ivoire, 361p, 2013.
- [3] Affoumou P. C., Caractérisation lithostratigraphique du Continental terminal ivoirien: aspects granulométrique et pétrophysique du forage APC de Dabou. Mémoire de master. Univ.F.H.B. 72p, 2019.
- [4] Digbéhi Z., Etude comparée de la sédimentation de premier stade d'ouverture de l'Atlantique: Golfe de Guinée – Golfe de Gascogne (sédimentologie-biostratigraphie). Thèse de doctorat, Univ. de Pau et des pays de l'Adour, 296 p, 1987.
- [5] Sombo B. C., Etude structurale et sismo-stratigraphie off-shore de Côte d'Ivoire, marge passive entaillée d'un canyon. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université d'Abidjan, 350 p, 2002.
- [6] Maurice E. T., Sedimentary Rocks in the Field. Third EDITION. Department of Geological Sciences University of Durham, UK. John Wiley & Sons Ltd, England, 234p, 2003.
- [7] Rider M.H., The geological interpretation of well logs. Rider-French Consulting Ltd (Edit), Second edition, 280p, 2002.
- [8] Assalé F. Y. P. et Aka K., Conception de diagrammes ternaires de classification des sédiments et roches sédimentaires mixtes clastiques terrigènes. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 26 N. 4 July 2019, pp 1193-1202, 2019.
- [9] Macaire J. J., L'enregistrement du temps dans les dépôts fluviaux superficiels. De la géodynamique à la chronostratigraphie. In: Quaternaire, vol. 1, n°1, 1990. pp. 41-49, 1990.
- [10] Nio S.D., Bohm, A.R, Brouwer J.H., De Jong M.G.G., and Smith D.G., Climate stratigraphy, principles and applications in subsurface correlation, EAGE Short Course Series 1, 107 pp, 2006.

Impact of the 5G mobile network compared to the third and fourth generation

Umba Mombo Edouard¹ and Meni Babakidi Narcisse²

¹Master's Degree Student at Université Pédagogique Nationale, Faculty of Sciences, Department of Physics and Applied Sciences, Kinshasa, RD Congo

²Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Electronic section, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2022 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: Telecommunications networks have been with us for a long time, and every year new technologies emerge that make our day-to-day life easier. With the arrival of the third generation, we obtained an improvement in the internet service in the sense that we could obtain higher speeds. This gave way to a very wide path to continue with the networks. Thus comes the fourth generation network with the intention of being compatible, interoperable and convergent for all telecommunications services, also, with a high internet speed, greater capacity, improvements in its antennas and signal quality. One of its problems remains the unpredictability of its service as it is not entirely stable in its speed because it depends on the region and the users connected to the network. This article helps to know the characteristics of the third and fourth generation mobile networks, their evolution over time and talks about the changes and innovations that will bring the fifth generation mobile network (5G).

KEYWORDS: Mobile Network, Telecommunications, 3G, 4G, 5G.

1 INTRODUCTION

Mobile networks are important and have an impact on a wide range of sectors, from communication to the economy. For years, technology has been changing and the institutions and companies that adapt to it are progressing. Today, a large part of the world's population has mobile telephony. In fact, this technology is part of the tools necessary for day-to-day life. For example, a person who interacts with clients from a distance needs to use mobile networks to make video calls, send data via chat, call other countries, etc. And it is not only people interacting with remote users who use mobile networks, but also teachers, students, doctors, hoteliers, lawyers, police officers, etc. The reality is that, whether you use it or not, mobile telephony is part of everyday life in education, work, entertainment and communication in general.

5G technology is expected to introduce improvements across the entire network architecture. The new 5G radio, the global standard for a better 5G wireless air interface with higher capacity, will cover spectrum that 4G does not use, let alone 3G. The new antennas will implement technologies known as MIMO (multiple-input, multiple-output) en masse, allowing multiple transmitters and receivers to carry more data at the same time. But 5G technology is not confined to the new radio spectrum. It is envisioned to support a converged, heterogeneous network that combines licensed and unlicensed wireless technologies [1]. This will add bandwidth available to users without interruption. While, connected in real time with no perceptible delay.

The installation of microcells will also grow over the next few years. It is estimated that there will be around ten microcells for every macrocell in large urban areas. Microcells are used to obtain more and better coverage and network capacity. As microcells are closer to mobile users, phones will work more efficiently and data speeds will improve [2]. Microcells and macrocells provide area coverage and increase network capacity, this favors connectivity and coverage range to be always connected "without losing the internet", and this will be a new implementation of the internet (internet of things) in terms of structure and benefits.

The objective of this article is to investigate 3G, 4G mobile networks and their evolution in terms of characteristics, applications and the impact of the fifth generation mobile network, also taking into account the speeds, latencies, bandwidth, coverage and availability that imply their operability.

2 MOBILE NETWORK FUNDAMENTALS.

According to Vidal [3], a mobile network consists of a network of base stations that cover a delimited area (cell) and route communications in the form of radio waves to and from user terminals [4].

Mobile communications follow the general principle of telephony: connecting two remote users through the network equipment of an operator responsible for managing the service. However, unlike fixed telephones, in the mobile network there are no copper pairs or optical fiber, and radio transmissions constitute the final link. The user's cell phone communicates through the air with an antenna, which in turn communicates with the operator's central office [5]. The latter routes the communication to the corresponding part in the fixed network or through other antennas.

For communication to be effective, the mobile user must be in range of an antenna. This has a limited range and covers a small area around it, called a "cell" (hence the other name "cell of network" or "cellular network" often used to designate mobile networks).

So, mobile networks are those networks intended to allow the user's phone or equipment to move freely in the area covered by that network even while maintaining a conversation or data connection. A mobile network must allow movement even at the speed of a car without loss of connection. Current mobile networks allow this connection to be maintained even at the speed of a high-speed train with speeds in excess of 300 km/h.

3 METHODOLOGY

A qualitative theoretical research was established as a methodology, where the analytical-argumentative method was used as an example, to consider the benefit of 5G networks over 3G and 4G networks, considering the already existing infrastructures to implement the new mobile network, analyze the difficulties or limitations existing with the current networks, the information was collected in various consultations mentioned above. It is worth mentioning that this research, being qualitative, does not have a population and a sample as such. The mode of investigation involves studying the subject in general, covering the objective set. Information was taken from various sources to gather the necessary information. These sources consist of approved articles, journals.

4 COMPARISON OF DIFFERENT GENERATIONS

4.1 SPEED COMPARISON OF 3G, 4G AND 5G NETWORKS

The advances in 3G networks allow data transfer speeds ranging from 14.1 Mbps to 42 Mbps. These advances were the beginning of Internet browsing that allowed real-time interaction with different content and media on the network.

In the 4G network, data transfer speeds range from 100 Mbps to 1 Gbps using the IP protocol in its entirety. In general terms, it can be stated that 4G networks improve data transmission speeds, service quality, as well as data, internet and application reliability.

In addition, it is estimated that 5G networks will extend the probability of transferring more data and information at better speeds, around 1-10 Gbps, and will have lower latencies to obtain real-time performance [6].

4.2 BANDWIDTH

In terms of radio frequency, 3G networks operate in frequencies of 800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, DCS 1800 MHz, PCS 1900 MHz and AWS 1700/2100 MHz, with a bandwidth ranging from 5 to 20 MHz.

Today the most developed commercial technology for providing wireless access services is LTE, generally known as 4G, which uses up to 20 MHz of spectrum.

5G networks require 100 MHz of radio frequency in mid-bands and 500 MHz of radio frequency in high bands, which is the aggregate amount of radio frequency required to be made available to the market for 5G networks. In distinction with 4G

networks it is in the order of 400 % in mid frequencies and 2400 % in high frequencies, something that is currently difficult to achieve [7].

4.3 USES OF DIFFERENTS NETWORKS

The third generation generated innovations with specialized voice services, faster Internet browsing, GPS systems as well as navigation maps, banking services and video calls.

With the arrival of 3G, the population saw a significant change in terms of speed, and a greater number of uses arrived with the start of the 4G network, for example, gaming services, HD mobile TV, videoconferencing, cloud computing, video broadcasting, as well as phones with a greater number of mobile movements and access to dynamic information.

The aspect of radio frequency allocation intended for 3G and 4G will serve to contrast the size of radio frequency that will be required for 5G network and hence support in understanding 5G in current state. The cell phone industry has pushed the 5G mobile data network as the most powerful network in terms of connectivity, and it is even expected that the 5G network will usher in a new era in the cell phone industry that will completely change the landscape of what we know today about mobile networks. The high speeds and low latencies of the 5G network are expected to be integrated into highly useful and reliable applications, such as medical applications, emergency electronic circuits, valve closures, as well as a variety of industrial and telecommunications applications.

4.4 NETWORK PROBLEMS

Our research provided evidence that the 3G network presents problems since its operation due to problems with the low internet speed, the inefficient amount of users it allows connected simultaneously and the poor coverage it has due to failures or lack of stable service.

Some of the problems present in the 4G network is one that has been delayed since the 3G network, which is the coverage issue, since not all geographical areas have this network, it supports more users connected at the same time, but still not enough. Another problem is that the 4G connection is only stable in cities and not in rural areas or when traveling by road.

In the case of 5G, being a generation in full growth, there will be multiple problems at the beginning, as in all previous networks, one of them will be the instability of the internet speed at the beginning due to the problem that there will not be enough infrastructure to provide 100% coverage, which will be solved as the investment is developed along with new knowledge and improvements in the network, also, possible internet leaks due to hackers for vulnerabilities that may still be unknown.

5 RESULTS

5.1 IMPACT OF THE 5G NETWORK ON SOCIETY

According to National Geographic (2019), the deployment of the fifth-generation mobile network will change the way we communicate, multiply the capacity of information highways and enable everyday objects, from refrigerators to cars, to connect (with us and with each other) in real time. Its deployment represents a true technological revolution that will make it possible, for example, to perform tele-assisted surgery, deploy new fleets of autonomous vehicles and coordinate agricultural work through sensors installed at different points in a field of crops.

The most significant advance will come from the hand of speed. 5G will allow browsing at up to 10 GBps (gigabytes per second), 10 times faster than the main fiber optic offers on the market. At that rate it will be possible, for example, to download an entire movie in a matter of seconds [8].

In addition, latency (network response time) will also experience significant progress. According to the operators, this could be reduced to 5 milliseconds, a period almost imperceptible to humans, allowing us to connect in almost real time. This is particularly important, for example, to minimize the response time of an autonomous vehicle in order to improve the safety of both the occupants and any surrounding pedestrians.

5.2 ANALYSIS

According to the research conducted, mobile networks went from being a way to communicate occasionally, as a last communication option, to being a necessity nowadays.

Based on the results provided in the research and documentation carried out, we can show that 5G networks will greatly reinforce the advances already achieved with 3G and 4G technology, since once it is fully operational the effects on our daily lives will be much more noticeable and satisfactory. For example, we will always be connected in real time and without any delay with all our devices at the same time.

6 CONCLUSION

The levels of network demand increased and with this new needs arise, problems that the 3G and 4G network present, the 5G network promises to solve, for example, greater connectivity of devices simultaneously, better quality of internet service with the lowest possible latency and a higher speed than the current one or with optical fiber. In addition, the 5G network will provide solutions to problems that have been present since 3G and much earlier, all of them are expected to be solved, not to mention that energy usage will be reduced by 90%.

ACKNOWLEDGMENTS

We have the obligation to fulfill a pleasant duty, that of thanking all the people who have contributed from far or near to the writing of this article.

REFERENCES

- [1] Yadav, P., Upadhyay, A., Prasath, V. B., Ali, Z., & Khare, B. B., Evolution of Wireless Communications with 3G, 4G, 5G, and Next Generation Technologies in India. In *Advances in Electronics, Communication and Computing*, Springer, Singapore, pp. 355-359, 2021.
- [2] Aman, A. H. M., Shaari, N., & Ibrahim, R., Internet of things energy system: Smart applications, technology advancement, and open issues. *International Journal of Energy Research*, vol. 45, no 6, 8389-8419, 2021.
- [3] Vidal, I., Nogales, B., Lopez, D., Rodríguez, J., Valera, F., & Azcorra, A., A Secure Link-Layer Connectivity Platform for Multi-Site NFV Services. *Electronics*, vol. 10, no 15, 1868, 2021.
- [4] Morreale, P. A., & Terplan, K., *CRC handbook of modern telecommunications*. CRC press, 2018.
- [5] Pedrycz, W., & Vasilakos, A. (Eds.), *Computational intelligence in telecommunications networks*. CRC press, 2018.
- [6] Minopoulos, G., Kokkonis, G., Psannis, K., & Ishibashi, Y., A survey on haptic data over 5g networks, 2019.
- [7] Azemi, S. N., Jiunn, N. K., Kamarudin, M. A., Isa, C. M. N. C., & Amir, A., An Ultra-Wideband CPW Fed Slot Antenna for IoT Applications. In *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1755, no. 1, p. 012029, (February, 2021).
- [8] Dangi, R., Lalwani, P., Choudhary, G., You, I., & Pau, G., Study and investigation on 5G technology: A systematic review. *Sensors*, vol. 22, no 1), p. 26, 2021.

Doctors Appointment Reservation Management System

Sabah Mohammed Fayadh

Department of computer Systems, Al Nassriyah Technical Institute, Southern Technical University, Thi-Qar, Iraq

Copyright © 2022 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: With the major success in applications of electronic healthcare and tremendous technologies in the telecommunications fields that are exceedingly used in the healthcare sector. And because of the massive technological and computing boom, rapid advance of information systems, technology and procedures, the government's decision to reduce overall healthcare expenses, alliances made in the healthcare industry, and the massive emergence of the Internet, most vital areas of daily life seek to computerize their environments to achieve performance and reliability better and lower costs. A dependable web-based doctor's appointment reservation management system (DARMS) is presented in this research. It will be design and implement to replace manual work. It is a consolidated database that contains patient information, and it contains the names of the doctors that the nurse adds. DARMS will enable the patients' ability to use the system and input their information to schedule an appointment with the specialist physician and show their reservation information so that a doctor can diagnose their condition and prescribe the appropriate medication. The proposed system will serve patients, and their physicians, and save time and cost-effective health care.

KEYWORDS: System scope, medical records, Clinical system, DARMS, electronic healthcare, ERD.

1 INTRODUCTION

With the phenomenal emergence of the internet, and the development of the technology in various walks of society, an internet played a significant role in health care domain [1], [2]. In the medical field, hospital records are one of the many sources of large amounts of data, Patients' medical records, medical examination results, and medical instruments that are part of the internet of things (IOT). For generating meaningful information from big data relevant to public healthcare, suitable administration and analysis are required [3]. It must be overlooked that there are several obstacles associated with each phase of processing large data that can only be overcome by utilizing high-end computing solutions for big data analysis [4], [5]. The internet provides better support for patients and their families who care about the health of the disease and take the necessary medicines, this opportunity is especially real when facing the challenges of chronic diseases and aging adults [6], [7].

In this paper a reliable system will build which is online application software for scheduling doctor's visits through the internet. Patients will access to a database where they can submit their information in order to schedule an appointment with a specialist doctor. It is based on Electronic healthcare technologies to serve the patient to manage their reservations in a reliable way. That helped the specialists in this domain to use this system to reduce healthcare costs and time reduction. This method is a cost-effective system that reduces healthcare costs. The system's features are: lower healthcare expenses while also being beneficial to patients and providers.

2 SCOPE AND OBJECTIVES OF THE SYSTEM

This study aims to create a system that benefits health-care professionals through allowing patients to access a database, and enter their information in order to schedule an appointment with a specialist physician for their particular case. It is a cost-effective system that reduces healthcare costs. The system's features are:

- Enhance communication between the patient and the physician.
- Managing healthcare terminology and vocabulary.
- Information on healthcare and management is readily available regardless of access time and party in use.
- Managing medical data to support predicate medicine, and for scientific and statistical research purposes.

The system's goal is to install trustworthy web-based electronic healthcare technologies that help patients and health-care providers communicate more effectively. Five actors were identified in this system: physician, pharmacist, nurse, and admin and they have several functions. Figure 1. explains the scope of the system.

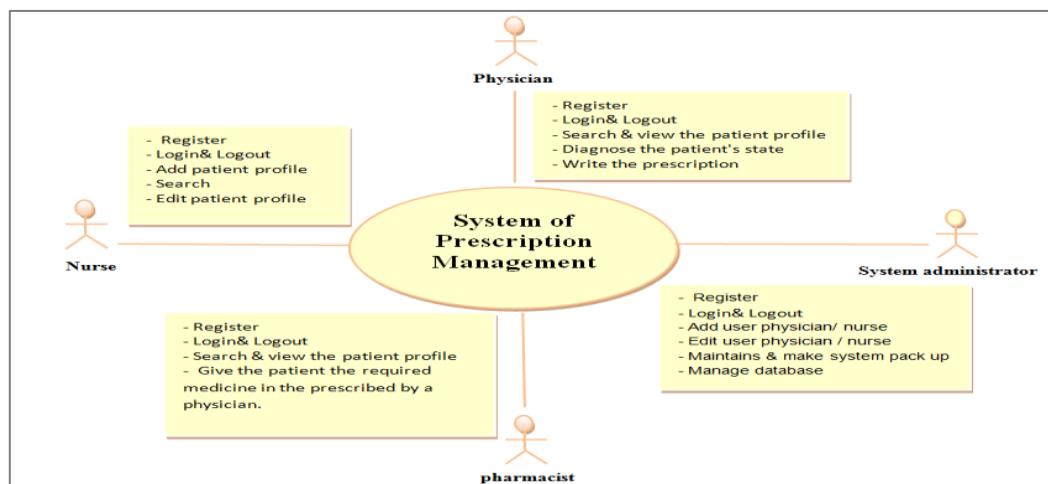


Fig. 1. Displays the system's scope

3 OVERVIEW OF THE SYSTEM

A healthcare practice management software system involves an interactive software tools to manage appointment booking, perform a physical examination, suggest an initial diagnosis, and manage the treatment protocol. The goal of this study is to build a system based on electronic- healthcare technology to better serve patients. The database of (DARMS) maintains information about the users of this system, such as (physician, nurse, Pharmacist, patient, and admin), and each of them has a set of functions in the side system. When a patient first contacts a (DARMS) clinic, the patient's information is recorded. In addition, the details of the reservation requiring an appointment are noted. The nurse can to register, log in, log out, add, edit, delete account of the patient, also add patient details with the appointment date and time, and research the patient record. whereas the physician can to register, login in, login out, search of the patient, diagnosis, and write the drug to the patient. Table 1 depicts the physician and nurse duties in the proposed system.

Table 1. Physician and nurse roles in the proposed system

Actors	Roles
Physician	- Register - Log in & log out - Search patient - Patient state diagnosis - Write medical prescription
Nurse	- Register - Log in & log out - Add and Edit physician account - Add patient account - Add, Edit, Delete patient details

4 METHOD AND SYSTEM ANALYSIS

4.1 UNSTRUCTURED MEETING

Regular interviews with health care providers which are (physician, nurse, and pharmacist) have been conducted, and everything was up for debate during this process to identify the system's functional and non-functional requirements [8], [9]. As well as the system's users, their roles, and their interactions with the system have been identified to clarify any ambiguities in the system [10], [11].

4.2 DATA FLOW DIAGRAM

The data flow diagram (DFD) is the most commonly used system analysis model. It's a tool that shows how people can visualize how the system will work, what the system will achieve, and how it will be put in place [12]. DFD is used to assist understand the existing system and to represent the desired system. It is utilized to illustrate the desired system, and to help understand the existing system. DFD is a tool that allows users to see how the system will function., what the system will achieve, and how it will be put in place [13], [12]. It is used to represent the required system and to aid in the understanding of the current system.

These diagrams were created to show how information is processed and where the information is Knowledge management refers to health care within medical and administrative facilities, in order to manage knowledge, and it can help him to make it fit for and then help him take the correct medical procedures [14]. Figure 2 depicts a data flow diagram (DARMS).

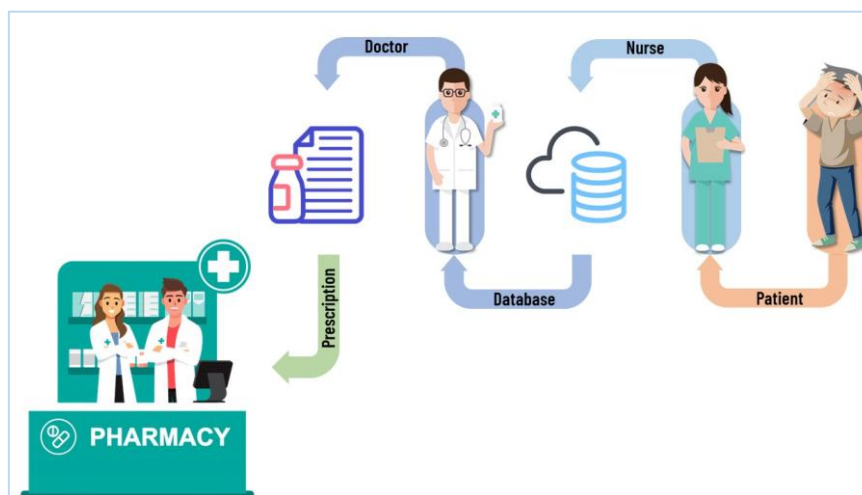


Fig. 2. Data flow diagram of (DARMS)

4.3 SYSTEM NEEDS

Generally, the requirements are able to effectually predict the needs and wants of specific user markets and ensure that capacity planning is suitable to enclose delivery [15]. It prioritizes actions, negotiates successful outcomes, and influences changes in direction, involving engineering changes in the supply chain [16], [17]. Figure 3 illustrates the relation between the common features in the system approach. Existing system requirements are described in terms of a set of suggested system needs, such as:

1. Add new user (physician, nurse, Pharmacist) account.
2. Add new physician account.
3. Add physician details.
4. Input appointment diagnosis.
5. Diagnosis the physician disease.
6. Add treatment.
7. Print the medical prescription.
8. Document the history of the patients' cases.

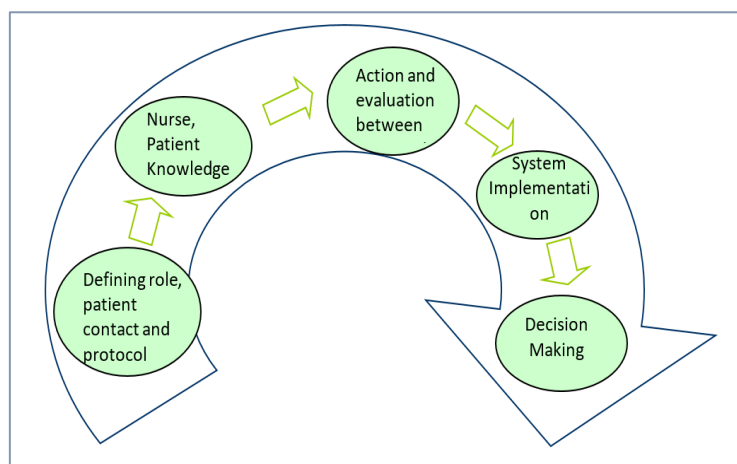


Fig. 3. Relation between users and activities

4.4 USER ANALYSIS

User analysis is an important tool that influences the creation of software systems or other technological goods throughout the systems design phase. [18], [19]. In web site of DARMS, five actors (users) were identified like: patient, physician, nurse, pharmacist and admin, and each user has diverse roles. Tables 2, 3 illustrate the activities of two users who related to (DARMS).

Table 2. Activities of physician user

Actor	Physician
Role	- The physician can review the patients records via searching their names, and review history of patients cases. - The physician can access the system after input their username and password.
Activities	- Diagnosis the patients state. - Enter the disease name. - Enter the medicinal drug. - Document any note related to the state.

