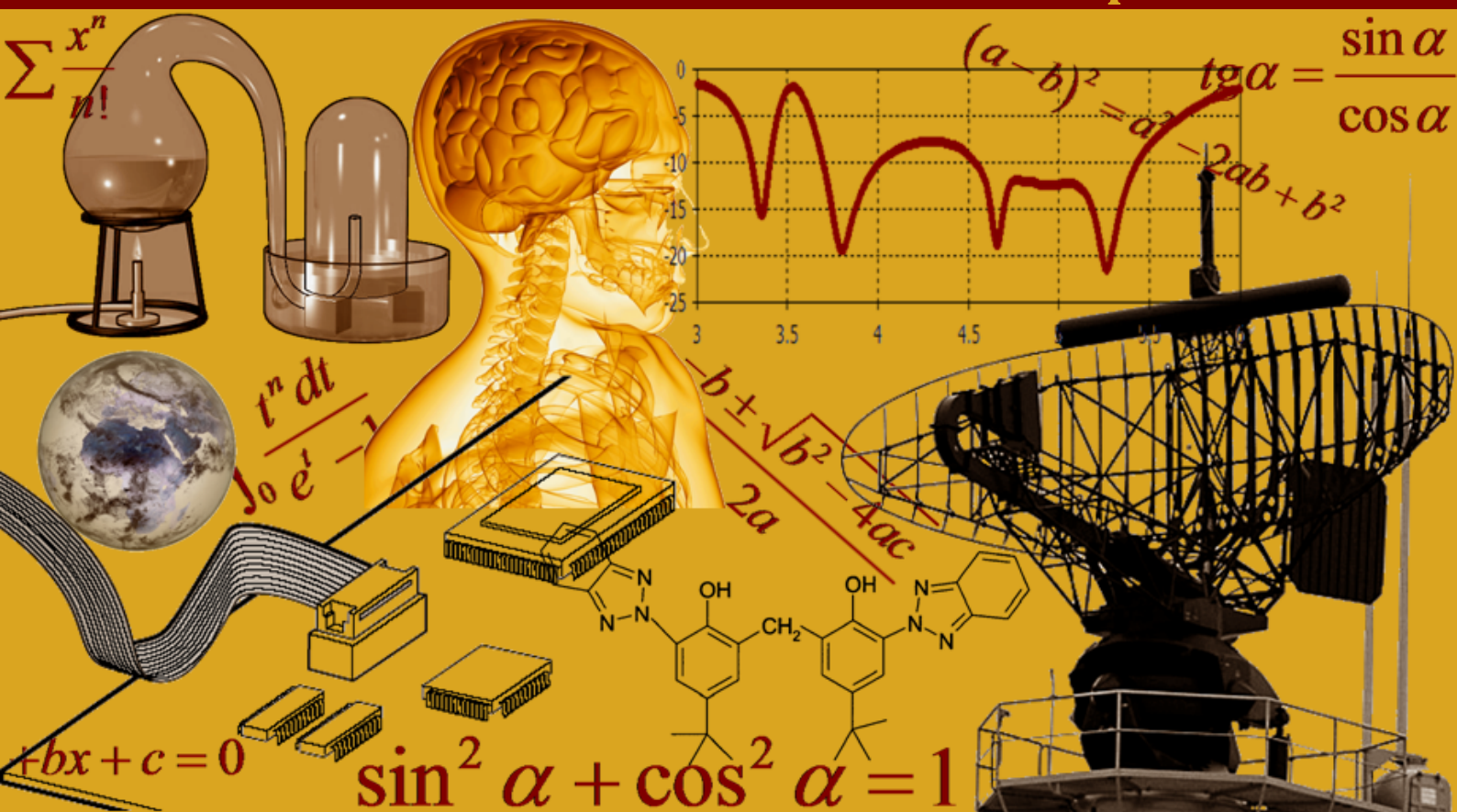


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 50 N. 2 September 2020



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

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

Editorial Advisory Board

K. Messaoudi, Hochschule für Bankwirtschaft, Germany
Sundar Balasubramanian, Medical University of South Carolina, USA
Ujwal Patil, University of New Orleans, USA
Avdhoot Walunj, National Institute of Technology Karnataka, India
Rehan Jamil, Yunnan Normal University, China
Sankaranarayanan Seetharaman, National University of Singapore, Singapore
Fairouz Benahmed, University of Connecticut Health Center, USA
Achmad Choerudin, ST.,SE.,MM., Academy Technology of Adhi Unggul Bhirawa, Indonesia
Mohammad Ali Shariati, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Iran
Md Ramim Tanver Rahman, Jiangnan University, China
Rasha Khalil Al-Saad, Veterinary Medicine College, Iraq
Neil L. Egloso, Palompon Institute of Technology, Philippines
Sanjay Sharma, Roorkee Engineering & Management Technology Institute, India
Ahmed Nabile Emam, National Research Center (NRC), Egypt
Md. Arif Hossain Jewel, Rural Development Academy, Bangladesh
N. Thangadurai, Jayalakshmi Institute of Technology, India
Urmila Shrawankar, G H Rasoni College of Engineering, India
Goutam Banerjee, Visva-Bharati University, India
Santosh Kumar Mishra, S. N. D. T. Women's University, India
Anupam Kumar, Ashoka Institute of Technology & Management, India