Table 3. Activities of nurse user

Actor	Physician
Role	- The nurse can access the system after enter their username and password. - The nurse can review the patients records via searching their names and review history of the patients cases.
Activities	- Enter the patient details. - Enter the patient details. - Edit the patients details. - Take appointment with the Physician

4.5 CASE STUDY MODEL

It was used in this system to identify difference actors and upon completion; the functional needs of the final system can be determined. Figure 4. illustrates the Use Case Model of exiting systems.

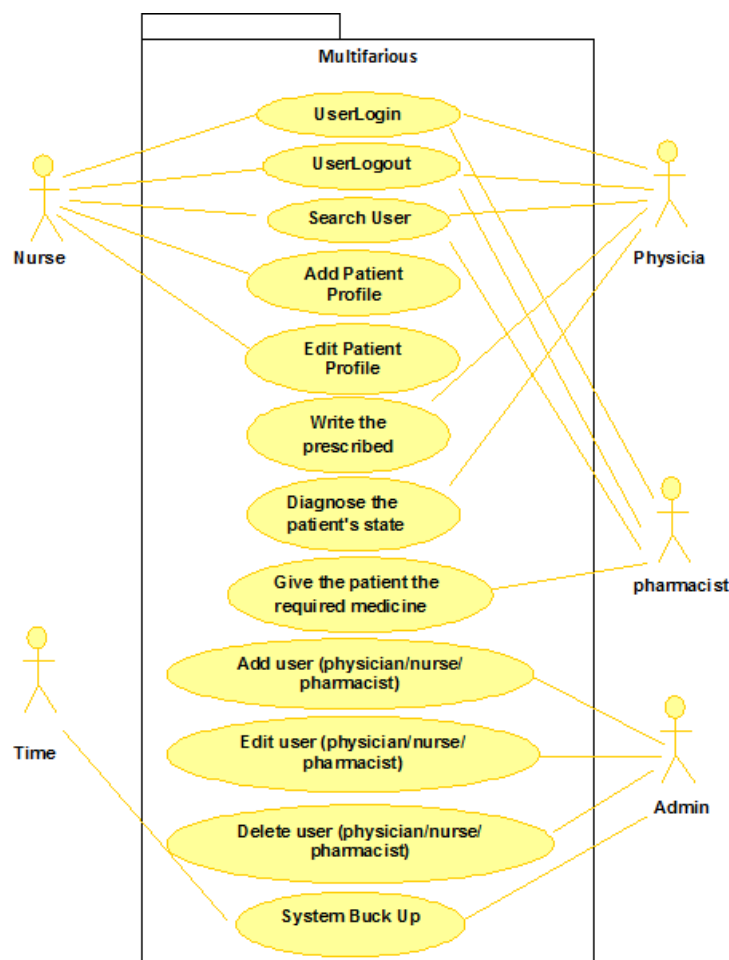


Fig. 4. Use Cases Models

5 SYSTEM DESIGN

The process of defining the reservation management system architecture, the medical equipment, operations packages, interface design, and healthcare system requirements to meet stated needs are referred to as system design in this work. It is defined as the application of system theory to the development of products. Its goal is to develop a technical solution that meets the functional needs of system [20].

The project lifecycle should be a functional definition. This functional definition is translated into a physical architecture during the system requirements analysis. The system components are dispersed throughout the physical structure. Usable interfaces are built and prototyped, and Technical Specifications are created for Application Developers to aid in the development and testing of the system.

5.1 USE CASES MODELS

It is depiction the behaviour of the system from a users' standpoint through utilizing actions and reactions. It uses to identify of system's boundary, and the relationship between the system and outside of the system [21]. This model is used to establish the difference users and on completion of this. It is possible to identify the functional requirements of the final system.

In (DARMS), five users (actors) are available in the use case diagram, and each actor has several roles in this system as illustrates in figure 5.

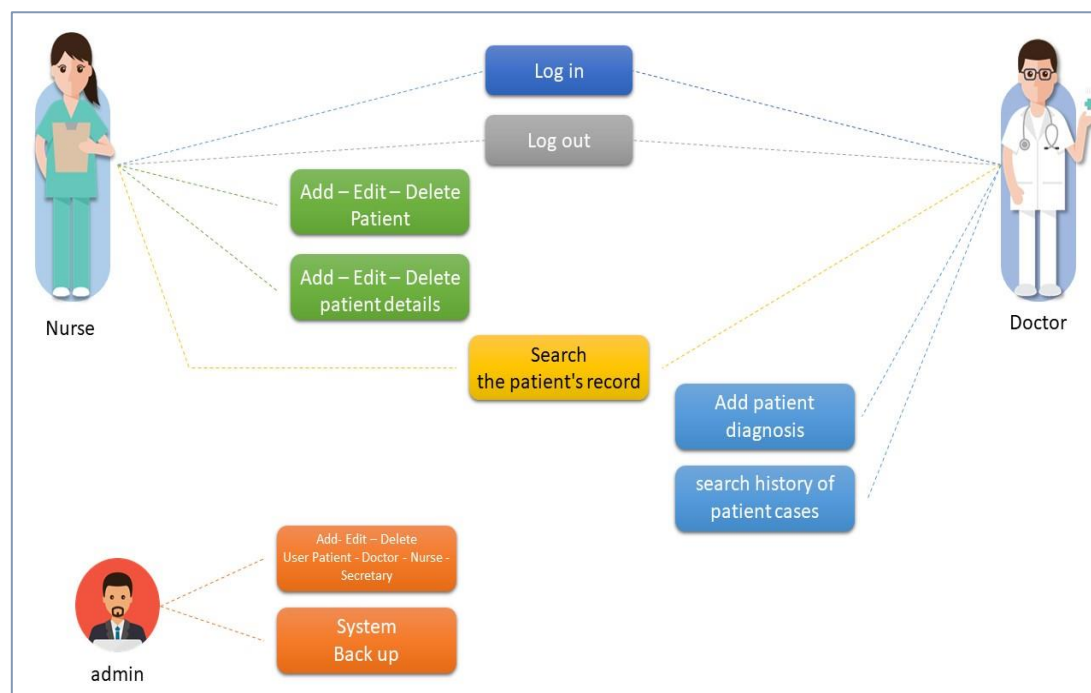


Fig. 5. Use case diagram for (DARMS)

5.2 DATABASE DESIGN

The process of determining an appropriate database structure is known as database design.

For instance, in the Entity Relationship Diagram (ERD); A number of acceptable entities, properties, and relationships which must be represented in the system database have been identified [44].

The database design is critical to the current system's success; a badly constructed database will cause errors, which may result in poor patient decisions, which could have major consequences for the organization. In contrast, a well designed database, on other hand gives the correct information for the medical decision making process to run smoothly [22]. There are three key phases to the clinical database design process: conceptual, design, and implementation, figure 6 illustrates the logical and physical design.

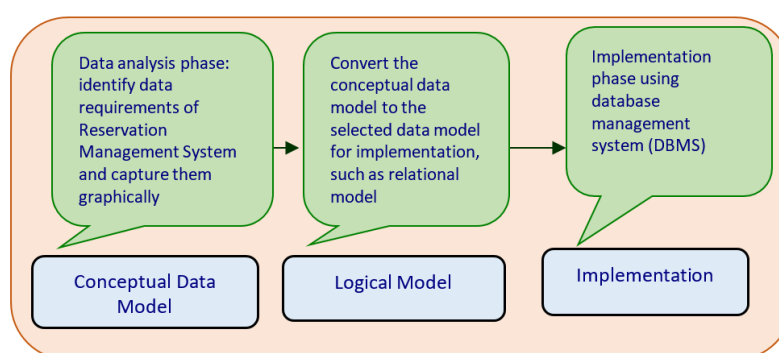


Fig. 6. Clinical database design methodology

The conceptual design is the first phase in the design technique, and it depicts a diagram that depicts the relationship and connectivity between all of the system's components. The next phase, in the design technique is to create a logical data model which it is based on the recognized set of relationships among classes and is driven through the "conceptual data model". The logical database design is then translated in the final phase of the database design technique (entities, attributes, relationships,

and constraints), into a physical database that the target database management system can implement (DBMS). In this work, the sketches of system have been made, and then they have been transferred to Entity Relationship (ER) as shown in figure 7.

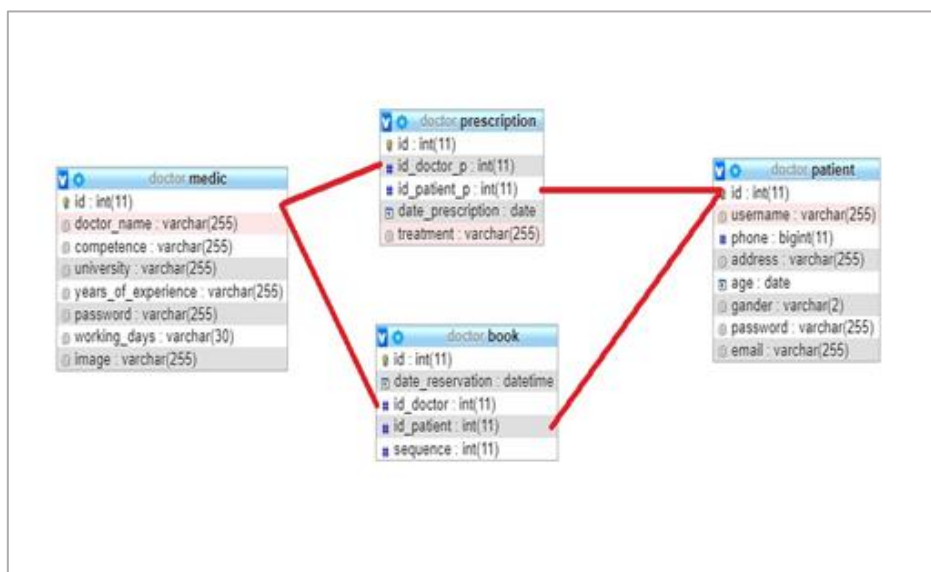


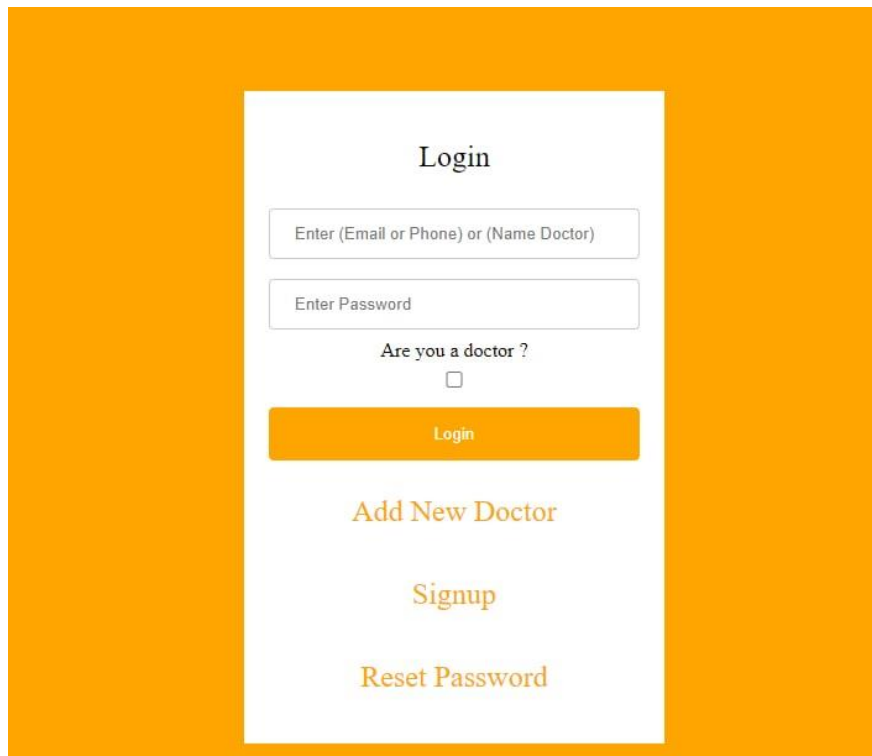
Fig. 7. ER diagram of the database of Doctors Appointment Reservation Management system

6 SYSTEM INTERFACES

The interfaces of (DARMS) which have been achieved during the implementation of this system are displayed in this part: Figure (8) shows the main page of the site while Figure (9) shows Sign in to the patient or doctor's website.



Fig. 8. Main page of the system



Login

Enter (Email or Phone) or (Name Doctor)

Enter Password

Are you a doctor ?
☐

Login

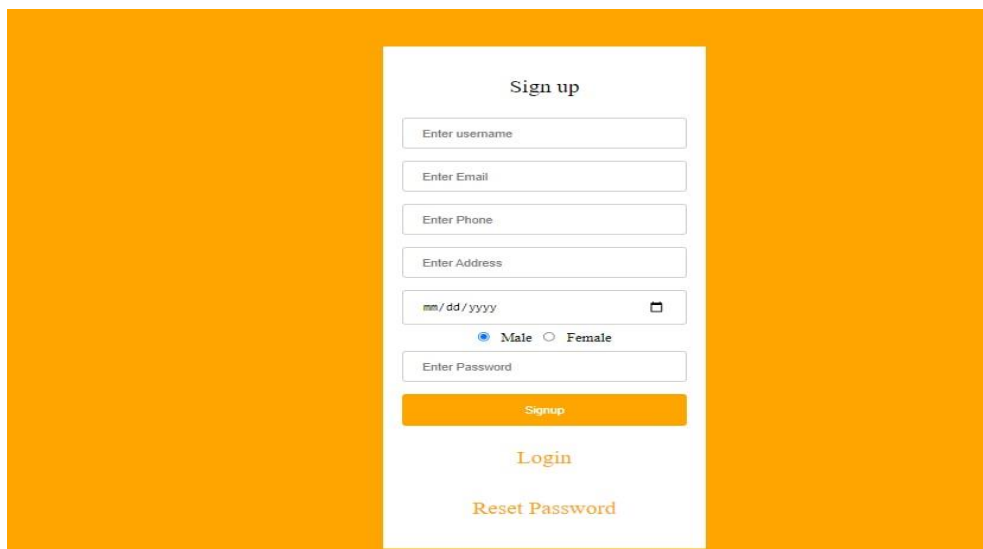
Add New Doctor

Signup

Reset Password

Fig. 9. A patient or Physician' website sign-in page

Figure (10) shows page for the patient to create a new account if it is not pre-registered.



Sign up

Enter username

Enter Email

Enter Phone

Enter Address

mm/dd/yyyy 

☒ Male ☐ Female

Enter Password

Signup

Login

Reset Password

Fig. 10. Page of patient register

Return the patient's secret code if the pin is lost, as shown in Figure 11.

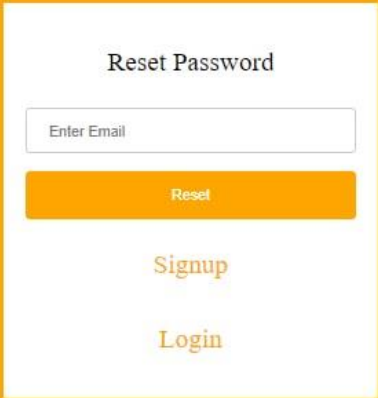
A screenshot of a 'Reset Password' form centered on an orange background. The form is white and contains a text input field labeled 'Enter Email', an orange 'Reset' button, and two links: 'Signup' and 'Login'.

Fig. 11. Return the patient's secret code in case the pin is lost

Figure (12) shows doctors page added to the site.

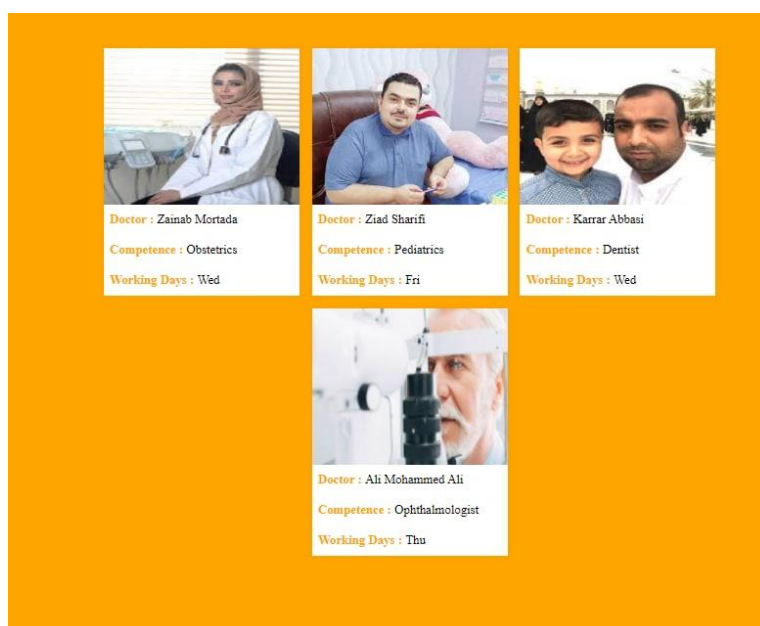
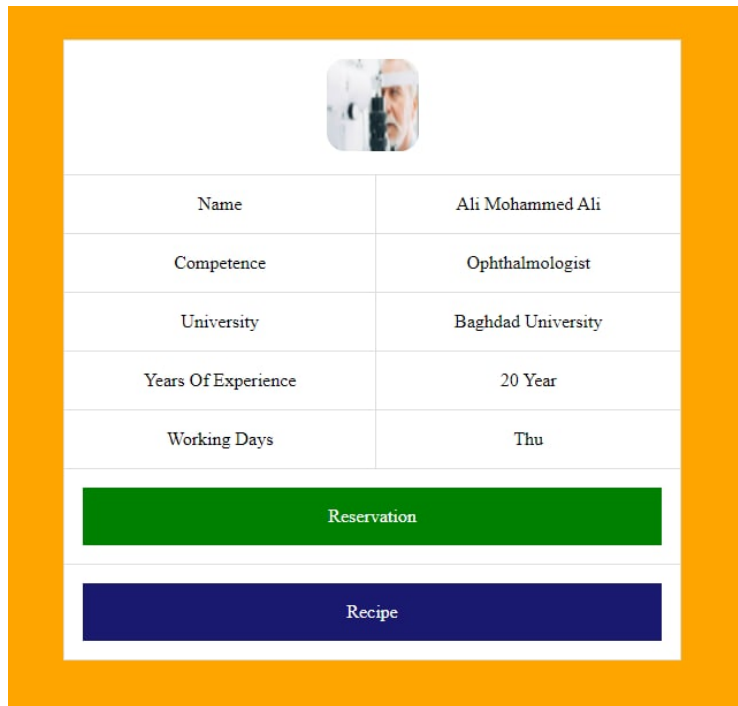


Fig. 12. Doctors page added to the site

Figure 13. shows the page of physician details which related to their information and their working days.



Name	Ali Mohammed Ali
Competence	Ophthalmologist
University	Baghdad University
Years Of Experience	20 Year
Working Days	Thu

Reservation

Recipe

Fig. 13. Doctor details

Figure 14. shows the page of booking time for the patients.



Booking In 2021-07-01 04:30:00pm

Back

Fig. 14. Booking time

Figure 15 shows the page which has a second booking with the same physician and in the same day, so the system refusing to book again.

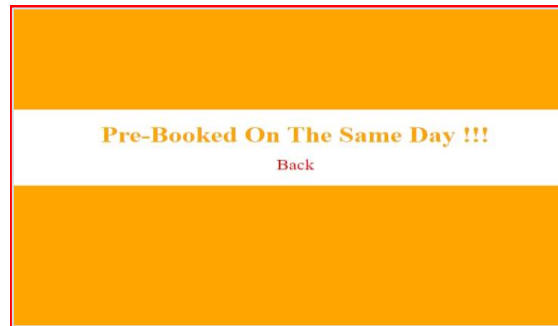


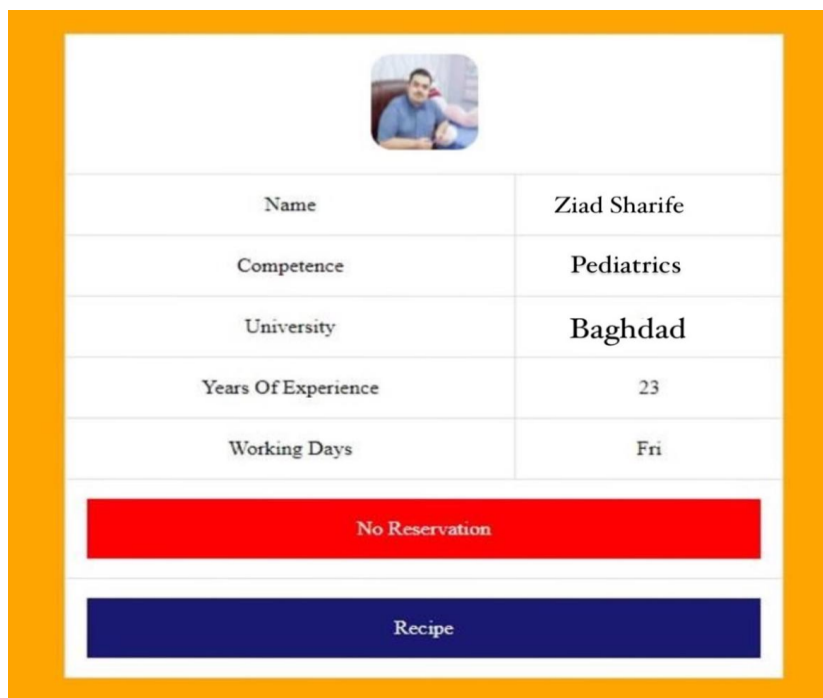
Fig. 15. Rejected booking with the same physician in the same day

When the system booked 10 patients for the same doctor, the page will appear "Booking Finished" as shown in figure 16.



Fig. 16. The process of booking has finished successfully

When booking at a physician who is not present on this day, there is no reservation for this day. But the patients can see the prescriptions that have been written for them as shown in figure 17.



The screenshot shows a doctor's profile for Ziad Sharife, a Pediatrician from Baghdad with 23 years of experience, working on Fridays. Below the profile information, a red banner displays the message "No Reservation". At the bottom, there is a dark blue button labeled "Recipe".

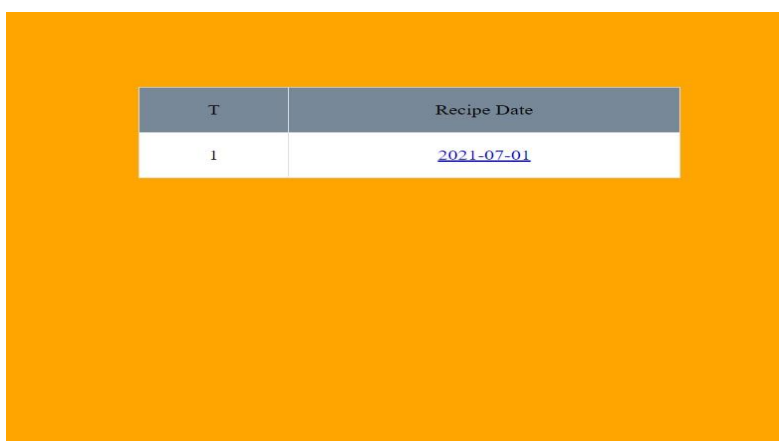
Name	Ziad Sharife
Competence	Pediatrics
University	Baghdad
Years Of Experience	23
Working Days	Fri

No Reservation

Recipe

Fig. 17. No reservation is available when the doctor is not present

When entering the prescription of the assigned doctor, a list of prescription dates that have been recorded for the last case and for pre-existing cases will appear as shown in figure 18.



The screenshot shows a table with two columns: 'T' and 'Recipe Date'. The first row contains the value '1' under 'T' and the date '2021-07-01' under 'Recipe Date'.

T	Recipe Date
1	2021-07-01

Fig. 18. Recipe Date

Figure 19 shows the page of prescription for each patient.



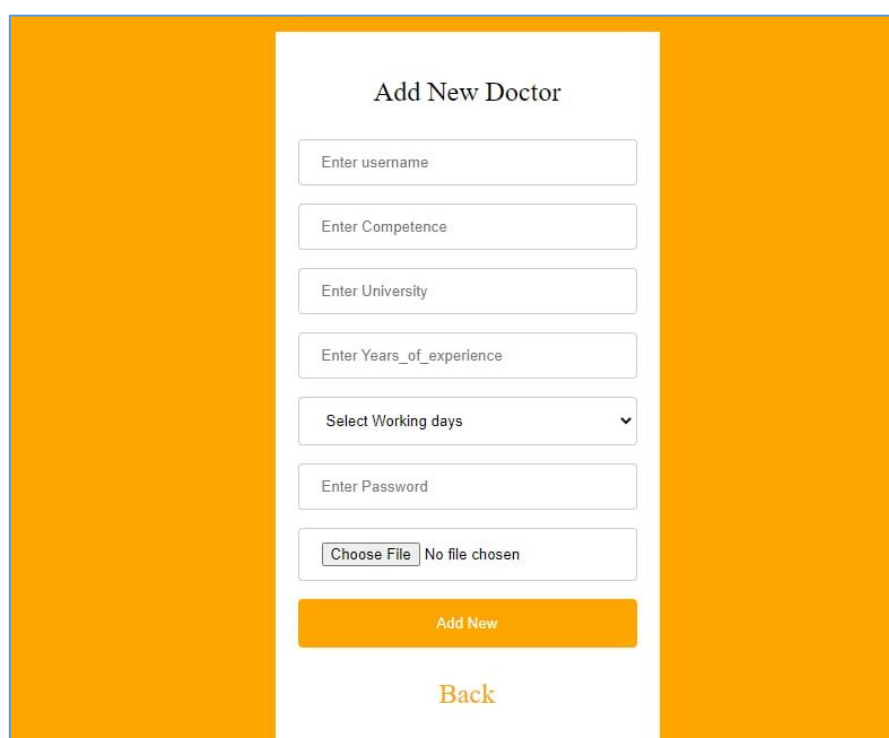
Doctor Ali mohammed ali
Specialization : Ophthalmologist

Patient Name: Ali hassan Ali
 Recipe Date : 2021-07-01

T	Treatment Name
1	Apraclonidine 3 in day after food
2	Atropine 1 in day before sleep

Fig. 19. Prescription for each patient

figure 20 depicts the page of adding the physician by the nurse for enter their information like: name, medical specialization, years of practicing the profession, and working times.



Add New Doctor

Enter username

Enter Competence

Enter University

Enter Years_of_experience

Select Working days ▼

Enter Password

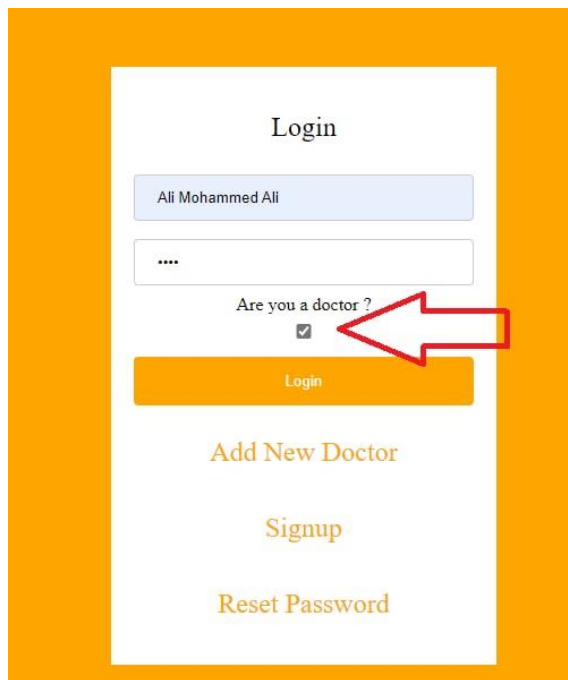
Choose File No file chosen

Add New

Back

Fig. 20. Add a physician

Figure 21 shows when a doctor wants to access the site, he registers his name and the secret code provided to him by the nurse and correctly puts him as a doctor. Until he distinguishes him from the patient and enters

The image shows a login interface for a doctor. It has a white background with an orange border. At the top, the word "Login" is centered. Below it, there is a text input field containing "Ali Mohammed Ali". Underneath that is a password input field with four dots. Then, there is a checkbox labeled "Are you a doctor ?" which is checked. A red arrow points to this checkbox. Below the checkbox is an orange "Login" button. At the bottom, there are three links: "Add New Doctor", "Signup", and "Reset Password".

Login

Ali Mohammed Ali

....

Are you a doctor ? ☒

Login

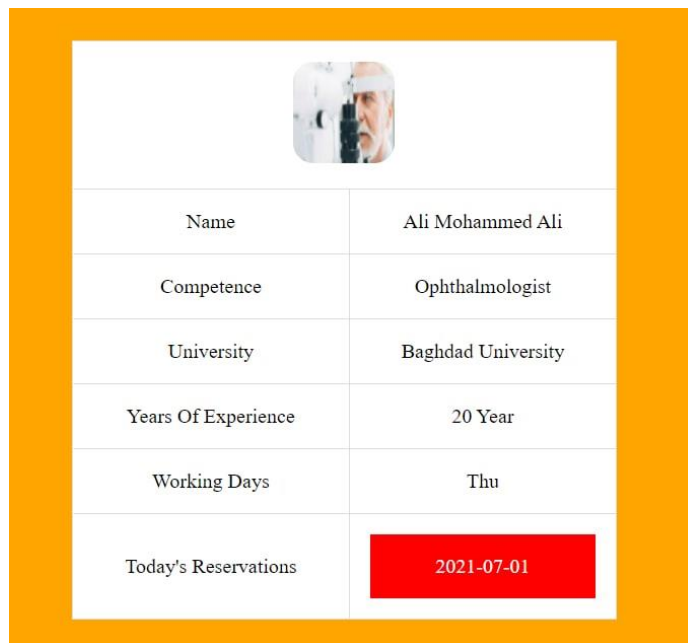
Add New Doctor

Signup

Reset Password

Fig. 21. Login to the system

Figure 22 shows the page of booking date to the patient with the doctor.

The image shows a doctor's profile and booking information. It has a white background with an orange border. At the top, there is a circular profile picture of a man with a white beard. Below the picture is a table with two columns. The first column contains labels, and the second column contains values. The labels are: Name, Competence, University, Years Of Experience, Working Days, and Today's Reservations. The values are: Ali Mohammed Ali, Ophthalmologist, Baghdad University, 20 Year, Thu, and 2021-07-01. The "Today's Reservations" value is highlighted in a red box.

Name	Ali Mohammed Ali
Competence	Ophthalmologist
University	Baghdad University
Years Of Experience	20 Year
Working Days	Thu
Today's Reservations	2021-07-01

Fig. 22. Date of booking with the doctor

Figure 23 shows a list of patients who have been diagnosed their disease states and write treatment for them. While figure 24 shows that the process of treatment for the certain patient has been completed. Whereas Figure 25. depicts the patient's prescription which involves the number of treatments from 1 to 8.

2021-07-01					
Prescription	Gander	Date Reservation	BirthDay Patient	Name Patient	T
Prescription	Male	16:00:00 2021-07-01	1992-10-29	Hassan Hussein Ali	1
Prescription	Male	16:30:00 2021-07-01	2021-07-29	Ali Hassan Ali	2

Fig. 23. List of patients' reservations

2021-07-02					
Prescription	Gander	Date Reservation	BirthDay Patient	Name Patient	T
Done	Male	2021-07-02 04:00:00 Pm	2015-01-01	Mohammed Hussein Kazem	1
Prescription	Female	2021-07-02 04:30:00 Pm	1999-01-24	Sherine Majed Abdel Amin	2
Prescription	Male	2021-07-02 05:00:00 Pm	1992-10-29	Hassan Hussein Ali	3

Fig. 24. Treatment has been completed for the patient

Prescription

Ali hassan Ali

Treatment 1

Treatment 2

Treatment 3

Treatment 4

Treatment 5

Treatment 6

Treatment 7

Treatment 8

Add Prescription

Fig. 25. Prescription for patient

7 CONCLUSION AND FUTURE WORKS

A health-care system has been implemented in this study for using Electronic Patient and Private Health care information system (DARMS) to replace manual labor. This paper has been designed and built a data based system that is promised to treat patients legally and correctly. The objective of this work was to schedule physicians visits through the internet. Patients have ability to access into the system database where they can submit their information in order to schedule an appointment with a specialist doctor. whereas the physician can access to the system to display patients' records for diagnosing their conditions, and write the required medical prescription. This system is effective for patient healthcare providers by reducing healthcare costs and time.

Lastly, this proposed system needs to some future improvements which by adding further functionality to Doctors Appointment Reservation Management System: Improving navigation of web, and establishment of a pathological analysis section capable of displaying the results of medical examinations to the specialist doctor.

REFERENCES

- [1] W. Li et al., "A comprehensive survey on machine learning-based big data analytics for IoT-enabled smart healthcare system," *Mob. Networks Appl.*, pp. 1–19, 2021.
- [2] D. Agniel, I. S. Kohane, and G. M. Weber, "Biases in electronic health record data due to processes within the healthcare system: retrospective observational study," *Bmj*, vol. 361, 2018.
- [3] C. Wendt, L. Frisina, and H. Rothgang, "Healthcare system types: a conceptual framework for comparison," *Soc. Policy Adm.*, vol. 43, no. 1, pp. 70–90, 2009.
- [4] S. K. Dixit and M. Sambasivan, "A review of the Australian healthcare system: A policy perspective," *SAGE open Med.*, vol. 6, p. 2050312118769211, 2018.
- [5] N. Reibling, M. Ariaans, and C. Wendt, "Worlds of healthcare: a healthcare system typology of OECD countries," *Health Policy (New York)*, vol. 123, no. 7, pp. 611–620, 2019.
- [6] S. Dash, S. K. Shakyawar, M. Sharma, and S. Kaushik, "Big data in healthcare: management, analysis and future prospects," *J. Big Data*, vol. 6, no. 1, pp. 1–25, 2019.

- [7] L. Gottlieb, C. Fichtenberg, H. Alderwick, and N. Adler, "Social determinants of health: what's a healthcare system to do?," *J. Healthc. Manag.*, vol. 64, no. 4, pp. 243–257, 2019.
- [8] R. B. Banziger, A. Basukoski, and T. Chaussalet, "Discovering Business Processes in CRM Systems by leveraging unstructured text data," in 2018 IEEE 20th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 16th International Conference on Smart City; IEEE 4th International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS), 2018, pp. 1571–1577.
- [9] S. Li, X. Wu, Y. Zhou, and X. Liu, "A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 71, pp. 846–851, 2017.
- [10] Z. Yan, N. Duan, J. Bao, P. Chen, M. Zhou, and Z. Li, "Response selection from unstructured documents for human-computer conversation systems," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 142, pp. 149–159, 2018.
- [11] P. J. Fowler, K. Wright, K. E. Marcal, E. Ballard, and P. S. Hovmand, "Capability traps impeding homeless services: A community-based system dynamics evaluation," *J. Soc. Serv. Res.*, vol. 45, no. 3, pp. 348–359, 2019.
- [12] H. Xiong, H. Zhang, X. Dong, L. Meng, and W. Zhao, "DFDVis: A Visual Analytics System for Understanding the Semantics of Data Flow Diagram," in *International Conference of Pioneering Computer Scientists, Engineers and Educators*, 2017, pp. 660–673.
- [13] E. M. T. Abdalameer, "Pet Health Care System," *J. kerbala Univ.*, vol. 14, no. 3, 2016.
- [14] H. Zhang, W. Liu, H. Xiong, and X. Dong, "Analyzing data flow diagrams by combination of formal methods and visualization techniques," *J. Vis. Lang. Comput.*, vol. 48, pp. 41–51, 2018.
- [15] J. K. Elrod and J. L. Fortenberry, "The hub-and-spoke organization design: an avenue for serving patients well," *BMC Health Serv. Res.*, vol. 17, no. 1, pp. 25–33, 2017.
- [16] G. M. Hastig and M. S. Sodhi, "Blockchain for supply chain traceability: Business requirements and critical success factors," *Prod. Oper. Manag.*, vol. 29, no. 4, pp. 935–954, 2020.
- [17] E. Mohammed Thabit Abd Alameer and Z. Hasan Nasralla, "Electronic Patient Record Management System (EPRMS)," *J. kerbala Univ.*, vol. 9, no. 1, pp. 293–303, 2013.
- [18] J. C. Muñoz-Carpio, M. Cowling, and J. Birt, "Framework to enhance teaching and learning in system analysis and unified modelling language," in 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), 2018, pp. 91–98.
- [19] J. Siebert et al., "Construction of a quality model for machine learning systems," *Softw. Qual. J.*, pp. 1–29, 2021.
- [20] R. Zhang et al., "Virtual traffic lights: System design and implementation," in 2018 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), 2018, pp. 1–5.
- [21] L. Jacobson and J. R. G. Booch, "The unified modeling language reference manual," 2021.
- [22] M. M. Martín-Lopo, J. Boal, and Á. Sánchez-Miralles, "A literature review of IoT energy platforms aimed at end users," *Comput. Networks*, vol. 171, p. 107101, 2020.

Résilience des centres de santé dans la prise en charge du paludisme: Cas de la Zone de santé de Katana en République démocratique du Congo

[Resilience of health centers in the management of malaria: Case of Katana Health Zone in the RD Congo]

Hermès Karemere, Nadine Muhune, Rosine Bigirinama, and Samuel Makali

Ecole régionale de Santé Publique, Université catholique de Bukavu, Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2022 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: *Introduction:* The Katana Rural Health Zone has experienced several events including looting of health centers, the cessation of funding or the instability of nursing staff, which could have hindered the functioning of its health structures. These structures have continued to operate in this unfavorable context, thus showing themselves to be resilient. This study aims to identify the adaptive mechanisms put in place by the Katana health zone in the face of adverse events. *Methodology:* The study is a mixed cross-sectional study covering the period from 2014 to 2018. It is based on the identification of events that occurred in the Katana Health Zone, the analysis of the evolution of cases and deaths linked to malaria and the perceptions of key players on the nature of the events, their link with the number of cases. The study used a documentary review and individual interviews targeting 8 key players. *Results:* The main destabilizing events identified are related to the management of human resources, the use of health services, the breakdown of funding, the availability of curative or preventive inputs, community participation and security and safety issues. Infrastructure. The trend of the evolution of new cases with malaria is similar for all age categories. On the other hand, the evolution of deaths is different. Health services continued to provide care thanks to the coping mechanisms developed. *Conclusions:* The study demonstrates the precariousness of a health system heavily dependent on humanitarian aid, the interruption of which can generate dysfunction with effects on mortality, including infant mortality; the weak involvement of the government in supporting structures facing the misdeeds of disasters such as the earthquake and looting; the poverty of the population making it inaccessible to health care despite the reduction in prices and the resilience of health centers following the establishment of endogenous adaptation mechanisms..

KEYWORDS: Resilience, Health System, Adverse Events, Malaria, Katana, Democratic Republic of Congo.

RESUME: *Introduction:* La Zone de Santé de rurale de Katana a connu plusieurs événements dont des pillages des centres de santé, l'arrêt des financements ou l'instabilité du personnel soignant, qui auraient pu entraver le fonctionnement de ses structures sanitaires. Ces structures ont continué à fonctionner dans ce contexte défavorable, se montrant ainsi résilients. La présente étude vise à identifier les mécanismes adaptatifs mis en place par la zone de Santé de Katana face aux événements défavorables. *Méthodologie:* L'étude est transversale mixte couvrant la période de 2014 à 2018. Elle est basée sur l'identification des événements survenus dans la Zone de santé de Katana, l'analyse de l'évolution des cas et décès liés au paludisme et les perceptions des acteurs clés sur la nature des événements, leur lien avec le nombre de cas. L'étude a recouru à la revue documentaire et aux entrevues individuelles ciblant 8 acteurs clés. *Résultats:* Les principaux événements déstabilisants identifiés sont liés à la gestion des ressources humaines, à l'utilisation des services de santé, à la rupture de financement, à la disponibilité des intrants curatifs ou préventifs, à la participation communautaire et à des problèmes sécuritaires et infrastructurels. La tendance de l'évolution de nouveaux cas atteints de paludisme est similaire pour toutes catégories d'âges. Par contre, l'évolution des décès est différente. Les services de santé ont continué à offrir des soins grâce aux mécanismes d'adaptation développés. *Conclusions:* L'étude démontre la précarité d'un système de santé dépendant fortement de l'aide humanitaire dont l'arrêt peut générer un dysfonctionnement avec des effets sur la mortalité dont celle

infantile; la faible implication du gouvernement dans le soutien aux structures confrontées aux méfaits des catastrophes comme le tremblement de terre et pillages; la pauvreté de la population la rendant inaccessible aux soins de santé en dépit de la baisse des tarifs et la résilience des centres de santé à la suite de la mise en place des mécanismes endogènes d'adaptation..

MOTS-CLEFS: Résilience, Système de Santé, Événements défavorables, Paludisme, Katana, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

Depuis trois décennies la RD Congo est confrontée à de sérieuses de troubles sociopolitiques dont des guerres et des rébellions successives. Ces dernières ont provoqué un accroissement important de la charge de morbidité et de mortalité pour les populations congolaises [1-3]. Cette situation a occasionné l'arrivée massive de l'aide humanitaire, privilégiant des interventions d'urgence [4] dans les provinces les plus touchées par l'instabilité dont celle du Sud-Kivu [5, 6] et a eu un impact négatif sur l'état de santé global de la population [7].

Le Sud Kivu constitue l'une des 26 provinces de la République démocratique du Congo et compte 34 Zones de santé (ZS) dont celle de Katana. Au cours de la période allant de 1990 à 2017, la ZS de Katana a connu plusieurs événements dont certains auraient pu entraver le fonctionnement des structures sanitaires. Ces derniers ont pourtant continué à fonctionner et à se développer. Parmi les événements identifiés par Karemere et al dans une étude antérieure [8], quatre groupes d'événements émergent à savoir (1) les guerres et rebellions, (2) les ruptures périodiques des financements, (3) les approches sélectives des interventions humanitaires et (4) les réformes institutionnelles.

Face à ces événements, la ZS de Katana a été résiliente, comme le démontre Kenanewabo [9]. La résilience enrichit en effet la clinique en proposant de nouvelles perspectives dans la compréhension de la souffrance et la prise en charge des patients. Ce concept participe à la constitution d'un modèle théorico-clinique original dont les applications sont nombreuses et variées dans la clinique contemporaine [10].

En Afrique sub-saharienne, la recrudescence de maladies telles que le choléra, le paludisme, la méningite ou les maladies diarrhéiques [11], montre à quel point les systèmes de santé ne répondaient pas efficacement aux besoins des populations. En RDC, des efforts conjoints du gouvernement avec l'OMS et divers partenaires internationaux ont été consentis au cours des deux dernières décennies dans la lutte contre le paludisme. Ainsi, à partir de 2010, il s'est observé une nette baisse de la morbi-mortalité de cette maladie. Cependant, bien que les estimations de 2017 fussent en baisse de 20 millions par rapport à 2010, les données pour la période 2015-2017 mettent en évidence l'absence de progrès significatifs par rapport à cet indicateur durant cet intervalle de temps. En outre, les derniers rapports mondiaux du paludisme de l'Organisation Mondiale de la Santé montrent une tendance au ralentissement tant des résultats de la lutte contre le paludisme que du financement de cette lutte [12, 13]. Avec le concept One Health (Une Santé), il devient de plus en plus pertinent de chercher à appréhender les phénomènes de santé dans des dimensions allant bien au-delà du domaine de la médecine, même en son sens le plus large; afin d'en mieux comprendre les raisons de non réussite des programmes de riposte. Ainsi, pensons-nous que des dysfonctionnements dans la pyramide sanitaire engendrés par des événements défavorables divers pourraient en partie expliquer la pérennisation de certaines des maladies, dont le paludisme, malgré les moyens considérables déployés en vue de son éradication. Ces dysfonctionnements sont tant d'ordre sécuritaire qu'administratif et de gouvernance interne, et peuvent affecter n'importe lequel des échelons de la pyramide sanitaire. Ces événements sont autant d'occasion de rupture de continuité dans la gestion sanitaire et constituent ainsi un certain type de vulnérabilité du système sanitaire. Cette étude se propose d'analyser les dysfonctionnements dans la pyramide sanitaire en se basant sur la lutte contre le paludisme dans la zone de santé de Katana au Sud Kivu. Elle est menée en partenariat avec le programme de Renforcement institutionnelle des politiques de Santé basée sur l'Evidence ou RIPSEC en sigle.

La présente étude a comme objectif d'une part de comprendre si les différents événements survenus dans la Zone de Santé de Katana expliquent en partie la pérennisation du paludisme et d'autre part d'identifier les différents mécanismes d'adaptation mis en place pour faciliter la résilience de la Zone de Santé face à ces événements dans la prise en charge du paludisme.

2 METHODOLOGIE

2.1 DESCRIPTION DU TERRAIN D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée dans la ZS de Katana, couvrant en 2019 une population de 236.986 habitants. Elle compte 17 centres de santé dont 3 confessionnels, 7 postes de santé, 1 dispensaire privé, 2 centres de santé de référence (Ihimbi et Mugeru), un hôpital général de référence, un centre hospitalier (CH) de Birava et un Institut d'Enseignement Médical [14]. Le choix d'étude de cette zone de santé se justifie par la forte prévalence du paludisme qui y était enregistré: une étude a en effet identifié cette zone de santé comme étant l'une des deux seules zones du plus élevé cluster à risque de la province [12]. En outre, la zone de santé de Katana a connu un passé d'instabilité sécuritaire entre les années 1996 et 2018; sans compter qu'elle a enregistré également des événements géo-climatiques à impact majeurs au courant des 10 dernières années.

2.2 TYPE ET PÉRIODE D'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude longitudinale mixte à prédominance qualitative. Le design mixte utilisé était de type convergent. Les données qualitatives et quantitatives ont été récoltées au même moment, analysées de façon séparés et enfin triangulées [15]. L'étude a été étendue sur une période de 5ans allant du 1er janvier 2014 au 31 décembre 2018.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données a recouru à la fois à la revue documentaire et aux entretiens individuels.

2.3.1 REVUE DOCUMENTAIRE

Le nombre de nouveaux cas et de décès enregistrés dans la Zone de santé par mois pour la période de 2014 à 2018 ont été collectés à l'aide d'un canevas préalablement élaboré et à partir des rapports annuels de la ZS et de la base des données du PNLP. Lors de la collecte, ces données ont été précisées pour les enfants de moins de 5 ans, les femmes enceintes et les adultes. Lors de la revue des rapports annuels de la ZS, les différents événements survenus dans la ZS au cours de la période de 2014 à 2018 ont également été identifiés et recensés. Tout cas diagnostiqué comme cas de paludisme au niveau de la zone de santé et rapporté à la Division provinciale de la santé (DPS) a été considéré et comptabilisé dans l'étude.