Table of Contents

Discours sur les pratiques sylvicoles des pasteurs nomades dans le Sahel camerounais	108-121
<i>Jules BALNA, Hamawa Yougouda, Etame Sone Diabé, Mveme Olougou Mireille Michée, Ganota Boniface, Djaowe Antoine, Bernard GONNE, OUMAROU PALOU Madi, and S. Bourou</i>	
MIGRATION INTRAVESICALE D'UN DISPOSITIF INTRA-UTERIN COMPLIQUEE D'UNE LITHIASSE: A PROPOS D'UN CAS	122-127
<i>Chaymaa Mohammadine, Hamza Dergamoun, J. Meddah, Ahmed Ibrahim, Aziz Slaoui, and Aziz Baidada</i>	
Impact de la culture cacaoyère sur le paysage en zones rurale et domaniale de l'Ouest de la Côte d'Ivoire	128-137
<i>Kadio Attey Noël Koua, Yao Sadaïou Sabas Barima, KPANGUI Kouassi Bruno, and BAMBA Issouf</i>	
Évaluation de l'effet de trois modes de semis sur la croissance et la productivité du fonio (<i>Digitaria exilis</i> (Kippist) Stapf) dans la commune de Korhogo en Côte d'Ivoire	138-147
<i>Siéné Laopé Ambroise Casimir, Traoré Mohamed Sahabane, Doumbouya Mohamed, Kouadio Ange Fabrice Béra, Makadji Sogona, and Zingbé Gonnepou Emmanuel</i>	
Évaluation de la qualité des eaux de puits et de rivière, utilisées par certaines populations de la ville de Libreville au Gabon: Cas du quartier Nzeng-Ayong Dragages	148-165
<i>Yvon-bert Pambo, Alice Mikolo Ep. Banaka, Emelie Arlette Apinda Legnouo, Nadine Ngavila Ep. Goa, Annie Marcelle Massolou, and Alfred Ngomanda</i>	
Impact sociosanitaire du manque de l'eau de la regideso dans la commune de KADUTU	166-179
<i>Jackson LWESSO ILUNDU</i>	

Discours sur les pratiques sylvicoles des pasteurs nomades dans le Sahel camerounais

[Speeches on forestry practices of nomadic pastoralists in the Cameroon Sahel]

Jules Balna¹, Hamawa Yougouda², Etame Sone Diabé¹, Mveme Olougou Mireille Michée³, Ganota Boniface⁴, Djaowe Antoine⁵, Bernard Gonne⁴, Oumarou Palou Madi⁶, and Sali Bourou⁷

¹Département de Géographie, Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines, Université de Maroua, Cameroon

²Département d'Agriculture, Elevage et Produits dérivés, Ecole Nationale Supérieure, Université de Maroua, Cameroon

³Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Nkolbisson, Cameroon

⁴Département de Géographie, Ecole Normale Supérieure, Université de Maroua, Cameroon

⁵Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Yagoua, Cameroon

⁶Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Wakwa, Cameroon

⁷Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Maroua, Cameroon

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study updates the social picture painted on forestry practices of nomadic herders in the Cameroon Sahel. It extends the debates in the literature by Petit and Walkins on the pruning in Britain. Drawing on social and public representations, opinions on how to harvest tree foliage appear to be divergent. The skeptics believe that pastoral farming has always had negative effects on nature, unlike the convinced. Based on the documentation concerning the dendrometric measurement data taken in the Sahel and the surveys carried out between 2013-2019 in 17 agrosylvopastoral terroirs on a sample of 510 people aged 30 to over 80 years, the images designed on the pastoral activity are contradictory. If the scientific data from the measurements of the branches to be pruned and those of ethnologists and pastoralists indicate rationality in the practices, this is not always the case for ecologists and foresters for whom these practices affect the plant and therefore contribute to the desertification. From then on, a debate was put on the table at the Earth Summit in 1992 and still fuels the controversy today.

KEYWORDS: Pastoral activities, Social Representations, Tree Pruning, Degradation, Far North, Cameroon.

RESUME: Cette étude met à jour les clichés sociaux produits sur les pratiques sylvicoles des pasteurs en zone sèche du Cameroun. Elle prolonge les débats dans la littérature faite par Petit et Walkins sur l'émondage en Grande-Bretagne. En puisant dans les représentations sociales et publiques, les opinions sur la façon d'exploiter le feuillage des arbres paraissent divergentes. Les sceptiques pensent que l'élevage pastoral a toujours eu des effets néfastes sur la nature contrairement aux convaincus. En s'appuyant sur la documentation concernant les données des mesures dendrométriques prises dans le Sahel et des enquêtes effectuées entre 2013-2019 dans 17 terroirs agrosylvopastoraux sur un échantillon de 510 personnes âgées de 30 à plus de 80 ans, les images conçues sur l'activité pastorale sont contradictoires. Si les données scientifiques issues des mesures des branches à émonder et celles des ethnologues et pastoralistes indiquent la rationalité dans les pratiques, il n'est pas toujours le cas pour les écologues et les forestiers pour qui ces pratiques affectent la plante et partant, contribueraient à

la désertification. Dès lors, un débat a été posé sur la table lors du sommet de la terre en 1992 et alimente encore la polémique de nos jours.