2.3.2 ENTREVUES INDIVIDUELLES

Un guide d'entretien ouvert a été élaboré et administré individuellement aux prestataires des soins ciblés d'une manière raisonnée selon leur disponibilité et leur ancienneté dans les structures sanitaires de la ZS. Le guide permettait de collecter des informations en rapport avec les événements survenus dans la zone de santé, leur nature et leur lien avec l'évolution des cas et des décès liés au paludisme chez les enfants, chez les adultes et chez les femmes enceintes. Un dictaphone numérique de marque Benjie C6 a été utilisé pour recueillir ces informations. Au total, 8 personnes ont été interrogées, codifiées d'IC 1 à IC8, parmi lesquels deux cadres du Bureau central de la Zone de santé, deux agents de l'hôpital général de référence de Katana, trois infirmiers titulaires des centres de santé et un infirmier traitant d'un centre de santé, sur base de leur ancienneté d'au moins 5ans dans la Zone de Santé. Tout événement survenu dans la zone ayant un impact positif ou négatif sur le programme de lutte contre le paludisme a été considéré dans l'étude comme événement d'instabilité.

2.4 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

Les données quantitatives collectées concernant les nombres annuels des cas et décès par paludisme ont été transcrites dans un fichier Excel et ensuite analysées. Les cas et décès reliés au paludisme ont été groupés en trois catégories en fonction de l'âge: moins de 5 ans, plus de 5 ans et femmes enceintes. Des courbes de tendance ont ensuite été tracées grâce à Excel pour analyser l'évolution des cas et des décès entre 2014 et 2018 tout en identifiant les événements y relatifs pour chaque année.

Les données qualitatives collectées dont les événements survenus dans la ZS de Katana au cours de la période d'étude, leur nature et leur lien avec les nombres de cas et des décès liés au paludisme ainsi que les mécanismes adaptatifs mis en place ont été transcrits dans un fichier Word. Les événements identifiés ont été catégorisés en trois groupes comme illustré dans le tableau N°1. L'analyse qualitative a permis d'établir la relation entre l'événement et le changement au niveau de chaque courbe

de tendance au cours de la période d'étude. Le retour vers des informateurs clés (IC1 à IC8) a facilité la compréhension des changements observés lors de l'analyse.

Les techniques mixtes utilisées ont plusieurs avantages dont la possibilité de triangulation des informations [16], conférant de la robustesse à la méthodologie appliquée.

Tableau 1. Groupes d'événements recherchés

GROUPES D'ÉVÉNEMENTS	SOUS-GROUPES D'ÉVÉNEMENTS
Événements liés à l'organisation et au fonctionnement de la Zone de santé	Gestion des ressources humaines
	Utilisation des services de santé
	Rupture de financement
Événements liés à la prise en charge du Paludisme	Événements curatifs
	Événements préventifs
	Participation communautaire
Autres événements	Problèmes sécuritaires
	Événements infrastructurels

2.5 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Le protocole de recherche de cette étude a été soumis à l'approbation du Comité Éthique de l'Université Catholique de Bukavu. L'autorisation d'utilisation des données de la Zone de santé dans le cadre de cette recherche a été obtenue avant le début de l'étude du Médecin chef de Zone de santé. La participation des différentes personnes interrogées a été conditionnée par leur consentement éclairé et libre, écrit ou oral, et au respect de leur anonymat et leur confidentialité.

3 RESULTATS

3.1 LES PRINCIPAUX ÉVÉNEMENTS IDENTIFIÉS DANS LA ZS DE KATANA ENTRE 2014 ET 2018

Les principaux événements et leur localisation dans la Zone sont identifiés dans la figure 1. Les années 2015 et 2017 semblent plus affectées, enregistrant un grand nombre d'événements défavorables.

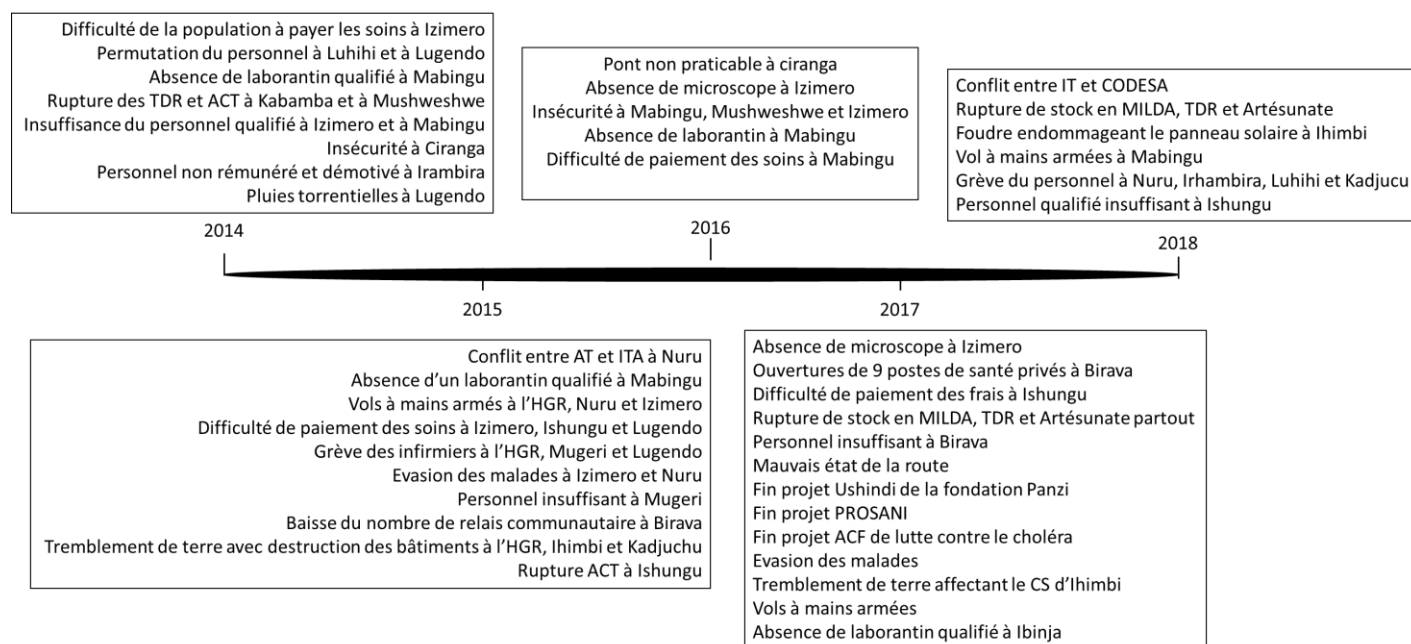


Fig. 1. Principaux événements identifiés par aire de Santé

3.2 FRÉQUENCE ANNUELLE ET DE CITATION DES ÉVÈNEMENTS DÉSTABILISANT LE FONCTIONNEMENT DE LA ZS

Certains évènements sont récurrents difficulté à payer les frais, baisse de la fréquentation, vols à mains armées, ...), d'autres sont ponctuels (permutation du personnel, rupture de stock en médicaments ou en moustiquaires, coup de foudre, désengagement des partenaires, ...) comme illustré dans le tableau 2.

Tableau 2. *Fréquence annuelle et de citation des événements*

Événements	Années					Nombre d'Aires de santé	Fréquence de citation par les informateurs clés
	2014	2015	2016	2017	2018		
Difficulté à payer les frais	x	x	x	x		8	16
Permutation du personnel	x					2	1
Insuffisance du personnel qualifié	x	x		x	x	5	5
Baisse de la fréquentation	x	x	x	x	x	18	22
Démotivation du personnel non rémunéré	x					1	1
Conflit entre IT et ITA		x				1	1
Conflit entre CODESA et IT					x	1	1
Grève du personnel		x			x	7	6
Evasion de malades		x		x		3	5
Réduction du nombre de relais communautaires		x				1	1
Désengagement de Fondation Panzi dans son projet USHINDI (violences sexuelles)				x		1	1
Désengagement de Prosani Plus (Approvisionnement en Médicaments)				x		1	1
Désengagement d'ACF dans son projet de prévention du cholera (Approvisionnement en eau)				x		1	1
Désengagement d'AAP/CORDAID pour le projet PBF				x		1	1
Absence de laborantin qualifié	x	x	x	x	x	6	10
Rupture TDR	x					2	1
Rupture de TDR et ACT	x					1	1
Rupture ACT		x				1	1
Rupture de stock des MILDA, TDR, Artésunate				x		1	5
Rupture de stock des MILDA, ACT, Artésunate					x	1	13
Absence de microscope			x	x	x	4	5
Augmentation de la fréquentation	x			x		2	3
Forte pluie torrentielle avec problème accessibilité au BCZ	x					1	1
Création de 9 postes privés				x	x	2	2
Séisme		x		x		4	4
Pont non praticable et mauvais état de route			x	x		2	2
Coup de foudre endommageant le panneau solaire					x	1	1
Vols à mains armées et conflits fonciers et cas d'insécurité	x	x	x	x	x	10	15

3.3 CATÉGORISATION DES ÉVÈNEMENTS DÉSTABILISANTS

La figure 2 reprend tous les événements répertoriés dans la Zone de Santé de Katana par catégorie. La grande majorité d'évènements survenus sont en lien avec l'organisation et le fonctionnement de la Zone de Santé.

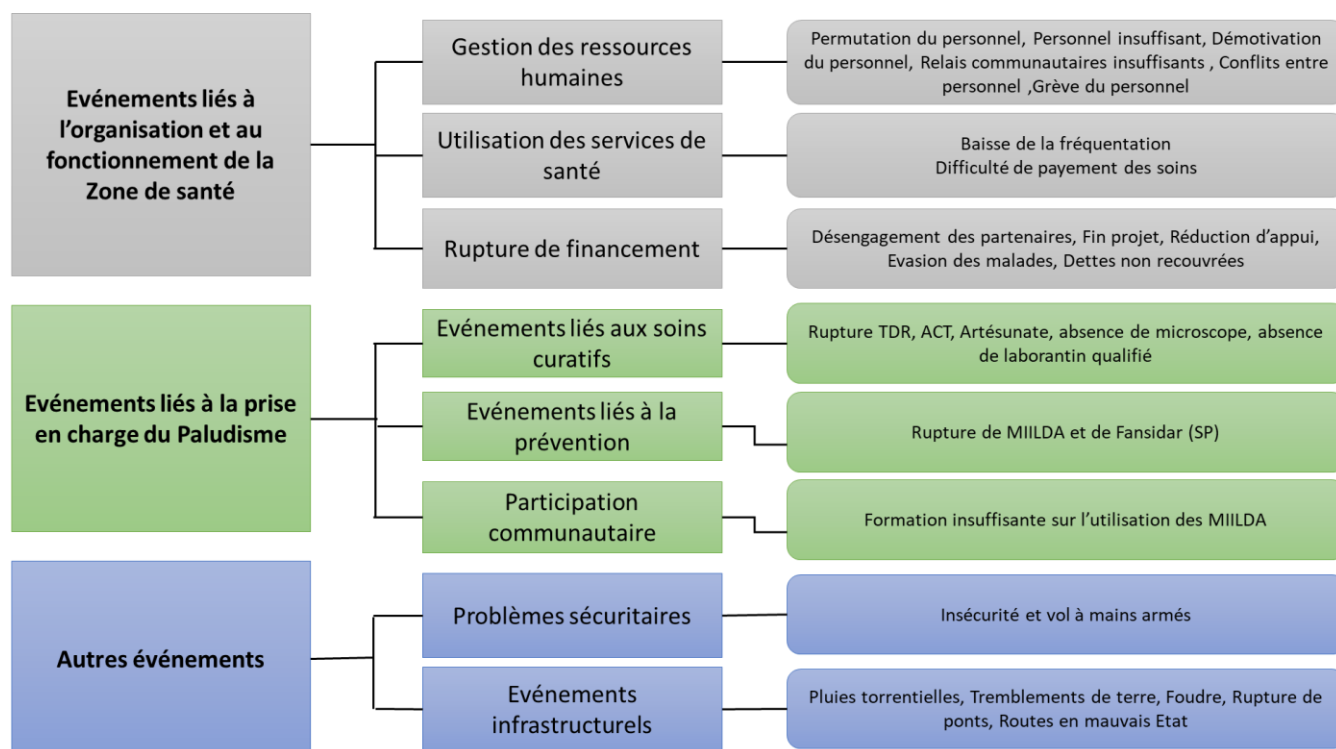


Fig. 2. Catégorie d'évènements

3.4 INFLUENCE DES ÉVÈNEMENTS D'INSTABILITÉ SUR LE PALUDISME

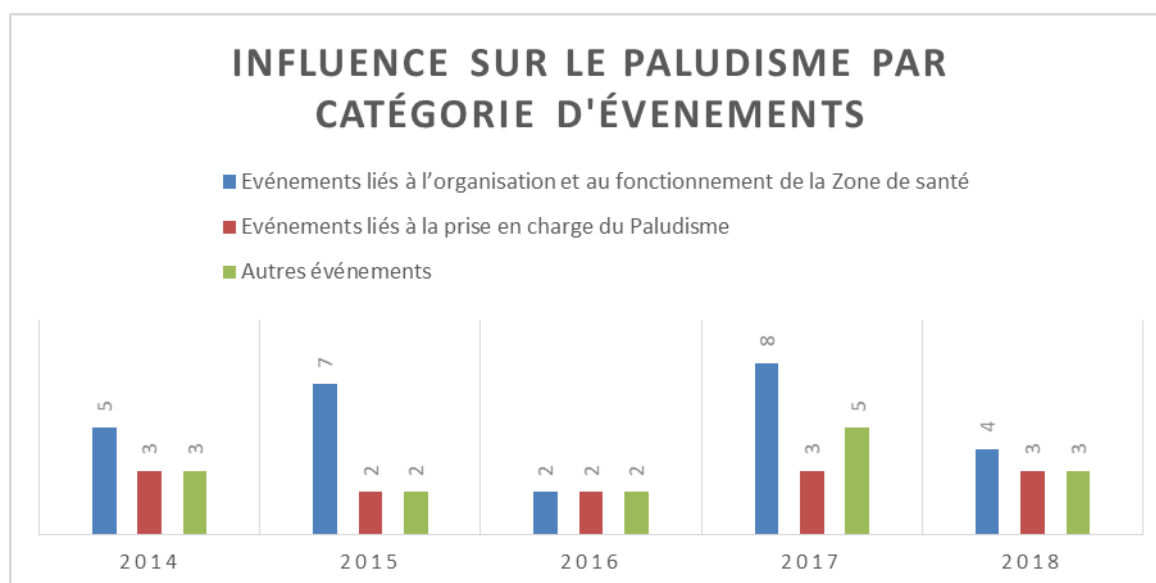


Fig. 3. Influence sur le paludisme par catégorie d'événements d'instabilité

Les événements de type 1 (événements d'ordre organisationnels et fonctionnels) sont les plus importants en ordre de fréquence chaque année. L'on remarque un pic de ce type d'événements en l'année 2017 (année 4), pic qui coïncide avec la remontée en flèche du nombre des cas de paludisme enregistrés dans la zone de santé (Figure 3).

3.5 SITUATION DU PALUDISME AU COURS DE LA PÉRIODE DE 2014 À 2018

La tendance de l'évolution de nouveaux cas atteints de paludisme entre 2014 et 2018 est similaire tant pour les enfants de moins de cinq ans que pour les femmes enceintes et les personnes de 5 ans et plus (Figures 4, 5 et 6) et corroborent l'évolution globale de tous les cas (Figure 3). La tendance de l'évolution des décès est par contre différente, celle des enfants de moins de 5 ans dicte la tendance globale des décès par paludisme entre 2014 et 2018 (Figure 4 et 5 similaires et très différentes des figures 6 et 7 en ce qui concerne les décès). La tendance des courbes de nouveaux cas et celles des décès sont fortement superposables si on considère l'ensemble des cas (Figure 4) et les cas chez les enfants de moins de 5 ans (Figure 5). Par contre cette superposition n'est pas effective chez les femmes enceintes (Figure 6) ni chez les 5 ans et plus (Figure 7). La mortalité par paludisme semble ainsi affecter plus les enfants de moins de 5 ans.

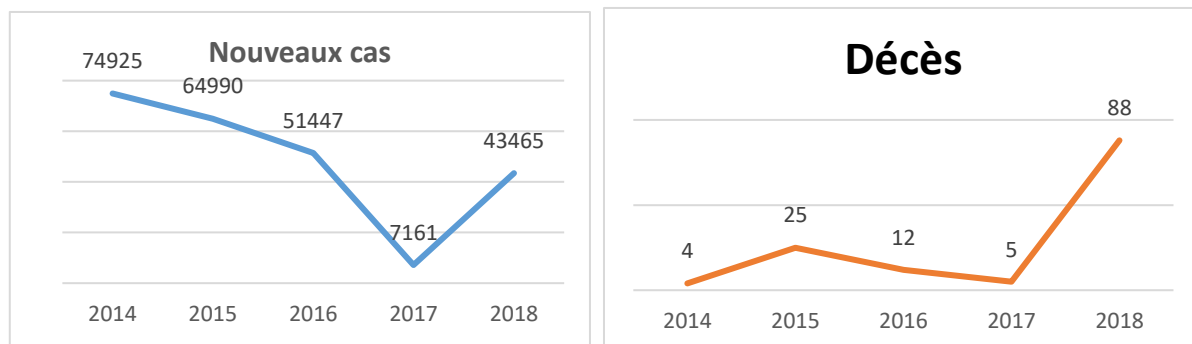


Fig. 4. Evolution de la morbidité et de la létalité globale par paludisme dans la ZS de Katana entre 2014 et 2018

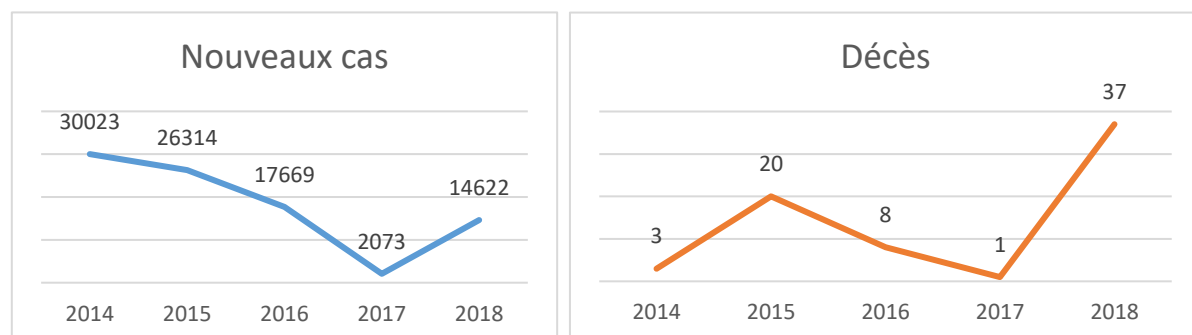


Fig. 5. Evolution de la morbidité et de la létalité par paludisme chez les moins de 5 ans dans la ZS de Katana entre 2014 et 2018

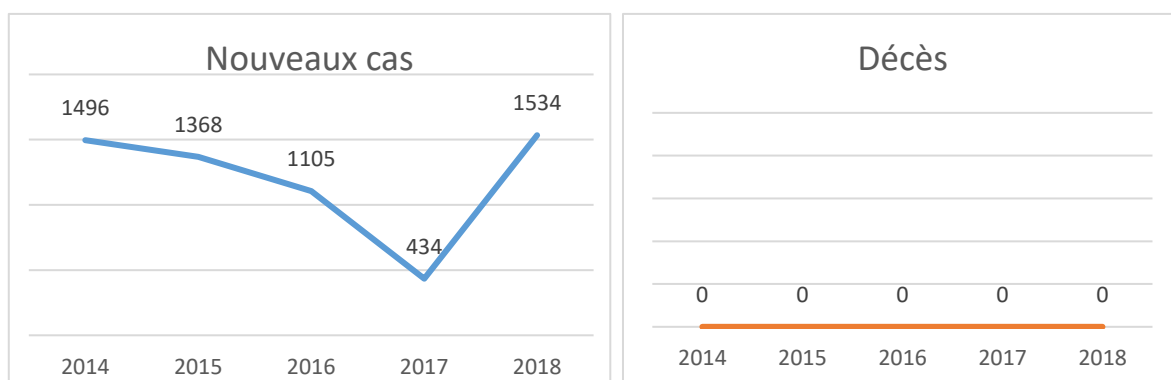


Fig. 6. Evolution de la morbidité et de la létalité par paludisme chez les femmes enceintes dans la ZS de Katana entre 2014 et 2018

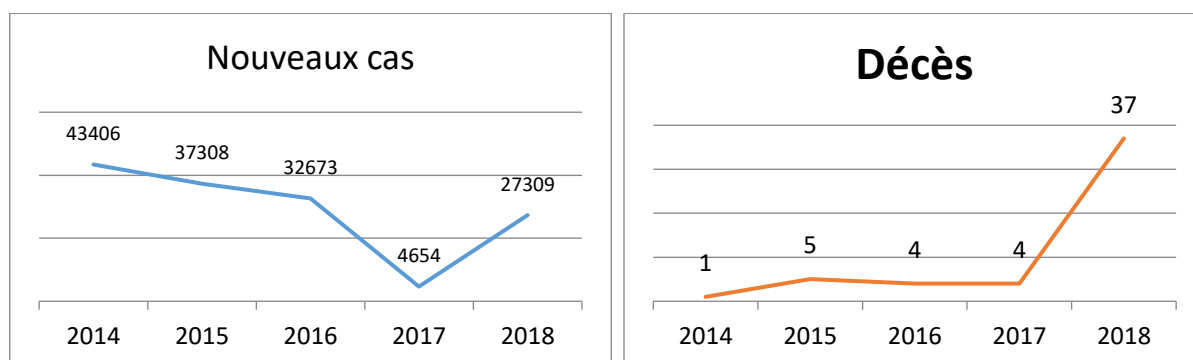


Fig. 7. Evolution de la morbidité et de la létalité par paludisme chez les plus de 5 ans dans la ZS de Katana entre 2014 et 2018

3.6 PERCEPTION DES ACTEURS CLES

3.6.1 MORBIDITÉ LIÉE AU PALUDISME

Les acteurs interrogés associent les baisses des nouveaux cas de Paludisme observés entre 2014 et 2017 à la campagne de distribution et de sensibilisation à l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée d'action à travers le PNLP (I3, I4, I5, I6, I7, I8). Une des personnes interrogées s'exprime en ces termes: " *La baisse des cas de paludisme est dû à la distribution de masse des moustiquaires*".^{I8}

Ces mêmes acteurs associent par contre l'augmentation de nouveaux cas en 2018 à une mauvaise utilisation des MIILDA par la majorité de la population (I4, I5, I7, I8), à une diminution de l'efficacité des MIILDA face aux moustiques (I7, I8) mais aussi à une diminution de la sensibilisation par rapport à l'usage des MIILDA (I6). L'approvisionnement difficile en tests rapides de diagnostic de paludisme (I3) a été également mis en cause.

Alors que l'augmentation de la concurrence que représentent les centres de soins informels non intégrés au système sanitaire (I1, I2), la distribution en masse des moustiquaires (I3, I4, I5, I6, I7, I8) et la contre campagne en période de conflits entre chef de localité et le BCZ (I4) ont été évoqué pour justifier les baisses des nouveaux cas de paludisme observées; la mauvaise utilisation des moustiquaires ou leur utilisation pour d'autres fins (pêche, construction), la perte de l'efficacité de vieilles moustiquaires, la résistance de moustiques aux insecticides usuels et l'augmentation de capacité diagnostique avec la présence des tests rapide pour le paludisme justifieraient par contre l'augmentation de nouveaux cas en 2018.