MOTS-CLEFS: Pasteurs, Représentations sociales, Emondage, Dégradation, Extrême-Nord, Cameroun.

1 INTRODUCTION

Le nomade est-il prédateur ou conservateur de la nature? Depuis l'époque coloniale, cette question a fait l'objet de plusieurs débats entre forestiers, écologues, environnementalistes, ethnologues et politiciens. Dans le Sahel, elle reste encore posée par les services forestiers qui alimentent la polémique. La bonne connaissance de l'environnement et le souci de sa préservation, attribués aux pasteurs peuls dans la littérature ethnologique, ne sont pas reconnus par les écologues et les forestiers, qui ont rendus les populations pastorales responsables de nombreux dommages occasionnés au couvert végétal [1]. Cette responsabilisation de la dégradation actuelle de la biodiversité par l'élevage pastoral a été appuyée lors du sommet de la terre à Rio en 1992. Peu à peu s'est ainsi imposée l'idée que les pratiques pastorales soient responsables de la désertification du Sahel. De nombreux auteurs classiques ([2], [3], [4], [5]) voire ceux à la vielle de la promulgation des codes forestiers dans l'Afrique francophone ([6], [7] et [8]) ont présenté les dommages causés aux arbres par les tailles en parapluie pratiquées par les éleveurs. Cette interdiction d'émonder les arbres venant, soit des administrateurs des forêts, soit des organismes de protection de la nature, a pris ses origines dans les codes forestiers sahéliens taillés en fonction des intérêts des colons.

Dès les premières lignes de l'introduction de l'article imposant issu de la revue bibliographique sur l'émondage effectué en Grande-Bretagne entre 1600 et 1900, il est signalé une faible littérature consacrée à l'émondage des arbres [9]. Les jugements critiques sur les pasteurs nomades, convergeant avec des raisons qui les fondent et pas toujours identiques, ont été portés depuis la nuit des temps par les agriculteurs [10]. Selon les communautés rurales, il a été admis que le nomade est nuisible surtout dans une logique de cohabitation. L'attitude des éleveurs vis-à-vis de leurs animaux semble irrationnelle. Pour attirer l'attention sur le rôle social et religieux du bétail, [11] l'a fort longtemps appelé « Cattle-Complex », car les pratiques pastorales sont toujours critiquées. Au regard des considérations négatives portées sur les pasteurs nomades, cette étude a pour but d'analyser les discours issus des horizons diverses sur les pratiques sylvicoles des pasteurs peuls.

L'objectif de ce travail est de confronter les perceptions paysannes avec celles scientifiques issues de la recherche documentaire afin de faire une analyse critique des représentations sociales. Il s'agit de ressortir les schèmes de ces savoirs spontanés au sens de Moscovici et Jodelet. Examiner ainsi ces savoirs locaux ou peu objectifs *a priori* « faux », est important pour décrypter les rapports entre les sociétés nomades et celles sédentaires dans un contexte de forte pression sur les ressources ligneuses.

2 APPROCHE METHODOLOGIQUE

2.1 SUPPORT SPATIAL

L'étude a été menée dans la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun, la partie la plus sèche du territoire national. Elle est située entre 10° et 13° de latitude Nord et 13° et 16° de longitude Est (figure 1). Cette région occupe une superficie de 34 263 km² ayant une population parmi les plus nombreuses du Cameroun (3 111 792 habitants) d'après le 3^e Recensement Général de population et de l'Habitat en 2005 [12]. Cette population s'adonne aux activités rurales notamment l'agriculture largement pluviale, un élevage sédentaire et transhumant, la coupe et la vente de bois de chauffe, l'artisanat et le petit commerce [13]. Sa population est multi-ethnique d'obédience chrétienne, islamique et ancestrale. C'est l'une des régions la plus menacée par la famine due aux séquences successives sèches (1968-1974, 1983-1984, 2002-2003, 2005, 2009) qu'a connu le Sahel africain au cours des 04 dernières décennies [14].

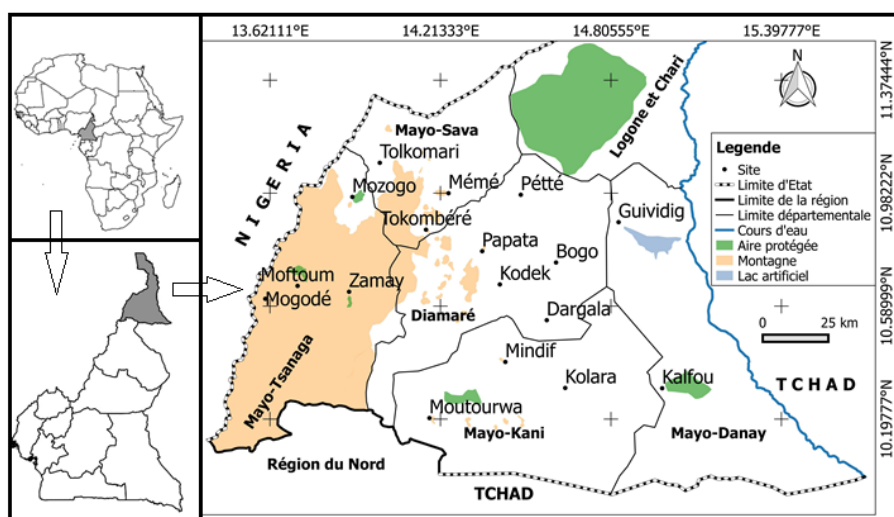


Fig. 1. Localisation des sites enquêtés (Source: Levée GPS, 2014 et Google earth, 2018)

Au-delà de la famine, cette région dispose d'un cheptel bovin du pays estimé à 1 804 389 têtes de bovins, de caprins et d'ovins en 2013 selon la Délégation Régionale d'Elevage, des Pêches et des Industries Animales [15] représentant 20% du cheptel national, un pâturage qui nourrit 500 000 têtes des bovins venant des pays membres de la Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT), des aires protégées comprenant 03 réserves forestières et 03 parcs nationaux couvrant 175 900 ha, des terres cultivables estimées à 2 570 000 ha et une production potentielle de 1 667 000 mètre-stère de bois par an issues des formations végétales ([16], [17], [18]). Elle est aussi devenue une zone d'accueil d'animaux venant des pays voisins ayant un comportement irresponsable envers la végétation qui se traduit par la destruction des pâturages aériens par les éleveurs transhumants Oudha [19]. Comme dans l'ensemble du Sahel, son climat est semi-aride avec une pluviométrie annuelle moyenne de 800 mm entre mai et octobre [20]. D'après l'étude faite par [21], l'indice d'aridité de De Martonne donne une valeur de 20,81, l'insolation varie entre 250 et 300 heures entre octobre et avril, les vents deviennent très violents avec une vitesse ≥ 12 Km/h entre janvier et mai, une température de 40°C en avril. Ces données hydrométéorologiques selon le même auteur sont caractéristiques d'une zone semi-aride.

La superficie des espaces ligneux dans la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun est évaluée à 2,824 millions ha ([22], [23]). Selon les mêmes sources, ces espaces sont composés de plusieurs types de formations dont les plus dominantes sont arbustive à arborée (23,3%), arborée (10,9%) et steppique arbustive (8,9%). La couverture ligneuse est dominée par *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Anogeissus leicarpa*, *Acacia sieberiana*, *Tamarindus indica*, *Faidherbia albida*, *Ziziphus mauritiana*, *Combretum sp.*, *Guiera senegalensis* ([24], [25], [26]). Ces espèces sont pour la plupart affouragées par les ruminants aussi bien des éleveurs locaux que ceux des transhumants ([27], [28]).

2.2 ECHANTILLONNAGE

La zone concernée par l'étude couvre 05 des 06 départements de la Région de l'Extrême-Nord. Il s'agit de Mayo-Sava, Mayo-Tsanaga, Diamaré, Mayo-Kani et Mayo-Danay (figure 1). Leur choix se justifie par le passage annuel des transhumants, l'accueil des éleveurs mobiles, la présence des parcs à *Faidherbia albida*, des peuplements à *Acacia seyal* et *Balanites aegyptiaca*. Ce choix a aussi tenu compte de la présence des aires protégées qui, de plus en plus, attirent les transhumants à exploiter le fourrage aérien lors de leur passage. Pour ce faire, l'échantillon de milieu [29] a été choisi, puisque cette recherche se rapporte à des milieux spécifiques. La population locale, intégrant l'échantillon de cette recherche, a principalement concerné les utilisateurs de l'espace à savoir les agriculteurs, les pasteurs locaux sédentarisés et les collecteurs de bois. Ces groupes d'utilisateurs de l'espace peuvent mieux apprécier le passage des éleveurs nomades.