3.6.2 MORTALITÉ LIÉE AU PALUDISME

Les acteurs I4, I6, I7, I8 soutiennent que les recours tardifs aux centres de Santé à cause de la pauvreté et /ou de l'automédication et/ ou du passage préalable dans des dispensaires informels et chambres de prières ont été à la base de la forte mortalité des enfants de moins de 5 ans. Les acteurs I1, I2, I3, I8 évoquent aussi le fait que certains malades sont transférés vers l'hôpital mais n'y arrivent pas vivants à cause du long trajet ou sont transférés tardivement.

Les acteurs interrogés sont tous d'accord sur le fait qu'une bonne prise en charge et bonne sensibilisation chez les femmes enceintes en consultation prénatale entre 2013 et 2018 a permis d'éviter totalement les décès liés au paludisme chez elles durant cette période.

Le désengagement des partenaires financiers (I1, I2); les consultations tardives (I1, I2, I3, I4, I6, I7, I8); une prise en charge inadéquate (I3); la pauvreté de la population (I6, I7) et l'automédication (I8) sont évoqués pour expliquer l'augmentation de nombre de décès en 2018.

Le grand nombre de décès dû au paludisme chez les enfants de moins de 5 ans durant la période d'étude s'explique par les recours tardifs liés aux problèmes financiers ou aux consultations en première intention dans les centres pirates ou encore aux transferts non effectifs à cause de trajets longs et par moment aux routes non praticables.

"*La première cause de forte mortalité des enfants de moins de 5 ans est la communauté elle-même, par ce que il y a beaucoup de pharmacies autorisées par la hiérarchie; avant d'aller à l'hôpital le malade se soigne d'abord lui-même et ne vient à l'hôpital une fois que c'est compliqué. Ce n'est pas un problème d'argent parce que nous ne demandons pas en premier l'argent lorsqu'il s'agit d'un petit enfant*".^{I6}

3.6.3 UTILISATION DES SERVICES

Certains acteurs évoquent le problème liés aux financements de soins, l'appauvrissement de la population, le retard de prise en charge (I1, I2, I4, I6, I7) comme événements influençant l'utilisation des services pour le paludisme; d'autres évoquent le problème d'accessibilité à cause des pluies torrentielles (I1, I2, I6, I7) et d'autres encore le désengagement et fin des projets Prosani plus et AAP (I3, I6, I7, I8)

3.6.4 MÉCANISMES D'ADAPTATION

Toutes les structures sanitaires de la zone de Katana ont subi à un moment donné ou un autre une série de changements au courant de notre période d'étude. Ces changements ont entraîné plusieurs perturbations. Pour maintenir une certaine constance dans le fonctionnement du système, ces structures ont initié certains mécanismes d'adaptation pour s'en sortir.

Les mécanismes suivant ont été mis en place pour faciliter la continuité / l'adaptation au changement (Figure 8):

Les mécanismes suivant ont été mis en place pour faciliter la continuité / l'adaptation au changement:

1. Mécanismes visant la mobilisation des ressources:

- Sensibilisation de la population par le CODESA par rapport au paiement des frais des soins.
- Auto-prise en charge des structures au retrait des partenaires I6, I7, I8, I4, I1, I2
- Utilisation des stocks des médicaments constitués pendant la période d'appui I8, I4;
- Réduction de certaines dépenses en privilégiant les priorités des centres de Santé I6, I7, I4, I3

2. Mécanismes visant l'amélioration de l'accès financier aux soins par la population

- Révision des tarifications à la baisse avec comme conséquence l'augmentation de la fréquentation I6, I7
- Gratuité des certains examens de laboratoire I6, I7
- Adhésion à la mutuelle de santé, bien que cela reste encore à améliorer I6, I7

3. Mécanismes visant la rationalisation de la gestion du centre de santé

- Le rabais de prime du personnel en attendant des nouveaux partenaires I5
- Utilisation effective de l'ordinogramme pour réduire les prescriptions abusives des médicaments I4
- Réduction des conflits de relation entre le chef de localité et l'Equipe cadre du BCZ en vue d'une bonne collaboration I4: En effet le chef de localité est un agent clé dans la sensibilisation de la population à l'utilisation des services de Santé.

Fig. 8. Mécanismes d'adaptation

Les mécanismes d'adaptation que la zone a déployée face aux différents événements susceptibles d'entraver son bon fonctionnement sont essentiellement d'ordre interne. Le personnel de la zone de santé a dû prendre sur soi et parfois consentir à quelques sacrifices, sans recourir à une aide extérieure autre que le concours de la population locale pour certains types de problèmes.

4 DISCUSSION

Les objectifs poursuivis par notre étude étaient d'identifier les événements de vulnérabilité du système sanitaire dans la zone de santé de Katana, d'analyser l'influence des événements sur le fonctionnement du système sanitaire en ce qui concerne l'évolution de l'incidence du paludisme et de décrire les mécanismes adaptatifs adoptés par cette zone en période de vulnérabilité.

Les principales limites de ce travail sont essentiellement d'ordre méthodologique. Il s'agit de la difficulté à atteindre l'ensemble des acteurs des centres de santé et notamment les infirmiers titulaires pour les entrevues ainsi que la complexité à analyser les informations détaillées par chacune des aires de santé de la Zone de santé de Katana. Les informations collectées au niveau des aires de santé, ramenées à l'ensemble de la Zone de santé, ne reflètent pas nécessairement la situation de certaines aires sanitaires. Nous avons pris le soin de préciser dans la figure 1 les aires de santé concernées par les événements identifiés. Une autre limite méthodologique, le recours à des informateurs-clés pour l'identification des événements déstabilisants qui se sont produits dans la zone durant les 5 années de l'étude, pourrait exposer à collecter des informations erronées du fait d'un biais de mémoire. Pour mitiger cette limite, nous avons donc pris soin de ne recourir qu'à des informateurs ayant une ancienneté d'au moins 5 ans dans la zone. Nous avons aussi triangulé les informations fournies par les informateurs par celles recueillies dans les rapports de fonctionnement de la zone de santé. Inversement, les informateurs nous ont permis de valider les événements recueillis dans les rapports comme ayant un impact sur la lutte contre le paludisme dans la zone.

Dans les paragraphes qui suivent, nous discutons les résultats concernant (1) les événements identifiés; (2) l'évolution de la morbidité et de la mortalité liées au paludisme, (3) les liens entre événements et évolution de la morbidité et mortalité liée au paludisme et (4) les mécanismes mis en place pour renforcer la résilience de la ZS dans la lutte contre le paludisme face aux événements intervenus.

4.1 LES ÉVÉNEMENTS IDENTIFIÉS

Les principaux événements déstabilisants identifiés sont des problèmes liés à la gestion des ressources humaines, à l'utilisation des services de santé, à la rupture de financement, à la disponibilité des intrants curatifs ou préventifs, à la participation communautaire et des problèmes sécuritaires et infrastructurels.

4.1.1 GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

La gestion des ressources humaines demeure une question capitale dans le fonctionnement et le dynamisme d'un service donné. La qualité du service dépend de la qualité de son personnel [17, 18]. Les instabilités liées à la gestion des ressources humaines identifiées dans la présente étude comme la permutation du personnel, l'insuffisance du personnel qualifié, la démotivation du personnel faiblement rémunéré, les conflits entre personnel et le grève du personnel ont eu un effet négatif sur le fonctionnement des centres de santé de la ZS de Katana en termes de défis de la gestion des ressources humaines. De telles instabilités entraînent inévitablement un mauvais fonctionnement du service et par voie de conséquence un résultat insuffisant voir médiocre par rapport aux objectifs du service [18, 19].

4.1.2 UTILISATION DES SERVICES, RUPTURE DE FINANCEMENT ET DISPONIBILITÉ DES INTRANTS

Les événements liés à l'utilisation des services identifiés concernent essentiellement la difficulté à payer les frais par les ménages. L'utilisation des services de santé de base est l'un des facteurs clefs favorisant une meilleure santé des populations. À côté de la qualité des services, d'autres facteurs liés à l'individu (âge, sexe, niveau d'études du chef de ménage...), à son environnement [20] et au faible pouvoir d'achat des ménages [21-23] sont évoqués. Dans les pays en développement, le paiement des soins par des tiers payants [24, 25] ou par des financements externes permettent de lever la barrière financière d'accès aux services de santé. L'interruption du financement à la suite du départ de certains partenaires de la zone de santé de Katana a entraîné la rupture en stock de certains médicaments et consommables dont ceux nécessaires à la lutte contre le paludisme dont les coûts sont exorbitants [26].

4.1.3 PARTICIPATION COMMUNAUTAIRE

L'événement identifié, associé à la participation communautaire, est la réduction du nombre de relais communautaire dans certaines aires de santé de la zone de santé de Katana, à la suite notamment du départ des partenaires techniques et financiers. Le rôle des relais communautaires dans la lutte contre le paludisme est largement documenté [27-29].

4.1.4 PROBLÈMES SÉCURITAIRES ET INFRASTRUCTURELS

Notre étude a identifié plusieurs cas d'insécurité sous forme de vols à mains armées dans la Zone de santé de Katana. Ces cas de vol, dans la communauté comme dans certaines structures médicales, ont produit un impact négatif sur le quotidien de cette population. Ceci rejoint les recherches qui ont été faites en 2017 par Stearns J et Vogel C. soutenant que l'Est de la RDC

est sujet à des instabilités récurrentes conduisant à des zones de conflits armés qui déstabilisent le système de santé [30]. Les conséquences des instabilités ont également été documentées dans plusieurs régions de l'Afrique comme en Ouganda [31], au Zimbabwe [32], au Soudan du Sud [33] ou dans les Haut-plateaux au Sud-Kivu [34] avec des conséquences sur l'utilisation des services.

4.1.5 AUTRES ÉVÈNEMENTS CONTEXTUELS

Des événements externes au système de santé sont survenus, notamment des fortes pluies torrentielles, la création de 9 postes privées, le séisme et la dégradation de la route menant vers certains centres de santé avec endommagement des ponts. Ces situations ont influencé l'accès physique aux centres de santé. La création de 9 postes privés a mis en situation de concurrence les centres de santé.

4.2 LA SITUATION PALUSTRE ENTRE 2014-2018

L'évolution de nouveaux cas atteints de paludisme entre 2014 et 2018 a une même tendance aussi bien pour les enfants de moins de cinq ans que pour les femmes enceintes et les personnes de 5 ans et plus; et corroborent l'évolution globale de tous les cas. L'évolution des décès est par contre différente, celle des enfants de moins de 5 ans dicte la tendance globale des décès par paludisme entre 2014 et 2018. La tendance des courbes de nouveaux cas et celles des décès sont fortement superposables si on considère l'ensemble des cas et les cas chez les enfants de moins de 5 ans. Par contre cette superposition n'est pas effective chez les femmes enceintes ni chez les 5 ans et plus. La mortalité par paludisme semble ainsi affecter plus les enfants de moins de 5 ans avec une moyenne de 37.4%. Ceci corrobore les résultats d'une étude faite en 2008 à l'hôpital pédiatrique de Lwiro avec une prévalence à l'admission de 35,8 % [35].

4.3 MÉCANISMES VISANT LE RENFORCEMENT DE LA RÉSILIENCE

Face aux différentes instabilités rencontrées (principalement des vols à mains armées, les conflits fonciers, les cas d'insécurité, la baisse de la fréquentation, l'absence de laborantin qualifié, les difficultés à payer les frais des soins) dans la zone de Santé de Katana au courant de la période d'étude, les gestionnaires ont développé différents mécanismes d'adaptation afin de maintenir le fonctionnement des structures sanitaires. Ces mécanismes sont des mécanismes visant la mobilisation des ressources [36] pour faire face au faible pouvoir d'achat des ménages [23], l'amélioration de l'accès financier aux soins par la population [37, 38] et la rationalisation de la gestion du centre de santé. Une étude menée dans la même ZS sur la gestion adaptative des CS [9] mentionne d'autres groupes de mécanismes adaptatifs mis en place par les CS, pouvant compléter ces derniers, notamment la bonne collaboration entre divers acteurs, la mise en place des procédures pour la bonne gestion de l'aide financière, l'élaboration et l'application de nouvelles directives et normes, l'exercice d'un leadership par des responsables, le renforcement de la supervision des CS et la redynamisation de la participation communautaire. En situation critique ou de vulnérabilité, la mise en place des interventions d'urgence couplées à l'organisation des services équitables constitue un autre mécanisme pouvant assurer la performance d'une Zone de santé [39]. D'autres études ont montré la place importante des acteurs de santé dans l'absorption d'une crise au travers des mécanismes de leur concertation [31, 33, 40].

5 CONCLUSION

L'étude démontre la précarité d'un système de santé dépendant fortement de l'aide humanitaire. Celle-ci se manifeste immédiatement après le désengagement des partenaires financiers dans la zone de santé avec des effets sur la mortalité, surtout infantile; la faible implication du gouvernement dans le soutien aux structures confrontées aux méfaits des catastrophes comme le tremblement de terre et pillages, rendant ces structures plus vulnérables et mal préparées à gérer les conséquences de ces catastrophes; la pauvreté de la population la rendant inaccessible aux soins de santé en dépit de la baisse des tarifs et la résilience des centres de santé à la suite de la mise en place des mécanismes endogènes d'adaptation. L'étude n'a pas pu explorer le niveau de performance des structures sanitaires de la Zone de santé malgré leur résilience d'où la nécessité d'explorer cette piste lors de recherches ultérieures.

REFERENCES

- [1] Ahoua, L., et al., High mortality in an internally displaced population in Ituri, Democratic Republic of Congo, 2005: results of a rapid assessment under difficult conditions. *Global Public Health*, 2006. 1 (3): p. 195-204.
- [2] Control, C.f.D. and Prevention, Elevated mortality associated with armed conflict--Democratic Republic of Congo, 2002. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 2003. 52 (20): p. 469-471.
- [3] Depoortere, E. and F. Checchi, Pre-emptive war epidemiology: lessons from the Democratic Republic of Congo. *The Lancet*, 2006. 367 (9504): p. 7-9.
- [4] Mukengere Mukwege, D. and C. Nangini, Rape with extreme violence: the new pathology in South Kivu, Democratic Republic of Congo. *PLoS Medicine*, 2009. 6 (12): p. e1000204.
- [5] Fenton, G., Coordination in the great lakes. *Forced Migration Review*, 2003. 18 (18): p. 23-4.
- [6] Karemere Bimana, H., Gouvernance hospitalière adaptative en contexte changeant: étude des hôpitaux de Bunia, Logo et Katana en République démocratique du Congo. 2013, UCL-Université Catholique de Louvain.
- [7] Makali, S.L., et al., Comparative analysis of the health status of the population in six health zones in South Kivu: a cross-sectional population study using the WHODAS. *Conflict and health*, 2021. 15 (1): p. 1-11.
- [8] Karemere, H., et al., Analyzing Katana referral hospital as a complex adaptive system: agents, interactions and adaptation to a changing environment. *Conflict and health*, 2015. 9 (1): p. 1-10.
- [9] Kenanewabo, N., C. Molima, and H. Karemere, gestion adaptative des centres de santé dans un environnement changeant en République démocratique du Congo. *Sante Publique*, 2020. 32 (4): p. 359-370.
- [10] Kruk, M.E., et al., What is a resilient health system? Lessons from Ebola. *The Lancet*, 2015. 385 (9980): p. 1910-1912.
- [11] Amat-Roze, J.-M., La santé en Afrique sub-saharienne, entre avancées, recul et renouveau (Health in sub-Saharan Africa, between progress, setbacks and renewal). *Bulletin de l'Association de géographes français*, 2010. 87 (1): p. 105-118.
- [12] Bigirinama, R., et al., Environmental and anthropogenic factors associated with increased malaria incidence in South-Kivu Province, Democratic Republic of the Congo. *Tropical Medicine & International Health*, 2020. 25 (5): p. 600-611.
- [13] Ren, M., Greater political commitment needed to eliminate malaria. *Infectious diseases of poverty*, 2019. 8 (1): p. 1-4.
- [14] DPS, Pyramide sanitaire 2019: Cartographie sanitaire de la province du Sud-Kivu. Division Provinciale de la Santé, Sud-Kivu, RD Congo, 2019. 2019.
- [15] Guével, M.-R. and J. Pommier, Recherche par les méthodes mixtes en santé publique: enjeux et illustration. *Santé publique*, 2012. 24 (1): p. 23-38.
- [16] Pinard, R., P. Potvin, and R. Rousseau, Le choix d'une approche méthodologique mixte de recherche en éducation. *Recherches qualitatives*, 2004. 24 (1): p. 58-80.
- [17] Karemere, H., Analyse des attitudes et comportements des médecins et infirmiers en tant que levier stratégique de la gestion des ressources hospitalières. *Pan African Medical Journal*, 2015. 21 (1).
- [18] OMS, Ressources humaines pour la santé: stratégie mondiale à l'horizon 2030. Genève: Organisation mondiale de la Santé, 2016.
- [19] Stovall, J.G., M. Hobart, and J.L. Geller, The impact of an employees' strike on a community mental health center. *Psychiatric Services*, 2004. 55 (2): p. 188-191.
- [20] Munyamahoro, M. and J. Ntaganira, Déterminants de l'utilisation des services de santé par les ménages du district de Rubavu. 2012.
- [21] Philippe, C.M., et al., Facteurs déterminants la faible utilisation par le ménage du service curatif dans la zone de santé de Pweto, province du Katanga, République Démocratique du Congo en 2013. *Pan African Medical Journal*, 2015. 21 (1).
- [22] Wilkinson, D., et al., Effect of removing user fees on attendance for curative and preventive primary health care services in rural South Africa. *Bulletin of the World Health organization*, 2001. 79: p. 665-671.
- [23] Konate, M.K., B. Kanté, and F. Djènèpo, Politique de santé communautaire et viabilité économique et sociale des centres de santé communautaires au Mali: Etude de cas en milieu urbain et rural (Draft). En ligne]. Disponible sur: [http://www.unrisd.org/80256B3C005BCCF9/\(httpAuxPages\)/F4478C9C2C2D0794C1256E200039D082/\\$file/konate.pdf](http://www.unrisd.org/80256B3C005BCCF9/(httpAuxPages)/F4478C9C2C2D0794C1256E200039D082/$file/konate.pdf). [Consulté le: 15-déc-2019], 2003.
- [24] Bashi, J., et al., Mutuelles de santé à Bukavu en République Démocratique du Congo: facteurs favorables à l'utilisation des services de santé par des adhérents. *The Pan African Medical Journal*, 2020. 35.
- [25] Doumbouya, M.L., Accessibilité des services de santé en Afrique de l'Ouest: le cas de la Guinée. 2008.
- [26] Nkemba, B., et al., Prise en charge et coût des soins d'un épisode du paludisme dans la zone de santé de Miti-Murhesa, République Démocratique du Congo [Taking in charge and cost of malaria treatment in Miti-Murhesa health zone, Democratic Republic of Congo]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2014. 8 (3): p. 920.
- [27] Karemere, H., et al., Une expérience d'implantation des sites des soins communautaires en République Démocratique du Congo [Integrated community case management: An experience from the Democratic Republic of Congo]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2017. 20 (1): p. 42-51.

- [28] Faye, S.L., Responsabiliser les relais communautaires pour le traitement préventif intermittent saisonnier du paludisme (TPI) au Sénégal: enjeux, modalités, défis. Autrepart, 2012 (1): p. 129-146.
- [29] André, A.M.C.M. and K.C. Adolphe, Implication des «relais communautaires» dans un projet d'essai clinique: exemple du développement d'un vaccin sur le paludisme placentaire chez les femmes enceintes à Sô-Ava (Sud-Bénin).
- [30] Stearns, J. and C. Vogel, The landscape of armed groups in Eastern Congo: fragmented, politicized networks. Kivu security tracker, 2017 (December).
- [31] Namakula, J. and S. Witter, Living through conflict and post-conflict: experiences of health workers in northern Uganda and lessons for people-centred health systems. Health policy and planning, 2014. 29 (suppl_2): p. ii6-ii14.
- [32] Chirwa, Y., et al., Deployment of human resources for health in Zimbabwe: synthesis report. Liverpool: ReBUILD, 2016.
- [33] Cometto, G., G. Fritsche, and E. Sondorp, Health sector recovery in early post-conflict environments: experience from southern Sudan. Disasters, 2010. 34 (4): p. 885-909.
- [34] OCHA, Faits saillants: aperçu de la situation: besoins et réponse humanitaire: Sud-Kivu et Maniema. 2015. 2: p. 1-6.
- [35] Mitangala Ndeba, P., et al., Malnutrition protéino-énergétique et morbidité liée au paludisme chez les enfants de 0-59 mois dans la région du Kivu, République Démocratique du Congo. Med trop, 2008. 68 (1): p. 51-57.
- [36] Baxerres, C. and J.-Y. Le Hesran, Quelles ressources familiales financent la santé des enfants? Revue Tiers Monde, 2010 (2): p. 149-165.
- [37] Ridde, V., et al., Améliorer l'accessibilité financière des soins de santé au Burkina Faso: Une stratégie de recherche potentiellement favorable à l'utilisation des données probantes. Global Health Promotion, 2011. 18 (1): p. 110-113.
- [38] Soors, W., M.-P. Waelkens, and B. Criel, La micro-assurance santé en Afrique sub-saharienne: une opportunité pour améliorer l'accès aux soins obstétricaux d'urgence? Réduire les barrières financières aux soins obstétricaux dans les pays à faibles ressources, 2008.
- [39] Porignon, D., Adéquation des systèmes de santé de district en situation critique: expériences dans la Région des Grands Lacs africains. 2003, Université libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
- [40] Ager, A.K., et al., Health service resilience in Yobe state, Nigeria in the context of the Boko Haram insurgency: a systems dynamics analysis using group model building. Conflict and health, 2015. 9 (1): p. 1-14.

Rédaction d'un article scientifique en ingénierie et sciences appliquées

[Writing a scientific article in engineering and applied sciences]

Meni Babakidi Narcisse¹ and Kinyoka Kabalumuna God'El²

¹Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Section Electronique, Kinshasa, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2022 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: To publicize the results of research carried out in the fields of engineering and applied sciences, and in any other specialty, it is necessary to write a scientific article. This has a specific format called IMRAD method, which includes introduction, methods, results and discussion. In it, graphs, tables, figures and own designs of the methods used in the study can be included. A set of tools and general recommendations are offered to students and researchers in engineering and applied sciences in order to improve their preparation for the challenge of communicating science to their peers, the general public and decision makers. Suggestions for the typical preparation of a manuscript, recommendations for good practice in writing scientific articles and links to resources available on the web are included in the article.

KEYWORDS: Scientific article, IMRAD method, scientific writing and impact factor.

RESUME: Pour faire connaître les résultats des recherches menées dans les domaines de l'ingénierie et sciences appliquées, et dans toute autre spécialité, il est nécessaire de rédiger un article scientifique. Celui-ci a un format spécifique appelé méthode IMRAD, qui comprend l'introduction, les méthodes, les résultats et la discussion. Dans celui-ci, des graphiques, des tableaux, des figures et des conceptions propres des méthodes utilisées dans l'étude peuvent être inclus. Un ensemble d'outils et de recommandations générales sont proposés aux étudiants et chercheurs en ingénierie et en sciences appliquées afin d'améliorer leur préparation au défi de communiquer la science à leurs pairs, au grand public et aux décideurs. Des suggestions pour la préparation typique d'un manuscrit, des recommandations de bonnes pratiques dans la rédaction d'articles scientifiques et des liens vers des ressources disponibles sur le web sont incluses dans l'article.

MOTS-CLEFS: Article scientifique, méthode IMRAD, rédaction scientifique et facteur d'impact.

1 INTRODUCTION

Rédiger un article scientifique peut être une tâche frustrante et déchirante en raison de plusieurs facteurs. L'un d'eux peut être de ne pas savoir comment il est construit, quel est le format approprié et quelles informations, de tout ce qui est disponible à partir de la recherche, vont y être incluses.