Au total, 17 terroirs agropastoraux et sylvopastoraux (figure 1) ont été choisis sur la base des critères tels que l'âge (30 à plus de 80 ans), le sexe, le type d'éducation (fonctionnelle, moderne ou école coranique) et l'activité pratiquée (agriculture, élevage et collecteur du bois de feu). A cet effet, les individus ont été choisis par boule de neige. L'idée est de diversifier les profils des informateurs en fonction des critères définis. Il s'est agi en effet de choisir progressivement les répondants et de façon ciblée en tenant compte de la saturation et de la diversification. Par saturation, l'effectif a été fixé à 510, soit 30 par sites, ayant constaté que les informations pour saisir "ce qui se dit" sur les pratiques sylvicoles par les acteurs ont été suffisantes.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données s'est appuyée sur les enquêtes de perceptions par questionnaire et entretiens conduites auprès des agriculteurs, des pasteurs locaux et des collectrices de bois dans les sites situés dans les zones où les éleveurs émondent régulièrement les arbres en saison sèche surtout en période de soudure (avril à juin). La période de cette collecte se situe entre 2013 et 2019. Ces enquêtes ont été directes et administrées individuellement. Les questions posées ont été ouvertes. Toutefois, des notes ont été aussi prises lorsque l'enquêté avance de temps en temps des savoirs profanes sur l'objet de cette étude. Il s'est agi de décrypter les clichés produits par ces populations locales sur l'exploitation des arbres par des groupes pastoraux venus du Niger et du Nigeria. Les thèmes abordés ont porté sur les perceptions de l'exploitation du fourrage aérien par les éleveurs nomades. En clair, il s'est agi de se pencher sur les opinions diverses que partagent les usagers locaux de la ressource arborée sur les pratiques sylvicoles des nomades et les conséquences (positives et négatives) posés par celles-ci.

Cette étude se situe dans la même ligne que ceux des travaux classiques et récents sur la théorie des représentations sociales ([30], [31], [32], [33], [34], [35], [36]) et ceux récents ([37], [38], [39]) sur les représentations publiques. Ces travaux trouvent largement leur place dans cette étude pour mettre en évidence les clichés sociaux en lien avec les pratiques sylvicoles des éleveurs nomades. De ces travaux, leur point commun est que les représentations sont des formes de savoir naïf destinées à organiser les conduites et orienter les communications; elles sont des connaissances socialement élaborées et partagées [32], appliquées dans le champ de la culture, car les sociétés humaines ont toujours su garder leur paysage ([33], [35], [40]), veues dans le processus de formation des opérations sociales [33], des phénomènes complexes, pluridimensionnels et polymorphes [35] et sont une notion transversale et un outil de transdisciplinarité [36].

A priori, ces connaissances sont fausses. Le concept des représentations publiques utilisé est celui repérable dans les discours, les articles, les communications de presse et les discours relevant de l'ensemble des productions intellectuelles et politiques objectivées et entretenues par les acteurs macros et institutionnels ([37], [38]). Cette étude s'inspire aussi de l'idée de [39] qui invite le chercheur à se référer à une représentation de la réalité qui nous entoure et des éléments qui la constituent. C'est dans ce sillage que s'inscrit la démarche de cette étude pour davantage sculpter à travers cette "loupe sociale" les formes d'images produits.

2.4 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

Pour faciliter le traitement des données, elles ont été regroupées sous 04 thèmes: avis négatifs sur les pratiques sylvicoles, conséquences des pratiques sylvicoles irrationnelles, opinions positifs sur les pratiques sylvicoles et avantages des pratiques sylvicoles raisonnées. Un dépouillement complet a permis de faire un regroupement des réponses en catégories et l'attribution des codes numériques. A cet effet, un dictionnaire des variables a été créé à l'aide du logiciel Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 20.0 qui a consisté à ouvrir 04 variables en fonction des thèmes retenus.

L'analyse des données s'est appuyée sur une posture de recherche dont le but est de suivre de plus près les acteurs, de considérer les arguments et les preuves qu'ils posent sans pour autant chercher à les réduire ou à les disqualifier [41]. Ce n'est qu'en écoutant les acteurs et en apprenant d'eux que le chercheur s'évertue à appréhender le monde perçu par les acteurs [42]. Telle est d'ailleurs la raison pour laquelle cette étude a choisi de prendre en compte les opinions des enquêtés. Ainsi à l'aide de Microsoft Office Excel 2016, les avis ont été quantifiés puis présentés sous forme des figures en pourcentage selon les occurrences des discours. Cette méthode implique l'application des procédures techniques relativement précises à l'instar du calcul des fréquences ou des co-occurrences des termes utilisés.

A cet effet, cette étude s'aligne aussi derrière la méthode d'analyse élaborée par [43] et [44]. La priorité dans l'analyse est plus accordée à l'ordre d'évocation des items, la fréquence d'apparition des éléments et l'importance qui leur est accordé par les répondants. Par ailleurs, les analyses structurales ont été aussi utilisées. Elles ont porté sur l'analyse des co-occurrences qui aborde les associations de thèmes dans les séquences de la communication [45]. Pour celles issues des entretiens, une analyse du contenu a été faite dans le sens de décrypter les discours des répondants, surtout ceux issus des perceptions. L'analyse de contenu permet de comprendre le fonctionnement du langage en tant que tel ([46], [45]). L'analyse thématique des discours consiste à produire une reformulation du contenu des énoncés sous une forme condensée dans le but d'identifier des idées significatives [47], et partant, de saisir les points de vue des acteurs.

3 RÉSULTATS

3.1 UNE PRATIQUE PASTORALE DOMINEE PAR UN ÉMONDAGE ABUSIF

Les paysans ont des perceptions partagées sur les pratiques d'usage des ligneux fourragers. Les opinions sont diversifiées et concernent principalement la façon selon laquelle les arbres fourragers sont exploités dont les éléments d'appréciation sont temporaires et physiques (figure 2).