Un autre facteur est de croire qu'il est difficile d'écrire avec des termes techniques ou des idiomes du domaine ou de la discipline dans laquelle l'étude est menée. Un autre pourrait être de ne pas savoir où le publier et donc de ne pas connaître les exigences pour une telle chose.

Il peut arriver qu'une recherche pertinente soit déjà terminée et que la diffusion n'ait pas lieu en raison des situations soulevées précédemment. Cela peut retarder la publication, la bloquer dans le bureau ou, dans le pire des cas, ne jamais publier du tout.

Le but de cet article est d'essayer de décrire les étapes de rédaction d'un article scientifique publiable dans les domaines de l'ingénierie et sciences appliquées; c'est-à-dire qu'il est structuré et écrit correctement, les options pour le publier.

2 DEVELOPPEMENT

Une fois la recherche terminée, il est nécessaire d'en faire connaître les résultats. Pour sa diffusion, il est nécessaire d'écrire un article et en même temps de chercher des revues où il peut être publié. Mais qu'est-ce que l'article scientifique ?

L'article scientifique est un rapport écrit et publié qui décrit des résultats de recherche originaux, de manière logique, claire et précise [1]. Il est également considéré comme un genre discursif qui permet la production de connaissances, l'avancée scientifique, le développement disciplinaire et comme un élément qui accorde une reconnaissance aux institutions [2].

3 STRUCTURE DE L' ARTICLE SCIENTIFIQUE

La plupart des travaux publiés dans les disciplines scientifiques et d'ingénierie ont une structure typique connue sous le nom de "IMRAD" (Introduction, Methods, Results, And Discussion) [3]. Ce modèle comprend les éléments suivants: titre, résumé ou abstract, Mots-Clefs, introduction, méthodologie, résultats, discussion, conclusions, remerciements (facultatif) et références.

3.1 TITRE

Le titre doit être bref, précisant le sujet; spécifique et simple pour attirer d'abord l'éditeur et le réviseur, puis le lecteur; Il ne doit pas inclure de détails techniques ou d'abréviations et sa longueur ne doit pas dépasser quinze mots [4]. Ceci est écrit en phrase nominale, jamais en phrase.

Il est important de mentionner qu'après le titre, les revues demandent les données des auteurs: noms et prénoms, affiliation, email et/ou code Orcid.

3.2 RESUME

Le résumé ou abstract est rédigé en un seul paragraphe dans lequel sont écrits le problème, l'objectif de l'étude, le matériel, la méthode, les résultats et les conclusions. Ceci est écrit lorsque l'article est terminé et sa longueur est généralement comprise entre 150 et 300 mots. Il convient d'ajouter que le résumé est écrit au passé, à l'exception des conclusions [5]. Les revues indexées en français demandent généralement que le résumé soit rédigé en deux langues: la langue maternelle (français) et l'autre comme l'anglais. Pour surmonter cet obstacle de langues, il existe de multiples ressources en ligne qui peuvent être utiles, telles que: Google Translator disponible en: <https://translate.google.com/> , Dictionnaire en ligne Merriam Webster disponible sur <https://www.merriam-webster.com/> et <https://www.deepl.com/es/translator>.

Dans le résumé, les références ne doivent pas être incluses [6]. Dans la mesure du possible, les abréviations, les acronymes ou les symboles mathématiques ne doivent pas être utilisés, à moins que le type de recherche ne le justifie.

Les auteurs doivent garder à l'esprit que l'objectif est que le lecteur potentiel devienne "accro" à la lecture du résumé et dise : "Hé, c'est intéressant, c'est exactement ce que je cherchais !" et téléchargez son article pour le lire attentivement et le citer le cas échéant.

Actuellement certaines revues suivent la tendance de publier des résumés graphiques (Graphical Abstracts), cela consiste à offrir au lecteur une figure ou une vidéo qui offre une vue illustrative et concise des résultats de la recherche [7], [8], cela se traduit par un moyen rapide et efficace d'augmenter la visibilité de la publication.

3.3 MOTS-CLES

Les mots-clés est la section de l'article scientifique dans laquelle les mots doivent être suffisamment uniques pour identifier votre travail dans l'univers qui existe sur la thématique. Ceux-ci sont écrits dans la langue maternelle et celle indiquée par la revue. Habituellement les limites sont de trois (3) à cinq (5) mots dans l'ordre alphabétique (séparés par des virgules), ces restrictions sont imposées dans les "Instructions aux Auteurs" que chaque Editeur propose à ses auteurs potentiels.

3.4 INTRODUCTION

Une introduction détaillée et correctement citée (parfois aussi appelée Antécédents) donne à votre travail un aspect plus réfléchi. Elle est généralement rédigée au présent et sa rédaction nécessite une connaissance approfondie de la littérature sur le sujet. Cependant, une description détaillée de l'état de l'art actuel et de son contexte montrera l'ampleur et la profondeur des efforts des chercheurs pour résoudre le problème et soulignera indirectement la pertinence et la portée de leurs conclusions.

De même, on souligne que l'introduction répond à la question, quel est le problème?, et part du général vers le spécifique; aussi, elle est liée au contexte scientifique; c'est-à-dire qu'il génère une discussion de l'hypothèse avec des travaux, théories ou concepts antérieurs. La rédaction de cette section se conclut par l'objectif et l'hypothèse proposés.

3.5 METHODOLOGIE

La méthodologie décrit les outils, le matériel, les méthodes et les procédures nécessaires pour obtenir les résultats. Il répond à la question: comment la recherche a-t-elle été menée ? Cette section doit envisager l'approche, le type, le niveau et la conception de la recherche. De plus, il contient l'échantillon, le type d'échantillonnage, les techniques, les instruments de collecte de données, les fondements éthiques et la méthode statistique (détermination de l'échantillon), fiabilisation de la source, analyse et interprétation des résultats. Connor [9] indique que "dans la méthodologie, la description détaillée des techniques, méthodes, analyses statistiques (le cas échéant) et procédures qui ont été suivies pour mener à bien la recherche" sont présentées.

3.6 RESULTATS

Dans cette section, les informations les plus pertinentes ou représentatives de toutes les données obtenues sont enregistrées; c'est-à-dire le résultat principale de l'étude et répond à la question: qu'est-ce qui a été trouvé ? Cette section est considérée comme la contribution à la connaissance scientifique pour ce qui est décrit, les résultats des variables ou catégories mesurées, brièvement et clairement. En ce sens, on souligne que le schéma suivant doit être pris en compte dans les résultats: présentation des résultats; analyse factuelle et statistique des résultats; et l'interprétation de celles-ci ou de nouvelles connaissances, qui est écrite brièvement et clairement, puisque cette partie sera utile pour la discussion.

3.7 DISCUSSION

La discussion répond à la question: que signifie ce qui est trouvé ? Il commence par un résumé montrant la signification des principaux résultats; ensuite, ils sont analysés, comparés et mis en contraste avec les résultats d'autres recherches reconnues et considérées d'avance dans la littérature (introduction), pour pointer les similitudes et indiquer leurs divergences; les limites et les implications de celles-ci dans les recherches futures sont également mentionnées. On souligne que dans cette section, les résultats sont mis en contraste avec d'autres similaires et différents, qui sont également interprétés. S'ils sont quantitatifs, les principaux indicateurs statistiques sont pris en compte: corrélation de Pearson, analyse de régression —R2— et Khi carré.

3.8 CONCLUSION

Les conclusions sont les idées les plus importantes du sujet basées sur les résultats et la discussion de l'étude réalisée, qui représentent l'importance pratique de la recherche pour ses contributions et ses innovations. Ils peuvent être présentés en un seul paragraphe ou numérotés. On souligne que "cette section détaille les conclusions les plus importantes de la recherche".

3.9 REMERCIEMENTS

Cette section est facultative et ne répond à aucune exigence scientifique. De nombreux chercheurs choisissent de le placer pour reconnaître le soutien fourni dans le processus de recherche. On souligne que dans cette session, ceux qui ne peuvent pas être considérés comme co-auteurs doivent être mentionnés, car leur aide n'était que financière, technique, soutien en littérature ou en équipement technologique, conseils dans la préparation de tableaux et d'illustrations, suggestions dans l'exécution de la recherche, des idées pour expliquer les résultats et l'examen préalable de l'article scientifique.

3.10 REFERENCES

Les références sont l'ensemble des sources qui étaye la littérature utilisée dans la rédaction de l'article, elle doit être la plus actuelle possible. Il est recommandé de ne pas dépasser trois ans, car c'est un critère de qualification pour être accepté et publié dans des revues indexées. De même, son inscription répond au style, le plus utilisé dans les revues de sciences appliquées est l'APA où l'on souhaite publier; donc, si vous devez revoir le contenu de l'appel, ses règles et autres copies déjà divulguées, avant d'écrire cette section. En revanche, il est important de considérer les sources les plus citées, car c'est un indicateur de confiance et de validité thématique.

4 ECRIRE CORRECTEMENT LE TRAVAIL

Les auteurs doivent rédiger leur travail avec soin, en prenant soin de la ponctuation, de la grammaire, de l'utilisation correcte des mots, des abréviations et des acronymes; demandez à d'autres collègues d'examiner votre travail de manière critique et de tenir compte de leurs recommandations si tel est le cas. Ils doivent à tout prix éviter l'utilisation de la première personne, des superlatifs ou des jugements de valeur, ou un langage vague ou incohérent. De manière générale, l'utilisation des mots "je" ou "nous" sont des expressions non professionnelles. La voix à la troisième personne est toujours préférée [10].

Concentrez-vous sur la description complète et précise de vos découvertes et la qualité du travail sera évidente; être le plus complet, direct et univoque possible, notamment avec les rubriques: Instruments, Matériels et Méthodes.

Les données doivent être résistantes aux audits, même si l'équipe de recherche a obtenu des résultats inattendus ou non contributifs à la résolution de la question scientifique posée. De nombreuses agences d'édition exigent que les auteurs rendent leurs ensembles de données publics pour une utilisation complète par le public.

La falsification de données et/ou de résultats est considérée comme contraire à l'éthique et donc comme une faute grave dans la communauté scientifique, ses conclusions doivent répondre à tous les objectifs énoncés, même si ces conclusions offrent la possibilité d'élargir l'étude ou de la répéter dans d'autres conditions.

Les résultats doivent être classés dans un ordre logique, du plus important au moins pertinent [11], ainsi que les graphiques, tableaux et illustrations qui les accompagnent.

La discussion doit mettre en évidence les aspects remarquables du travail, ainsi que les nouveaux résultats et leurs implications. Les auteurs se souviennent de relier leurs résultats aux objectifs de l'étude. De plus, gardez à l'esprit qu'il est conseillé de relier votre recherche à d'autres similaires.

Dans tous les cas, les auteurs doivent respecter scrupuleusement les "Instructions aux Auteurs" proposées par chaque Editeur comme dans <http://ijias.issr-journals.org/authors.php>.

Eviter le plagiat (même involontaire), car il est considéré comme une faute grave au sein de l'éthique scientifique, c'est pourquoi les auteurs doivent veiller à citer intégralement toutes les sources qu'ils utilisent. De même, les auteurs doivent apporter un soin particulier à la transcription correcte des noms des auteurs cités, de leurs Identifiants Numériques (si disponibles), du titre de l'ouvrage référencé, de la date et de son support de publication.

5 PUBLICATION D'UN ARTICLE SCIENTIFIQUE

Les articles, considérés comme la contribution à la connaissance, ne sont complétés que lorsqu'ils sont partagés avec la communauté académique et scientifique, parce que, de cette manière, le développement des différents domaines de la science est réalisé. Dans ce processus, les universités jouent un rôle prépondérant, devenant précurseurs dans la construction des savoirs, dont le support le plus représentatif est l'article scientifique.

5.1 INDICATEURS DE QUALITE DES REVUES SCIENTIFIQUES

Les revues scientifiques ont leurs propres critères pour mesurer leur qualité, initiés par Eugene Garfield en 1995, créateur du facteur d'impact [12]. Par la suite, des indicateurs tels que l'indice d'immédiateté, l'indice H, l'indice G et le quartile ont été ajoutés. Actuellement et Source Normalized Impact per Paper (SNIP) ont été inclus. Ensuite, il est expliqué en quoi consiste chacun d'eux.

5.1.1 FACTEUR D'IMPACT

Le facteur d'impact, est l'indice qui mesure la fréquence à laquelle une revue est citée au cours d'une année. Son calcul est obtenu à l'aide de la formule suivante: $A = B/c$, où **A** est le facteur d'impact d'une année, **B** indique le nombre de citations de la revue au cours des deux années précédentes et **c** le nombre d'articles publiés par la revue en ces deux années précédentes.

5.1.2 INDICE IMMEDIATETE

L'indice d'immédiateté, consiste en la rapidité avec laquelle les articles publiés dans la revue sont cités. Il est obtenu à l'aide de la formule suivante: $I = D/e$ dans laquelle **I** indique l'indice d'immédiateté dans une année, **D** le nombre de citations dans la même année et **e** le nombre d'articles publiés cette année-là dans la revue.

5.1.3 INDICE H

L'indice H, proposé par Jorge Hirsch en 2005, consiste à mesurer la qualité et la quantité de la production scientifique, ce qui permet d'identifier le chercheur le plus remarquable au sein d'une discipline de la connaissance. Il s'obtient en ordonnant le nombre de publications par ordre décroissant, avec le nombre de citations, qui doivent coïncider. Par exemple, si nous avons un indice $H = 5$, cela signifie qu'il y a cinq publications citées, minimum, 5 fois chacune).

5.1.4 INDICE G

L'indice G, proposé par Leo Egghe en 2006, mesure également une productivité bibliométrique similaire à celle de l'indice H. Il est obtenu en ordonnant le nombre de publications par le nombre de citations par ordre décroissant et additionne le nombre de citations cumulées reçues et le numéro de la position au carré. Actuellement, il n'est appliqué que par le gestionnaire Publish ou Perish.

5.1.5 QUARTILE

Le quartile, mesure la position d'une revue par rapport aux autres dans son domaine. Il est obtenu en choisissant une liste de revues classées du plus haut au plus bas selon le facteur d'impact, puis en la divisant en quatre parties égales, obtenant ainsi le quartile. Ceux avec le facteur d'impact le plus élevé seront situés dans le premier quartile, tandis que ceux avec le facteur d'impact le plus faible seront dans le dernier quartile. Par exemple, si nous avons une liste de cent revues d'une même spécialisation, les quatre quartiles seront Q1: 1-25, Q2: 26-50, Q3: 51-75, Q4: 76-100.

5.1.6 SOURCE NORMALIZED IMPACT PER PAPER (SNIP)

Source Normalized Impact per Paper (SNIP), a été créé par l'Université de Leiden afin de comparer l'impact des revues de différents domaines. Il mesure son impact en fonction du nombre total de citations dans un domaine de connaissance dans lequel sa valeur est plus élevée lorsqu'il est cité moins fréquemment dans des domaines de recherche; au contraire, dans les œuvres à fréquence thématique plus élevée, sa valeur est plus faible.

5.2 PROCESSUS DE PUBLICATION

La publication d'articles scientifiques est la dernière étape de la recherche. Si un texte académique est un produit cohérent, avec une rigueur logique et bien écrit, il facilite sa diffusion. Pour publier un article scientifique vous devez prendre en compte:

- Clarté dans l'approche et la vision de la recherche. En ce sens, vous devez répondre aux questions suivantes: La recherche à effectuer soutient-elle l'avancement des connaissances ? L'étude à réaliser est-elle innovante ou inédite ? S'il répond à ces questions, alors sa diffusion est souhaitable.
- Écrivez avec précision. C'est-à-dire avec simplicité, direct et fluide dans le but de faciliter sa compréhension.
- Enquêtez sur plusieurs revues spécialisées afin de trouver des appels. La recherche sur le Web aidera à identifier le nombre de demandes de publications. Il convient toutefois de préciser qu'il existe des revues indexées à accueil ouvert et permanent.
- Lire la politique de copyright des revues et vérifier leur facteur d'impact.

- Choisissez la revue qui est la plus liée au sujet de l'article scientifique à publier. Pour cela, il est recommandé de lire les derniers numéros publiés.
- Adapter l'article scientifique selon le format demandé par le comité de rédaction de la revue indexée. C'est-à-dire tenir compte du format, de la structure, du système de référence et du style. Revoir les articles publiés dans la revue choisie.
- Demandez à d'autres chercheurs amicaux d'examiner et de fournir des commentaires sur le produit à publier.
- Réviser à nouveau, évitant ainsi que la version à envoyer contienne des fautes d'orthographe, de cohésion, de cohérence, de style et de format.
- Vérifiez si toutes les exigences éthiques, légales et réglementaires sont respectées afin d'éviter de futurs problèmes à l'auteur.
- Envoyez le fichier de l'article scientifique via l'e-mail joint par l'éditeur ou via le site Web de la revue, après avoir enregistré l'auteur. Rédigez soigneusement un message de parrainage pour le produit, en y joignant les documents demandés par l'éditeur.
- Attendez la réponse de l'éditeur, ce qui prend plusieurs mois, car il sera d'abord revu par l'éditeur, puis il sera envoyé à d'autres relecteurs en utilisant la méthode des pairs aveugles. Les réponses peuvent être acceptées, acceptées avec des modifications mineures, acceptées avec des modifications majeures ou non acceptées.
- Si le produit est reçu pour être corrigé, il sera accompagné de son instrument de qualification et des observations qui doivent être soulevées. Le temps d'envoi, encore une fois, sera fixé dans le courrier reçu.
- Une fois celle-ci acceptée, déposez la preuve d'acceptation dans votre courrier ou autre moyen et poursuivez le processus demandé par l'éditeur.
- Enfin, si votre travail de recherche n'a pas été retenu, restructurez les contenus thématiques et méthodologiques et continuez à insister sur d'autres revues indexées.

5.3 IDENTIFICATIONS AU MOYEN DES CODES

Les noms personnels ne sont pas uniques, ont des orthographes différentes et/ou peuvent varier dans le temps pour des raisons politiques ou sociales; et avec le nombre croissant de chercheurs et de scientifiques publiant leurs travaux, un dilemme se pose: *Comment identifier correctement chaque auteur ou collaborateur dans chaque publication et éviter la confusion ou l'ambiguïté qui peut survenir avec leurs noms ?*

Pour surmonter cet obstacle, plusieurs alternatives ont été mises en place, l'une des plus connues étant l'identifiant numérique ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

5.3.1 CODE ORCID

Il s'agit d'un identifiant composé de 16 chiffres, construit sur la base de la norme ISO 27729: 2012, qui permet aux chercheurs de disposer d'un code auteur permanent et sans équivoque qui distingue avec précision à la fois leur production et leur travail. En s'inscrivant et en entrant dans votre compte ORCID, le chercheur peut compléter des données telles que l'e-mail, l'affiliation professionnelle, les références de ses publications, entre autres.

Le code Orcid est obtenu gratuitement et individuellement lorsque les intéressés ou les chercheurs s'inscrivent sur le site <https://orcid.org/> qui, lors de la saisie, est en anglais, mais vous avez la possibilité de changer la langue en haut à droite de cela.

5.3.2 CODE DOI

Le DOI, *Digital Object Identifier*, est un « identifiant d'objet numérique » dont la fonction est d'identifier la propriété intellectuelle des ressources de publication académique (articles scientifiques, livres, actes, etc.) sur le web. Il a été créé en 1997 et a commencé à devenir universel en 1998 grâce à un projet géré par la Fondation internationale DOI.

Les responsables de l'obtention du code DOI sont les éditeurs de revues scientifiques et de livres électroniques. L'un des registres les plus utilisés pour obtenir le DOI est CrossRef. En général, le DOI apparaît généralement en haut, en-tête, du document électronique ou au bas de la première page.

6 LIENS DES RESSOURCES DISPONIBLES

6.1 EXEMPLE DE QUELQUES SOURCES D'INFORMATIONS FIABLES ET DE QUALITE

- <https://www.base-search.net/?l=fr>
- <https://www.refseek.com/>
- <https://www.hindawi.com/journals/>
- <https://citeseerx.ist.psu.edu/index>
- <https://search.crossref.org/>
- <https://core.ac.uk/>
- <http://repec.org/>
- <https://www.semanticscholar.org/>
- <http://www.dart-europe.eu/basic-search.php>
- <https://datacite.org/>
- <https://www.wdl.org/es/>
- <https://figshare.com/>
- <https://scholar.google.fr/schhp?hl=fr>
- <https://datadryad.org/stash>

6.2 VERIFICATEURS DE GRAMMAIRE

Le vérificateur de grammaire peut être utilisé pour vérifier l'orthographe, la ponctuation, les erreurs grammaticales et suggérer d'autres mots pour améliorer votre rédaction. Cela vous fait également gagner beaucoup de temps, vous libérant du temps supplémentaire de relecture et d'édition manuelle.

Grammarly <https://www.grammarly.com> est le meilleur vérificateur de grammaire de toutes les langues pour de nombreuses personnes. Il existe de nombreuses façons de vérifier votre rédaction. Vous pouvez non seulement utiliser ce vérificateur pour vous connecter à Word et Google Docs, mais également dans différentes extensions de navigateur.

ProWritingAid <https://prowritingaid.com> est un autre vérificateur de grammaire qui peut non seulement vous indiquer où l'article peut être amélioré, mais aussi comment l'améliorer. Il utilise des statistiques et des analyses pour indiquer quels mots de l'article sont surutilisés et quelles phrases ont des problèmes de cohérence. Quel que soit le type d'écrivain que vous êtes, ProWritingAid vous aidera à améliorer votre écriture et à faire passer vos idées plus clairement.

Ginger <https://www.gingersoftware.com/> est un vérificateur de grammaire qui peut vous aider à vérifier les problèmes de grammaire et d'orthographe par contexte. Il peut corriger vos erreurs grammaticales, qui incluent également la ponctuation, la structure des phrases et le style de langue. Qu'il s'agisse d'écrire pour les affaires, d'envoyer des courriels ou d'effectuer des travaux scolaires, Ginger peut garantir la clarté et la fluidité de vos articles. La plateforme fournit également des services tels que la traduction ou la réécriture de phrases.

Hemingway <https://hemingwayapp.com/> est un vérificateur de grammaire qui rend votre écriture audacieuse et claire. Cela peut réduire le poids mort de votre écriture. Il met en évidence les phrases verbeuses en jaune et les plus flagrantes en rouge. Il peut également vous aider à écrire avec puissance et clarté en mettant en évidence les adverbes, la voix passive et les mots ternes et compliqués.

Slick Write <https://www.slickwrite.com/> est une application puissante et gratuite qui permet de vérifier facilement votre écriture pour les erreurs de grammaire, les erreurs stylistiques potentielles et d'autres fonctionnalités intéressantes. Il peut non seulement fonctionner en tant que navigateur Web Chrome et Firefox, mais également en tant que plugin de WordPress.