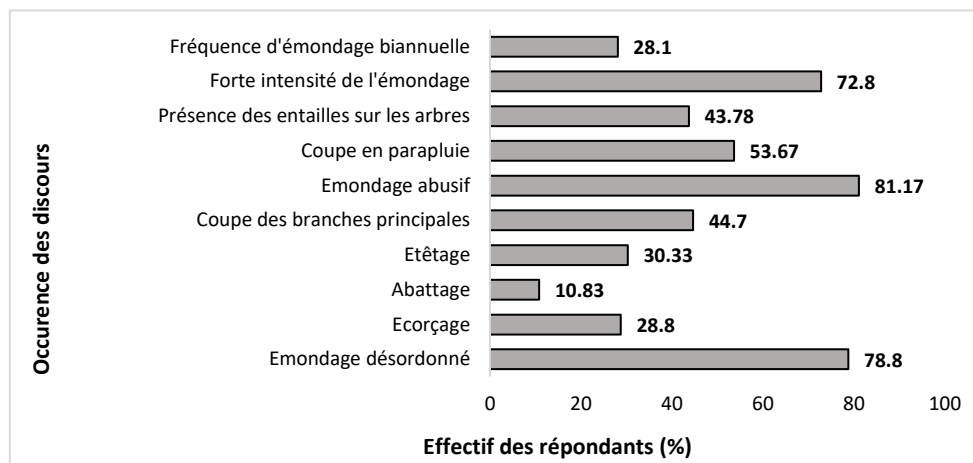


Fig. 2. Proportion des opinions sur les pratiques sylvicoles irrationnelles

Les résultats obtenus mettent en évidence des pratiques sylvicoles (planche des photos 1a, 1b, 1c et 1d) jugées déraisonnées par la population sédentaire. Pour elle, l'émondage est abusif (81,17%), désordonnée (78,8%) et l'intensité de prélèvements des feuilles est forte (72,8%). Les parties exploitées pour le fourrage sont constituées des branches principales selon 44,7% des répondants. Le berger, en grimpant l'arbre, laisse des entailles sur le tronc susceptibles de constituer une pathologie d'où leur appréciation de mauvaise pratique (43,78%). Cet émondage est effectué deux fois par an (28,1%) ne permettant pas surtout aux rameaux de développer ses branches. Les coupes en parapluie (53,67%) effectuées sur *Acacia seyal* au Sud du parc national de Waza et dans la zone de Mindif et Moutourwa empêchent la ressource de se reconstituer immédiatement. Au-delà de ces pratiques, d'autres à l'instar de l'étêtage (30,33%), de l'écorçage (28,8%) et de l'abattage (10,83%) ont été aussi qualifiées de non durables. La pratique d'écorçage perturbe ainsi le fonctionnement physiologique de l'arbre. Parlant particulièrement de l'écorçage, cette pratique est faite à but médicinale. En effet, le berger mbororo possède une connaissance parfaite de la nature. C'est la raison pour laquelle, il prélève dans la nature écorces, racines et feuilles pour non seulement se soigner, mais aussi soigner ses animaux.

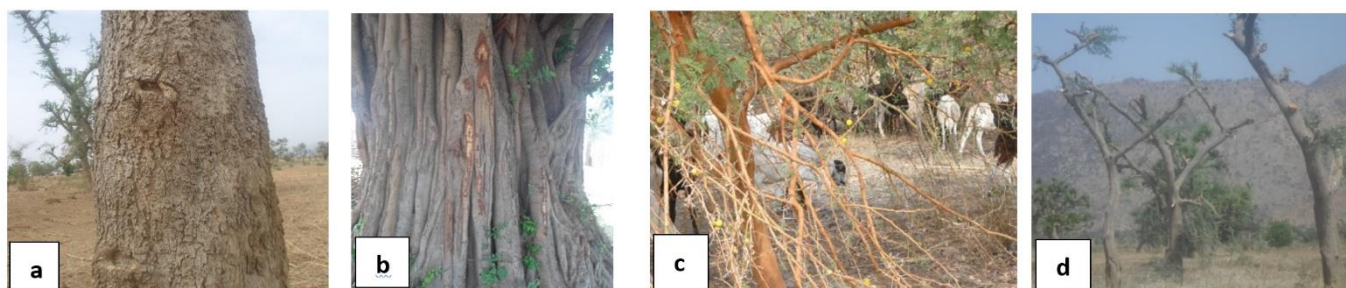


Planche des photos 1. a) Entaille sur un tronc de *Faidherbia albida*, b) Ecorçage d'un arbre, c) Coupe en parapluie responsable de feu de brousse, d) Ebranchage retardant souvent la régénération de l'arbre

Les appréciations faites sur l'exploitation des ligneux fourragers par les nomades varient d'une personne à une autre, d'un groupe à un autre, d'une classe d'âge à une autre ou encore selon l'ethnie, le niveau d'éducation, le sexe, la religion ou selon le statut social. Globalement, les usagers locaux de la ressource arborée pensent que les éleveurs mbororos sont responsables de la destruction du couvet ligneux, et partant de nombreux autres problèmes liés aux changements climatiques actuels.