7 CONCLUSION

Avec la conception et la création de la Méthode IMRAD, l'écriture devient plus facile pour les chercheurs en ingénierie et sciences appliquées, puisqu'il s'agit d'un format structuré. Après chacune des sections qui le composent, il ne s'agit que de vider les données, d'ajouter des tableaux, des figures, des graphiques et tout ce qui est nécessaire pour démontrer les résultats de la recherche. La rédaction d'un article scientifique avec ce format, dans le domaine de l'ingénierie et des sciences appliquées, devient un article explicatif, du fait qu'il faut ajouter une série de dessins et de figures qui montrent les résultats de l'étude. Il a été dit de diverses manières que la meilleure façon d'écrire un article scientifique est de l'écrire. Comme le dit le proverbe "*la pratique rend parfait*" et il s'applique parfaitement dans ce cas.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] SOLLACI, Luciana B.; PEREIRA, Mauricio G. The introduction, methods, results, and discussion (IMRAD) structure: a fifty-year survey. *Journal of the medical library association*, vol. 92, no 3, p. 364, 2004.
- [2] LATHAM, Erika M. Optimization through standardization: Investigating the efficacy of online peer review training for university ESL students. 2018.
- [3] SPICHER, Anne. *Savoir rédiger. Les techniques pour écrire avec clarté et efficacité*. Editions Ellipses, 2021.
- [4] OZCAKAR, LEVENT, et al. *Let's Write a Manuscript-A Primer with Tips & Tricks for Penning an Original Article*. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 2021.
- [5] LABAN, Philippe, et al. The Abstract loop: Learning to write abstractive summaries without examples, arXiv preprint arXiv: 2105.05361, 2021.
- [6] MUSAHL, Volker, et al. *Basic Methods Handbook for Clinical Orthopaedic Research*. Heidelberg: Springer Verlag, 2019.
- [7] HULLMAN, Jessica; BACH, Benjamin. Picturing science: Design patterns in graphical abstracts. En *International Conference on Theory and Application of Diagrams*. Springer, Cham, 2018. p. 183-200.
- [8] BONORA, Alex Fernando, et al. Replications on the use of Graphical Abstracts to Support Study Selection in Systematic Mapping Studies. *EasyChair*, 2021.
- [9] O'CONNOR, Clíodhna; JOFFE, Helene. Intercooder reliability in qualitative research: debates and practical guidelines. *International journal of qualitative methods*, vol. 19, p. 1609406919899220, 2020.
- [10] DEJESUS, Jasmine M., et al. Generic language in scientific communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, no 37, p. 18370-18377, 2019.
- [11] E. J. Buenz, "Essential elements for high-impact scientific writing," *Nature*, 2019.
- [12] AKSNES, Dag W.; LANGFELDT, Liv; WOUTERS, Paul. Citations, citation indicators, and research quality: An overview of basic concepts and theories. *Sage Open*, vol. 9, no 1, p. 2158244019829575, 2019.

Mise en place d'un réseau de télésurveillance par caméra IP via la fibre optique au sein du marché de la liberté dans la commune de Masina (Ville de Kinshasa)

[Implementation of a remote surveillance network by IP camera via fiber optics within the freedom market in the town of Masina (City of Kinshasa)]

Mibweyele Madeko Hylaïre¹, Meni Babakidi Narcisse², Pasi Bengi Masata André², and Cimbela Kabongo Joseph³

¹Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

²Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Section Electronique, Kinshasa, RD Congo

³Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2022 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: Remote surveillance is a security weapon all over the world. The freedom market also called «M'zee Laurent Désiré Kabila» is one of the largest markets in Kinshasa, located in the Commune of Masina in the DRC. Thus, the security of sellers and their goods is essential. The objective of this article is to set up a remote surveillance network by IP camera via fiber optics. The daytime IP cameras and alarms are installed in different access points of the said market. The images captured by the IP cameras in this environment are transmitted to the WIN APPLICATION server (Database) installed in the control room, also called monitoring (server) for their processing (reading, storage, visualization, and printing). The results obtained show the feasibility of the optimal video surveillance project on the detection of suspicious elements. Surveillance cameras do not protect against burglaries but allow burglars to be unmasked.

KEYWORDS: vidéosurveillance, security, fiber optics, IP camera, freedom market.

RESUME: La télésurveillance constitue de par le monde une arme à but sécuritaire. Le marché de la liberté appelé aussi «M'zee Laurent Désiré Kabila» est l'un des plus grands marchés de Kinshasa, situé dans la Commune de Masina en RDC. Ainsi, la sécurisation des vendeurs et de leurs biens s'avère indispensable. L'objectif de cet article consiste à la mise en place d'un réseau de télésurveillance par caméra IP via la fibre optique. Les caméras Ip diurnes et les alarmes sont implantées dans différents points d'accès dudit marché. Les images capturées par les caméras Ip dans cet environnement sont transmises dans le serveur WIN APPLICATION (Base des données) installé dans la salle de contrôle appelé aussi monitoring (serveur) pour leur traitement (lecture, stockage, visualisation, et impression). Les résultats obtenus montrent la faisabilité du projet de vidéosurveillance optimale sur la détection des éléments suspects. Les caméras de surveillance ne protègent pas des cambriolages mais permettent de démasquer les cambrioleurs.

MOTS-CLEFS: vidéosurveillance, sécurité, fibre optique, caméra IP, marché de la liberté.

1 INTRODUCTION

Depuis le début des années 70, le monde des entreprises est à la recherche des solutions efficaces pour combattre les fraudes, les criminels, les voleurs, les inciviques ou les <<Kuluna>> et autres formes de malveillance. Cette quête aboutit alors à la découverte des premiers moyens de vidéosurveillance. La télésurveillance ou vidéosurveillance est un système technique structuré en réseau permettant de surveiller à distance un lieu public ou privé, de machines ou d'individus par un ensemble d'équipements [1], [2].

Nous avons préféré utilisé la fibre optique comme support de transmission dans notre réseau de vidéosurveillance. Cette nouvelle technologie présente la qualité de l'image reçue se maintenant à un très haut niveau, une plus longue durée, simplicité du câblage et la fiabilité du support (immunité électromagnétique, stabilité dans le temps, et inaccessibilité). Il est inutile de dire que l'incrément du coût de chaque liaison se maintienne à cause obligatoire des convertisseurs optoélectriques. Ils sont responsables de la conversion d'un signal optique en électrique, vice versa et de sa propagation.

La mise en place du réseau sera effectuée suivant la technologie de vidéosurveillance par fibre optique via les différents types de caméras IP qui seront installées dans les différents points d'accès du marché. Ce sont des caméras réseaux, caméras de surveillance utilisant le Protocole Internet pour transmettre des images et des signaux de commande via une liaison Fast Ethernet. Certaines caméras IP seront reliées à un enregistreur vidéo numérique (DVR) ou un enregistreur vidéo en réseau (NVR) pour former un système de surveillance vidéo. L'avantage des caméras IP est qu'elles permettent à l'administrateur de consulter leurs caméras depuis n'importe quelle connexion internet via un ordinateur portable ou un smartphone.

Le raccordement s'effectuera par la technologie FFTH ou Fiber to the home (la fibre jusqu'au magasin, parking, ou point d'accès) qui est un système de raccordement de la fibre optique jusqu'à l'abonné. C'est un réseau de télécommunications physique qui nous permettra notamment l'accès à internet à très haut débit.

La figure 1 illustre la conception et l'installation d'un réseau de télésurveillance IP avec serveur DVR au labo de télésurveillance, Section électronique/ISTA.

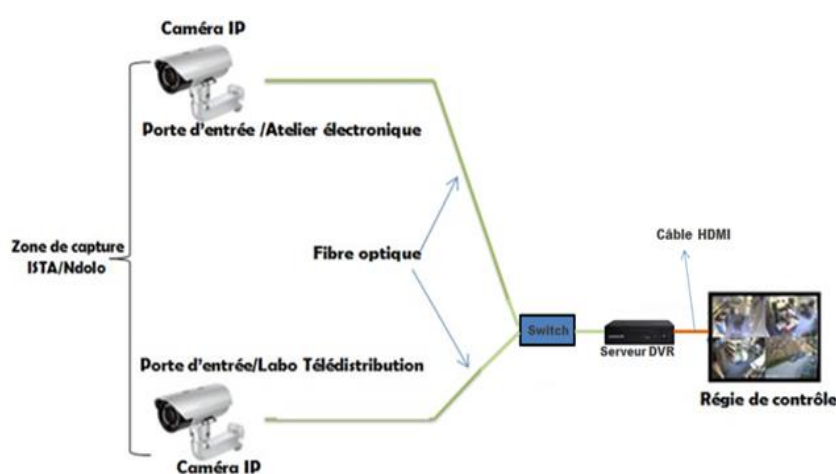


Fig. 1. Installation d'un réseau de télésurveillance IP avec serveur DVR au labo de télédistribution, Section électronique/ISTA

En amont du réseau, nous avons deux caméras IP qui servent à la capture des séquences vidéos qui sont transmises vers le Switch servant à collectionner les signaux via le câble à fibre optique et les transmettre vers le serveur DVR (Digital Video Record) qui joue un rôle d'enregistrement, de stockage, d'impression et la visualisation sur l'écran du monitoring.

2 MATERIELS ET METHODES

Nous présentons quelques concepts de base sur les matériels de base et la méthodologie utilisée pour la mise en œuvre de ce système de télésurveillance.

2.1 MATERIELS

2.1.1 FIBRE OPTIQUE MULTIMODE ET MONOMODE

Une fibre multimode utilise la LED (Light Emitting Diode), en français DEL, Diode Electroluminescente, alors qu'une fibre monomode utilise le laser, qui est en général plus cher. Un laser émet des rayons de longueur plus grande que celle des rayons émis par une LED. De ce fait, la longueur maximale de la fibre multimode est de 2000 m. Tandis que la longueur maximale de la fibre monomode utilisé est de 3000 m.

Dans notre réseau de télésurveillance, nous utiliserons comme support de transmission la fibre multimode pour des bas débits et de courtes distances en transportant plusieurs modes (trajets lumineux) simultanément et autorise jusqu'à 680 modes pour $\lambda = 850$ nm. La dispersion modale peut cependant être minimisée (à une longueur d'onde donnée) en réalisant un gradient d'indice dans le cœur de la fibre optique. Elles sont caractérisées par un diamètre de cœur de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de micromètres.

2.1.2 TRANSMISSION DE DONNÉES PAR FIBRE OPTIQUE

Pour une liaison optique du réseau de vidéosurveillance, deux fibres sont nécessaires: l'une gère l'émission et l'autre la réception. Dans ce système de transmission, on cherche à transmettre dans la même fibre optique un maximum de signaux (vidéo, audio, signaux de commande, etc.) afin de ne pas brouiller l'information, on l'achemine sur des longueurs d'onde différentes utilisant le multiplexage en longueur d'onde ou WDM (Wavelength Division Multiplexing).

La figure 2 montre la structure de transmission de données par fibre optique.

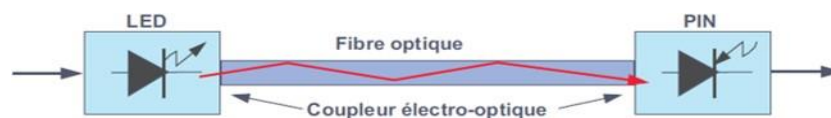


Fig. 2. Structure de transmission de données par fibre optique [3]

2.1.3 MULTIPLEXAGE EN LONGUEUR D'ONDE

Le multiplexage en longueur d'onde, souvent appelé WDM (Wavelength Division Multiplexing en anglais), est une technique utilisée en communication optique qui nous permettra d'augmenter le débit sur une fibre optique en faisant circuler plusieurs signaux de longueurs d'onde différentes sur une seule fibre, en les mélangeant à l'entrée à l'aide d'un multiplexeur (Mux) et en les séparant à la sortie au moyen d'un démultiplexeur (deMux) [3]. Il s'agit des signaux suivant: la vidéo, signaux de commande, l'internet etc.

2.1.4 AUTRES EQUIPEMENTS

Nous avons aussi utiliser les équipements suivant: les moniteurs, onduleurs, les câbles électriques, un réflectomètre, les câbles UTP RG59, le câble HDMI, le câble PoE, les serveurs vidéos, DNS, DHCP, serveur d'applications vidéos, de stockage DAS, d'impression, de proxy, d'antivirus, etc., écran multivision LED, équipement de sonorisation, un pupitre de commande, des alarmes, un serveur DVR, les switches et les caméras Ip.

Pour le système d'exploitation, nous allons configurer notre réseau par l'application Anti-SPY Camera, développée par Sofmatic soft [4]. Cette application recherche les caméras cachées environnantes et garantira la sécurité à tout moment.

2.2 METHODES

2.2.1 PRINCIPES ET PRÉAMBULE A TOUTE INSTALLATION DU RÉSEAU DE TÉLÉSURVEILLANCE

L'installation d'un système de vidéosurveillance se base sur 3 étapes fondamentales: la réception, la gestion et la visualisation des images. Pour une garantie quant à la bonne qualité de l'installation et que le système vidéosurveillance soit tout de suite opérationnel, nous avons confié cette tâche à un professionnel.

Avant l'installation, nous avons réalisé une étude des besoins tenant compte du travail du professionnel. Ainsi plusieurs éléments doivent être déterminés:

- Accès, parking, magasins, stockage, et points d'accès du marché de Liberté qui sont des zones stratégiques à surveiller.
- Les types de caméras Ip à installer.
- Positionnement des caméras (étape essentielle pour des caméras sur un réseau à fibre optique).
- L'emplacement du monitoring ou de la régie vidéo/poste de contrôle sera installé au labo de télédistribution.

2.2.2 UTILISATION DU CIRCUIT CCTV ET OCCTV

Dans l'installation d'un réseau de vidéosurveillance ou télésurveillance, nous pouvons utiliser deux types de système, soit un système en circuit fermé, appelé aussi CCTV (Closed Circuit Television) [4] dont le principe est de relier sur le même réseau interne à une structure (entreprise, établissement, marché...) des caméras Ip, un ou plusieurs moniteurs et éventuellement un enregistreur. Ce type d'installation est valable pour les professionnels ne souhaitant pas diffuser en temps réel les images en dehors de l'entreprise à l'inverse de la visualisation à distance.

A l'inverse, un système en circuit ouvert ou OCCTV est un système connecté à un réseau extérieur: internet [5]. Ce procédé permet l'accès à de nombreuses fonctionnalités: surveillance de locaux à distance, télésurveillance, surveillance multi-sites... Ce type d'installation a vu le jour avec le développement d'internet et notamment du haut débit. Il connaît encore des évolutions avec l'arrivée des smartphones, de la fibre optique, etc.

Compte tenu de l'importance du marché et de multiple criminalité qui s'y opère, nous avons opté l'installation des deux systèmes CCTV qui consiste de relier sur le même réseau interne des caméras Ip, un ou plusieurs moniteurs et éventuellement un enregistreur et le OCCTV pour la surveillance du parking, accès, voitures, etc...à distance.

2.2.3 CONFIGURATION

L'installation du réseau de télésurveillance de notre travail se focalise sur ces niveaux successifs:

a. Choix de la périodicité des enregistrements:

- enregistrement 24/24h avec conservation des données dans un délai de 30 jours;
- enregistrement déclenché par une alarme;
- prise de photos à la volée.

b. Sélection des options:

- données accessibles à distance sur un PC seulement ou aussi depuis les mobiles;
- alertes par SMS lorsqu'un évènement se produit.

c. Sécurisation des données vidéo:

- déterminer qui est autorisé à accéder aux vidéos;
- ajouter des identifiants et mots de passe pour sécuriser l'accès.

Ainsi notre démarche a consisté à la récolte et l'analyse des données obtenues grâce au banc d'essai du système de vidéosurveillance expérimental installé au sein de notre laboratoire de télédistribution à l'Ista/Ndolo (cfr Fig. 1.).

Avec cette méthode qualitative, nous sommes arrivés à prendre un échantillon de zone de couverture spécialement le devant et l'intérieur de l'atelier électronique. Notre laboratoire est à l'intérieur de l'atelier. Nous avons installé un DVR, un switch et quatre moniteurs pour visualiser les images.

3 ETAT DE LIEU DU MARCHÉ DE LA LIBERTÉ «M'ZEE LAURENT DÉSIRÉ KABILA»

Le Marché de la Liberté «M'Zee Laurent Désiré Kabila» est l'un des plus grands marchés de Kinshasa, en République Démocratique du Congo. Il fut construit sous la présidence de Laurent Désiré Kabila pour récompenser les habitants du district de Tshangu pour avoir résisté à l'agression des rebelles en août 1998 [6]. La figure 3 représente l'effigie de l'initiateur du marché de la Liberté.



Fig. 3. *Effigie de l'initiateur du marché de la Liberté [6]*

Le marché de la Liberté situé au n° 64 de la parcelle sise Boulevard LUMUMBA dans la Commune de Masina a une superficie de 21 ha et est borné de l'Est, à l'Ouest, du Nord au Sud par; l'avenue Bolenge, la même avenue, le bureau du quartier Nzuzi wa MBOMBO et le boulevard Lumumba.

L'objectif principal de la création de ce marché est de créer des activités commerciales à la population de la Tshangu, activités génératrices des revenus aux ménages en vue d'éradiquer la pauvreté. Le deuxième objectif est de désengorger le centre-ville qui ne voyait qu'un seul sens pour l'approvisionnement des produits vivriers de première nécessité.

La sécurité du marché de la Liberté dispose un commissariat de la police nationale, l'Agence Nationale de Renseignements et la sécurité interne (Gardiennage) qui sera améliorée par l'implantation d'un réseau de télésurveillance avec des caméras IP installées dans les différents accès afin de protéger 24H/24 les bureaux, les magasins, les entrepôts, de galerie avec plus de 8 portes à la lisière du pavillon 10, des sites aménagés pour deux grandes sociétés brassicoles (Bralima et Bracongo), deux espaces ménages pour les parkings dont celui d'embarquement (parkings des personnes) et celui de débarquement (parking d'arrivées ou de biens), etc. Ceci nous permettra de pallier aux problèmes de criminels (Kuluna), assassins, voleurs, etc.

4 RESULTATS

Le résultat final de notre étude après notre expérimentation du système au labo de télédistribution de l'ISTA, nous venons d'installer avec l'aide des experts, un réseau de vidéosurveillance par caméra Ip au marché de la Liberté comme le montre la figure 4 ci-dessous.

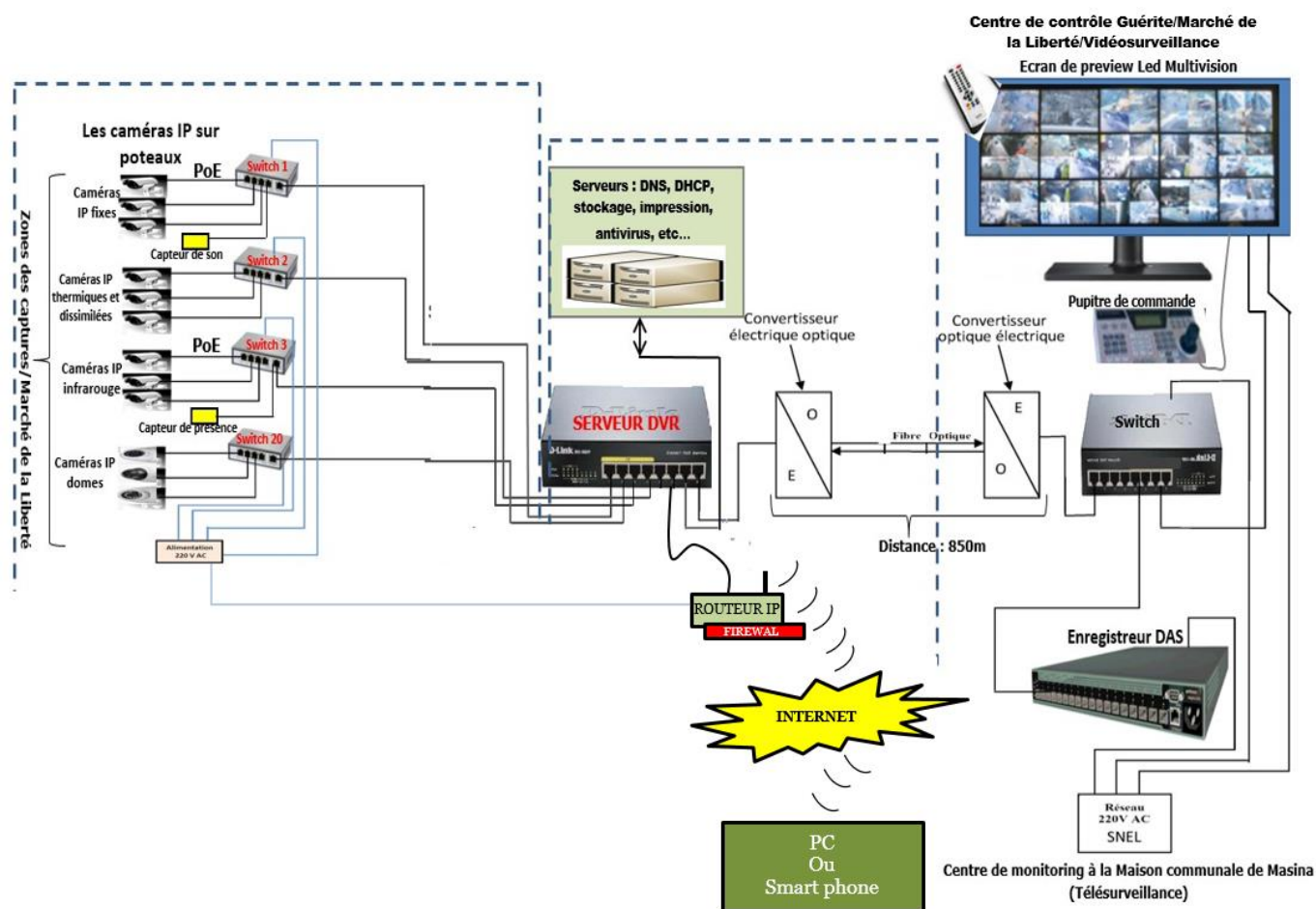


Fig. 4. Implantation du réseau de télésurveillance par caméras IP via la fibre optique au sein du marché de la Liberté

Tous les équipements sont connectés à la source par une alimentation continue et alternative. Le fonctionnement du réseau s'effectue d'une manière chronologique. Les caméras IP et les capteurs sont suspendus dans les différents poteaux disposés dans le site. Ils servent pour les captures des images suivant la nature de l'évènement avec les types de caméras IP suivante: les caméras IP fixes et dôme PTZ fixe pour les bureaux, couloirs, les caméras IP dôme PTZ mobiles pour la vue panoramique du site, les caméras IP thermiques pour la détection des personnes, objets et incidents dans l'obscurité totale et dans toute autre condition difficile, dans un nuage de fumée dans le site. Les caméras IP infrarouges capturent les images la nuit et le jour dans de zones totalement obscures.

Les différentes caméras IP installées dans le réseau sont équipées de détecteurs capables de détecter la nature de tous les évènements. Si ces capteurs Ip détectent une intrusion ou un mouvement suspect dans les différents accès du marché, une alerte (signal) est immédiatement envoyée par téléphone, SMS ou mail (Internet) au centre de monitoring supervisé par un administrateur du réseau.

Les switchs 1,2,3 et 20 permettent de collectionner c'est-à-dire switcher les éléments de capture installés dans tous les points stratégiques du site vers le serveur DVR via les PoE qui utilisent les câbles Ethernet RJ45 pour alimenter en électricité les équipements comme les caméras IP.

Le serveur sauvegarde les flux vidéo provenant des sources numériques (camera IP, lecteur multimédia, DVD, magnétoscope ou décodeur via le port RCA).

Ces différents ports ont été utilisés dans la mise en œuvre de notre système. Le port Ethernet du DVR a permis de faire le monitoring des images à distance ou en local. Le port RG 45 a servi au branchement des ordinateurs serveurs qui prend les différents serveurs en charge. Serveur DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol): est un protocole réseau chargé de la configuration automatique des adresses IP des équipements du réseau de vidéosurveillance (lan). Serveur DNS (Domain Name Système): il traduit les noms d'adresse IP de nos caméras IP et capteurs pour permettre de transmettre les images de chaque

cameras IP aux serveurs vidéo. Le serveur d'impression a permis aux utilisateurs du réseau d'imprimer les documents, de gérer les imprimantes, de gérer les documents, pour cela l'administrateur a le pouvoir d'octroyer les droits ou autorisations spécifiques à des utilisateurs. Le serveur pour la gestion de base des données a permis de spécifier la base des données de gestions de chaque point d'accès. Ceux d'anti-virus et d'application jouent spécifiquement les fonctions suivantes, installation de l'anti-virus dans chaque PC de notre réseau pour une sécurité meilleure et exploitation d'une application (signal) sur le serveur à partir de chaque compartiment à surveiller. Le serveur de stockage (DAS) a permis à partir des enregistrements, d'identifier chaque événement et de pouvoir le rechercher facilement par la suite.

Le transport du signal vidéo à l'intérieur du marché se fait à base de la fibre optique multimode à gradient d'indice dotée de connecteur optoélectrique et vice versa. Ce signal vidéo est visualisé sur place (vidéosurveillance) via l'écran de monitoring contre l'insécurité dans l'ensemble du site. A distance, la télésurveillance des images du site au marché s'effectue à partir du port Ethernet, qui permet de se connecter au réseau d'accès internet en passant par le routeur IP et le firewall. Pour le visionnage des images à distance, nous avons disposé le PC et le Smart Phone compatible à notre système.

5 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons expliqué les principes, les choix des équipements, la présentation à l'aide d'un schéma fonctionnel du réseau de télésurveillance que nous avons implanté au sein du marché de la Liberté pour assurer la surveillance à distance des personnes et ses biens dans l'ensemble du site. Le marché de la Liberté M'Zee Laurent Désiré Kabila est l'un des plus grands marchés de la ville de Kinshasa. Pour la sécurité de ce site, nous avons disposé du matériel suivant: cameras IP de divers types, les capteurs, les enregistreurs, les ordinateurs, les Switch, que nous avons installé dans les différents points d'accès du site. Suivant notre enquête, le marché dispose des bureaux, des magasins, des entrepôts, de galerie de plus de 8 portes à la lisière du pavillon 10, des sites aménagés pour deux grandes sociétés brassicoles (Bralima et Bracongo), deux espaces ménagés pour les parkings dont l'un pour l'embarquement et l'autre pour le débarquement. La violence des criminels, des chegués (enfants de la rue), des voleurs et des inciviques appelés aussi <<Kuluna>> dans la ville de Kinshasa est devenue un véritable casse-tête pour la population, les forces de l'ordre et les autorités urbaines. De ce qui précède, afin d'éradiquer cette catégorie des délinquants, nous avons songé à la mise en place d'un réseau de CCTV et OCCTV indispensable au niveau du marché de la Liberté. Ce réseau offre la possibilité de contacter rapidement la police, permet l'impression des images enregistrées en cas de besoin de preuve et ces images peuvent être visibles à distance via internet.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] LACENE BEDDIAF, Télésurveillance principe et technologie, édition. DUNOD, Paris, 2008.
- [2] Tsakanikas, V., & Dagiuklas, T., Video surveillance systems-current status and future trends, Computers & Electrical Engineering, 70, 736-753, 2018.
- [3] SYLETHIER, Transmission par fibre et réseaux, édition. DUNOD, Paris, 2007.
- [4] Mabrouk, A. B., & Zagrouba, E., Abnormal behavior recognition for intelligent video surveillance systems: A review, Expert Systems with Applications, 91, 480-491, 2018.
- [5] Elharrouss, O., Almaadeed, N., & Al-Maadeed, S. A review of video surveillance systems, Journal of Visual Communication and Image Representation, 77, 103116, 2021.
- [6] H.V, Service de technique et maintenance du marché de la Liberté de Kinshasa, Hôtel de Ville, Kinshasa, 2010.

Utilisation de l'algorithme génétique dans l'ajustement optimal des quadriques

[Use of genetic algorithm in optimal fit of quadrics]

Meni Babakidi Narcisse¹, Kinyoka Kabalumuna God'El², Lubaseko Bansimba Philippe¹, and Maludi Disuekamene Fiston¹

¹Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Section Electronique, Kinshasa, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this article the analysis of implementation of the technique of genetic algorithms for the adjustment of the optimum of the quadrics is carried out. A set of sample points of the quadric, which may possibly contain noise and therefore may represent in the fitting, a different geometric figure from the one from which they come, are defined and will be used to fit the quadric which best represents these points. The purpose of this work is the application of GA (Genetic Algorithms) for an optimization problem, in which this technique has been very appropriate in solving the different problems. We seek to obtain a greater knowledge of GA, as well as a better understanding of what an implementation of this technique entails in any problem.

KEYWORDS: Genetic Algorithm (GA), optimization, adjustment, quadric, Gaussian noise.

RESUME: Dans cet article, l'analyse de la mise en œuvre de la technique des algorithmes génétiques pour l'ajustement de l'optimum des quadriques est effectuée. Un ensemble de points d'échantillonnage de la quadrique, qui peuvent éventuellement contenir du bruit et donc représenter dans l'ajustement, une figure géométrique différente de celle dont ils sont issus, sont définis et serviront à ajuster la quadrique qui représente le mieux ces points. Le but de ce travail est l'application des AG (Algorithmes Génétiques) pour un problème d'optimisation, dans lequel cette technique s'est avérée très appropriée pour résoudre les différents problèmes. Nous cherchons à obtenir une plus grande connaissance de GA, ainsi qu'une meilleure compréhension de ce qu'implique une mise en œuvre de cette technique dans tout problème.

MOTS-CLEFS: Algorithme Génétique (AG), optimisation, ajustement, quadrique, bruit gaussien.

1 INTRODUCTION

La technique AG est classée dans les techniques de l'Informatique évolutive puise son inspiration dans la théorie de l'évolution des espèces de Darwin, dans laquelle il est établi que les êtres vivants qui survivront seront ceux qui, par des modifications du code génétique et donc, du fait à leurs caractéristiques physiques et à leur évolution dans leur environnement, ils parviennent à mieux s'adapter aux changements de celui-ci et à obtenir des avantages par rapport à ceux qui n'ont pas cette évolution [1], [2].

Les AG ont été proposés par John Holland en 1960 [3], [4]. Ils sont basés sur la façon dont le matériel génétique des êtres vivants est modifié pour mieux répondre et s'adapter aux changements de l'environnement. Ils sont généralement utilisés dans les problèmes d'optimisation où il existe un espace de recherche constitué d'un ensemble de solutions codées pour leur fonctionnement et préalablement initialisées avec des valeurs aléatoires, qui sont évaluées selon une fonction d'adéquation

ou de '*fitness*', pour effectuer ultérieurement les opérations de sélection, de croisement et de mutation pour obtenir une nouvelle population d'individus ou de solutions qui seront à nouveau évaluées et s'il continue de manière itérative à effectuer les étapes d'évaluation, de sélection-croisement-mutation et de génération d'une nouvelle population jusqu'à atteindre un certain nombre d'itérations spécifié ou atteindre une valeur de fitness spécifiée. Lorsque la fonction de fitness est maximisante, une valeur de fitness élevée sera recherchée, au contraire, si la fonction est de minimisation, la valeur de fitness doit être petite. La structure en étapes d'un AG simple est illustrée à la figure 1.

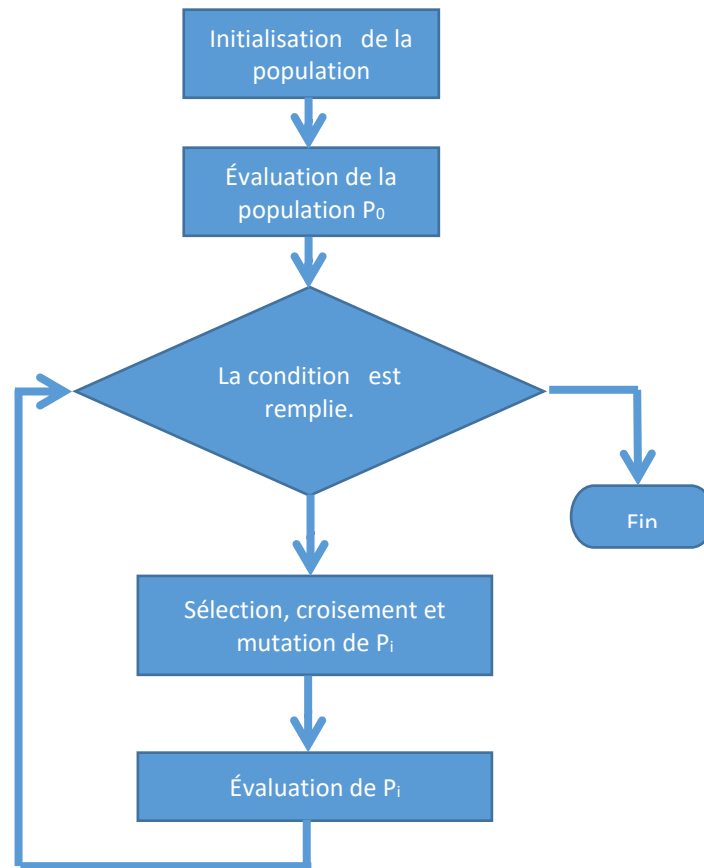


Fig. 1. Structure d'un GA simple

La terminologie utilisée dans les AG est définie ci-dessous.

- *Chromosome*: individu de la population qui est une solution codée du problème d'optimisation considéré. Le chromosome sera composé de gènes. Ils sont généralement codés sous la forme d'un ensemble de bits. Chromosome= (gen1, gen2, gen3, ..., genN).
- *Gène*: est un sous-ensemble de morceaux du chromosome qui représente un paramètre de la solution du problème en question. Par exemple, si le problème consiste à trouver les coefficients d'une fonction, alors le gène sera un coefficient de ladite fonction et le chromosome sera l'ensemble des coefficients.
- *Phénotype*: est le type de chromosome codant pour le problème en question.
- *Génotype*: est un chromosome de population avec une combinaison spécifique de gènes.
- *Population*: est l'ensemble des individus dans une itération donnée.
- *Génération*: la population générée à chaque itération.
- *Sélection*: est l'opération consistant à choisir les individus les mieux adaptés dans chaque population.
- *Croisement*: est la combinaison de gènes de deux chromosomes pour en former un nouveau.

- *Mutation*: est la modification aléatoire du matériel génétique d'un chromosome généralement mieux adapté pour former un nouvel individu.
- *Parent*: chromosomes choisis pour les opérations de sélection, de croisement et de mutation.
- *Fils*: chromosomes résultant des opérations de sélection, de croisement et de mutation.
- *Fonction d'adaptation*: également connue sous le nom de fonction de fitness. C'est la fonction qui évalue le degré d'adaptation ou d'adéquation dont dispose un individu de la population.

Notre article présente l'utilisation de l'algorithme génétique dans l'ajustement optimal des quadriques.

2 MATERIELS ET METHODES

Nous présentons les matériels et la méthodologie utilisée pour le développement de cet article.

2.1 MATERIELS

L'équation quadrique générale est la suivante:

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + 2a_{23}yz + 2a_1x + 2a_2y + 2a_3z + a_0 = 0 \quad (1)$$

Cette expression peut être réduite en complétant des carrés et en réduisant des termes aux expressions que l'on verra ci-dessous pour chacune des quadriques.

Ellipsoïde

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (2)$$

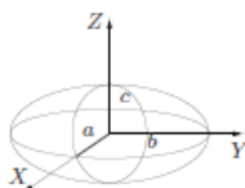


Fig. 2. Ellipsoïde

Hyperboloïde hyperbolique

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (3)$$

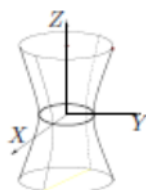


Fig. 3. Hyperboloïde hyperbolique

Hyperboloïde elliptique

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (4)$$

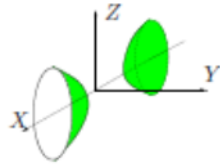


Fig. 4. Hyperboloïde elliptique

Cône

$$z^2 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \quad (5)$$

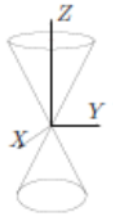


Fig. 5. Cône

Paraboloïde elliptique

$$z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \quad (6)$$

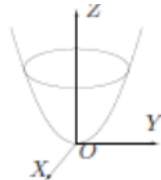


Fig. 6. Paraboloïde elliptique

Paraboloïde hyperbolique

$$z = -\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \quad (7)$$

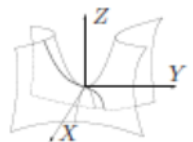


Fig. 7. Paraboloïde hyperbolique

2.2 METHODES

La méthodologie à suivre est la suivante.

1. Tout d'abord, des ensembles de points obtenus aléatoirement à partir de différents types de quadriques générés dans le logiciel Matlab seront générés, ces ensembles seront stockés dans un fichier texte avec l'extension 'txt'. Un ensemble de 100 points sera généré pour chaque quadrique généré. Pour ce point, les scripts sont utilisés:

`GenQuadricData.m`

`ObtainPointsFromData.m`.

2. Une fois les fichiers de points obtenus. Nous procédons à la génération du code qui sera le cœur du AG. Ce code sera généré en langage C. Un fichier d'en-tête sera généré avec la spécification suivante comme support pour le code source du fichier qui sera le principal pour la solution du problème proposé. Les fichiers sont les suivants.

En tête de fichier:

`Genetic_Algorithms_f.h`

Fichier principal:

`Quadric_Fitting_b.c`

Le fichier principal utilisera la bibliothèque de fonctions du fichier d'en-tête pour la solution du problème AG. Ce fichier prendra le fichier texte avec les données ponctuelles, le traitera et en sortie, il générera un fichier texte avec les informations suivantes pour chaque itération, dans cet ordre:

Nombre de génération, meilleur chromosome.

Fitness (fin de 1ère ligne).

Type de quadrique: Coefficients: a= b= c=.

(Fin de la 2e ligne).

3. Une fois les fichiers et les ensembles de données générés, ils sont testés. Des jeux de données avec bruit gaussien [4] seront générés afin de vérifier la robustesse de la méthode.
4. Enfin, les résultats, l'analyse et la conclusion des tests effectués sont présentés.

La fonction de fitness à utiliser dans ce cas sera une fonction de minimisation. Ce qui se fait est d'effacer les expressions en laissant égales à zéro afin que les valeurs AG des paramètres a, b, c de la quadrique minimisent la fonction.

Fonction fitness = Min Z

Où Z est:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} + 1 = 0$$

La valeur de c peut être zéro, tout comme le terme indépendant peut être un ou zéro.

Donc le chromosome est:

$C_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij});$

Le tableau 1 suivant montre l'encodage du résultat du programme en c avec le type de quadrique qui lui correspond.

Tableau 1. Encodage du résultat du programme en c avec le type de quadrique

Numéro	Type de quadrique
1	Ellipsoïde
2	Hyperboloïde hyperbolique
3	Hyperboloïde elliptique
4	Cône
5	Paraboloïde elliptique
6	Paraboloïde hyperbolique

Les paramètres de contrôle de l'AG pour le problème proposé sont:

- Taille de la population = 20.
- Probabilité de croisement = 0,3.
- Probabilité de mutation = 0,3.
- Membres Élite = 2.

3 RESULTATS

Les résultats générés dans les ensembles de points générés et leur application dans l'ajustement des quadriques sont présentés ci-dessous.

Deux critères d'arrêt sont établis en premier lieu:

- Nombre maximum d'itérations = 50.
- Fonction fitness inférieure à 0,005.

Ellipsoïde

Les données sont générées pour l'ellipsoïde illustré dans le graphique de la figure 8 suivante avec les paramètres $a=1$, $b=3$, $c=5$.

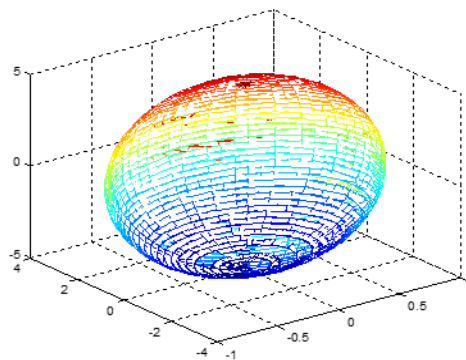


Fig. 8. Ellipsoïde

Les données obtenues après 10 essais ou générations sont les suivantes (Tab. 2):

Tableau 2. Résumé d'Ellipsoïde

Essai	Gen.	Fit Min.	Type de quadrique	a	b	c
1	3	0.0029	1	16.01	7.71	1.19
2	1	0.0043	2	15.39	10.3	0.77
3	3	0.0043	2	15.50	11.8	8.3
4	50	0.1459	1	2.49	8.89	10.8
5	50	0.0940	1	4.66	2.47	1.66
6	50	0.2592	1	12.95	11.2	4.66
7	50	0.0655	6	15.45	6.15	1.46
8	50	0.0940	1	14.19	9.30	10.8
9	50	0.1459	1	16.14	5.67	5.39
10	50	0.02983	1	14.34	11.4	9.84

Hyperboloïde hyperbolique

Les données sont générées pour cette quadrique illustrée dans le graphique suivant avec les paramètres $a=2$, $b=4$, $c=5$.

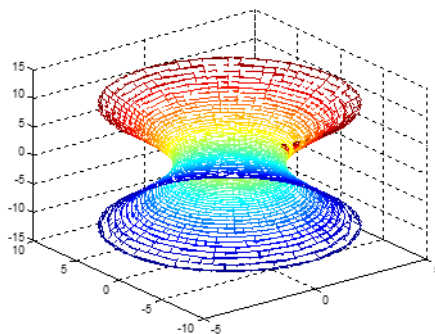


Fig. 9. Hyperboloïde hyperbolique

Les données obtenues après 10 essais ou générations sont les suivantes (Tab. 3):

Tableau 3. Résumé d'Hyperboloïde hyperbolique

Essai	Gen.	Fit Min.	Type de quadrique	a	b	c
1	2	0.0035	3	4.29	14.0	3.32
2	4	0.0029	2	2.035	3.59	7.46
3	50	0.1456	2	2.013	6.75	3.03
4	50	0.0284	2	8.42	6.09	13.2
5	50	0.2389	4	12.37	5.48	4.20
6	50	0.0133	2	1,77	1.58	16.1
7	4	0.2363	3	8.27	1.02	12.4
8	50	0.0535	4	15.50	11.8	8.30
9	50	0.0569	2	12.99	4.66	8.82
10	50	0.0535	4	3.82	3.45	5.15

Paraboloïde elliptique

Les données sont générées pour le paraboloïde elliptique illustré dans le graphique suivant avec les paramètres $a=2$, $b=4$, $c=5$.

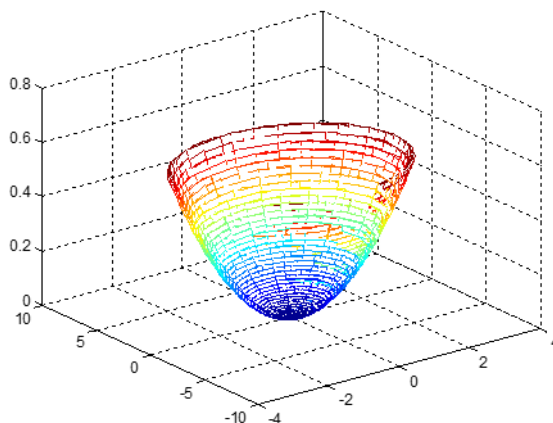


Fig. 10. Paraboloïde elliptique

Les données obtenues après 5 essais ou générations sont les suivantes:

Tableau 4. Résumé Paraboloïde elliptique

Essai	Gen	Fit Min.	Type de quadrique	a	b	c
1	1	0.0014	3	11.34	8.32	1.69
2	50	0.0655	1	11.89	13.9	14.4
3	50	0.0305	6	0.753	13.1	6.90
4	50	0.0558	3	12.97	6.90	8.05
5	50	0.0319	6	4.52	11.7	1.22

On trouve ci-dessous les résultats d'exécutions dans lesquelles du bruit est ajouté aux points de données. Le bruit ajouté est gaussien avec une moyenne nulle et un écart type = 0,05. Ceci est fait pour le cas de l'ellipsoïde.

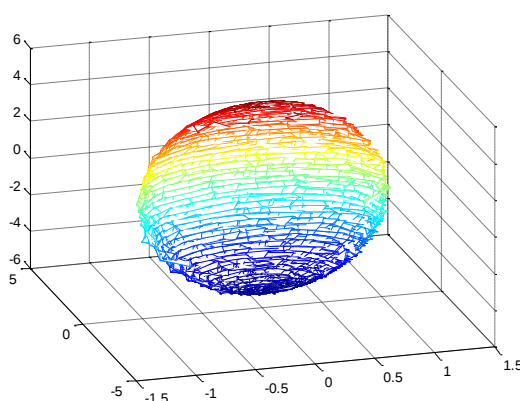


Fig. 11. Ellipsoïde avec bruit gaussien

Les données obtenues après 5 essais ou générations sont les suivantes.

Tableau 5. Ellipsoïde avec bruit gaussien

Essai	Gen.	Fit Min.	Type de quadrique	a	b	c
1	50	0.00977	1	8.009	12.7	6.55
2	50	0.1523	1	15.45	6.15	1.46
3	4	0.0027	2	10.22	13.9	9.95
4	1	0.1523	1	8.32	16.1	1.27
5	50	0.1117	2	10.91	0.23	8.36

4 ANALYSE

Lors de l'exécution des différentes générations ou essais sur les quadriques analysées dans cet article, il a été constaté que le système était capable de classer adéquatement la première quadrique, même avec le bruit ajouté dans le cas de l'ellipsoïde avec bruit. Aussi dans le cas de l'hyperboloïde hyperbolique, il se classe correctement dans les deux cas. Ce n'est pas le cas dans les autres cas examinés, où l'algorithme n'a pas réussi à classer correctement le type de quadrique dans la plupart des cas.

En ce qui concerne la question de l'ajustement de la quadrique, compte tenu du fait que nous disposons des coefficients initiaux qui ont généré la quadrique à partir de laquelle les points ont été obtenus, l'algorithme a pu ajuster les paramètres de la quadrique à leurs valeurs réelles à quelques reprises, ce qui indique que certaines améliorations sont nécessaires soit dans la fonction de fitness, soit dans les opérations de croisement et de mutation.

5 CONCLUSION

En conclusion de ce travail, on peut retenir que les algorithmes génétiques sont un outil utile dans les problèmes d'optimisation, où l'un des points clés pour une implémentation AG est la définition de la fonction de fitness, qui conduira à trouver la meilleure solution au problème. Une autre partie essentielle est la manière dont la mise en œuvre sera implémentée, ce qui implique de définir la plate-forme et la manière dont elle sera utilisée. Ce problème d'ajustement des quadriques, a été facilité avec l'utilisation de gènes à valeur réelle positive. Cependant, ce qui prenait le plus de temps était la recherche nécessaire pour trouver la fonction de fitness pour ce problème.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] Roth, Gerhard, and Martin D. Levine., "Geometric primitive extraction using a genetic algorithm", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 16, no 9, pp. 901-905, 1994.
- [2] TANG, Xue-song; WEI, Hui., "A segment-wise prediction based on genetic algorithm for object recognition", Neural Computing and Applications, vol. 31, no 7, pp. 2295-2309, 2019.
- [3] CHEN, Y. H.; LIU, C. Y., "Quadric surface extraction using genetic algorithms", Computer-Aided Design, vol. 31, no 2, pp. 101-110, 1999.
- [4] HOLLAND, John H., Iterative circuit computers. En Papers presented at the May 3-5, 1960, western joint IRE-AIEE-ACM computer conference, 1960, pp. 259-265.
- [5] Meni Babakidi Narcisse, "Development of a gaussian filter for noise reduction in medical images", International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 36, no. 2, pp. 594-599, May 2022.