3.2 DES EFFETS NEGATIFS LIES À L'EXPLOITATION DE LA VEGETATION LIGNEUSE

L'exploitation de la végétation ligneuse par les nomades pose d'énormes problèmes environnementaux selon les représentations sociales. Ceux les plus signalés sont liés aux changements climatiques, aux sols, à la disponibilité des semences forestières, au feu de brousse, à la physiologie des arbres et à la biodiversité floristique (figure 3).

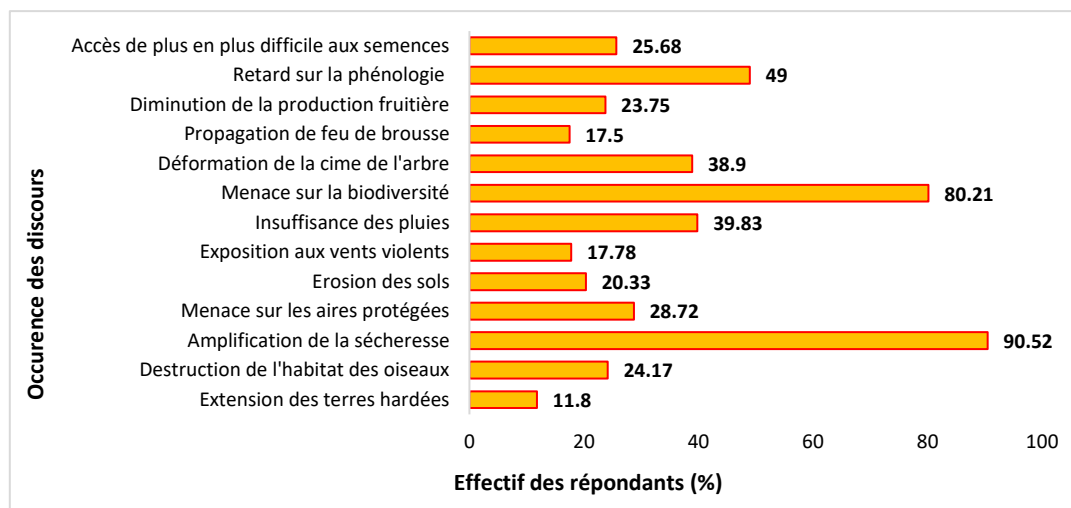
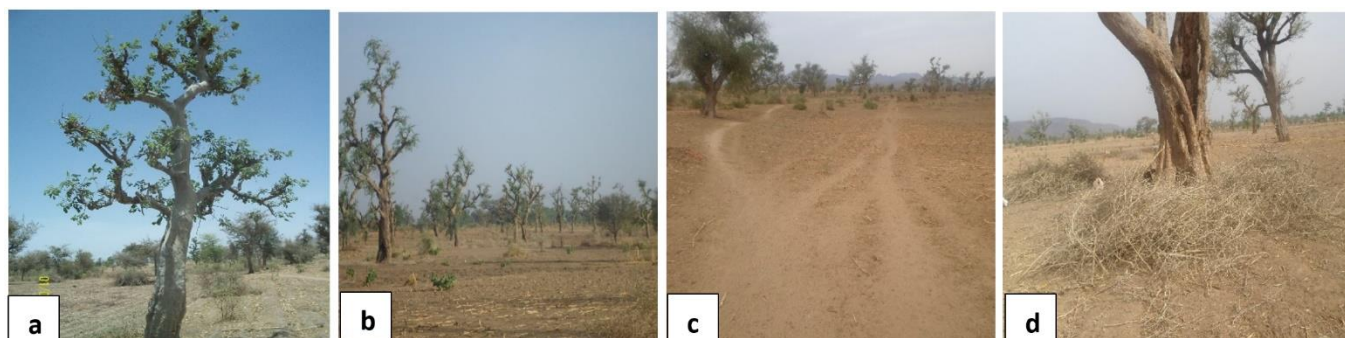


Fig. 3. Proportion des problèmes majeurs posés par l'usage de la végétation ligneuse

Les résultats obtenus sur les problèmes relatifs aux pratiques sylvicoles dressent un bilan assez exhaustif. Il ressort que selon les points de vue de 90,52% des usagers, ces pratiques accentuent la sécheresse. Les paysans ont toujours indexé l'accentuation de la sécheresse suite au passage répétitif des éleveurs nomades sur leur territoire. La baisse de la biodiversité floristique (80,21%) a été aussi signalée comme l'un des problèmes majeurs. En effet, des espèces fourragères à l'instar de *Stereospermum kunthianum*, *Acacia sieberiana*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Balanites aegyptiaca*, *Anogeissus leiocarpus* deviennent de plus en plus rares dans la brousse. Cette menace sur la diversité végétale concerne aussi les aires protégées (28,72%).

D'autres problèmes peu perçus par la population mais, qui à l'échelle régionale se posent avec acuité sont entre autres l'extension des terres hardées (11,8%) à travers le surpâturage et l'érosion des sols (20,33%) par les drailles (planche photo 2) multiples qui se dessinent lors de la pâture. La perturbation de la pluviométrie signalée par le retard des pluies (39,83%) a été également perçue et attribué à la forte pression humaine sur la végétation. Cette pression serait responsable du retard sur la phénologie (49%), la déformation de la cime des arbres (38,9%), l'accès de plus en plus difficile aux semences forestières (25,68%), la destruction de l'habitat des oiseaux (24,17%), la diminution de la production fruitière (23,75%), l'exposition de la population et des cultures aux vents violents (17,78%), la propagation de feu de brousse (17,5%) liée aux coupes en parapluie. Les points de vue diversifiés des acteurs sont attribués pour la plupart des cas aux coupes répétitives et excessives des arbres dans les villages. Cela est avoué dans les déclarations du genre "leur passage rend nu notre milieu naturel", "ils déshabillent nos arbres", "l'émondage est abusif et c'est chaque année", "ils émondent les arbres le long de leurs parcours même ceux utiles derrières les maisons", "l'émondage s'effectue à une grande échelle contrairement aux sédentaires où il se fait à une petite échelle".



Plaque des photos 2. a) *Stereospermum kunthianum*: une espèce fourragère menacée d'extinction, b) Parc à *Faidherbia albida* dénudé détruisant pendant une partie de l'année l'habitat des oiseaux, c) Drailles sur un parcours pastoral responsable de l'érosion des sols, d) Arbre attaqué par les parasites suite aux multiples entailles sur le tronc.

De telles idées naïves, qui d'un point de vue scientifique sont *a priori* fausses, sont ainsi déclarées par les utilisateurs locaux. En effet, ils mettent en exergue le refus de leur cohabitation passager avec les nomades. Il faut davantage expliquer cela par des restrictions faites par les agents forestiers sur l'émondage usagers locaux de la ressource arborée. Malgré le fait que certaines pratiques d'exploitation soient irrationnelles, c'est-à-dire ayant des effets néfastes sur la nature, des pratiques diversifiées jugées rationnelles sont observées par les paysans locaux.

3.3 DES PRATIQUES SYLVICOLES RATIONNELLES

A côté des représentations négatives sur la façon selon laquelle les fourragers ligneux sont traités figurent aussi celles positives. Quoiqu'on dise, les éleveurs nomades connaissent parfaitement les arbres. Cette connaissance a été attestée par les différentes communautés locales (figure 4).

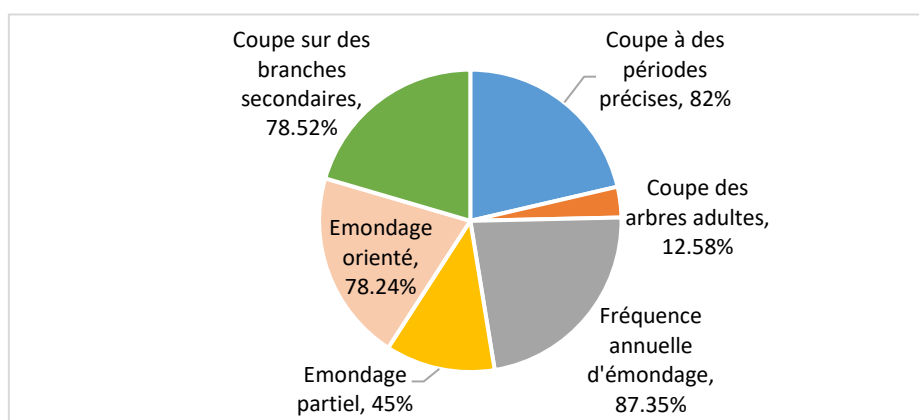


Fig. 4. Distribution des pratiques sylvicoles rationnelles

La population locale a minutieusement examiné dans les détails les différentes pratiques jugées raisonnables. Il semble clair que le prélèvement du fourrage est effectué à une fréquence raisonnable (87,35%) et à une période bien précise de l'année (82%). En effet, le passage des transhumants est annuel dans les terroirs villageois. Ils s'installent sur le territoire de ces derniers entre décembre et juin. Dans l'ensemble, les bergers sélectionnent les branches secondaires (78,52%) et de manière orientée (78,24%) sur lesquelles ils doivent produire du fourrage (planche des photos 3a et 3b). A la différence des éleveurs sédentaires, les nomades, eux, prennent le soin de sélectionner les jeunes branches pour produire du fourrage. Il a été constaté que la totalité du houppier n'est pas émondé, car une partie est toujours laissée pour l'année pastorale suivante. Ce soin est aussi pris pour sélectionner les arbres adultes. Cela est une preuve de la gestion rationnelle des ressources ligneuses par une communauté nomade donc l'émondage est devenu une tradition.

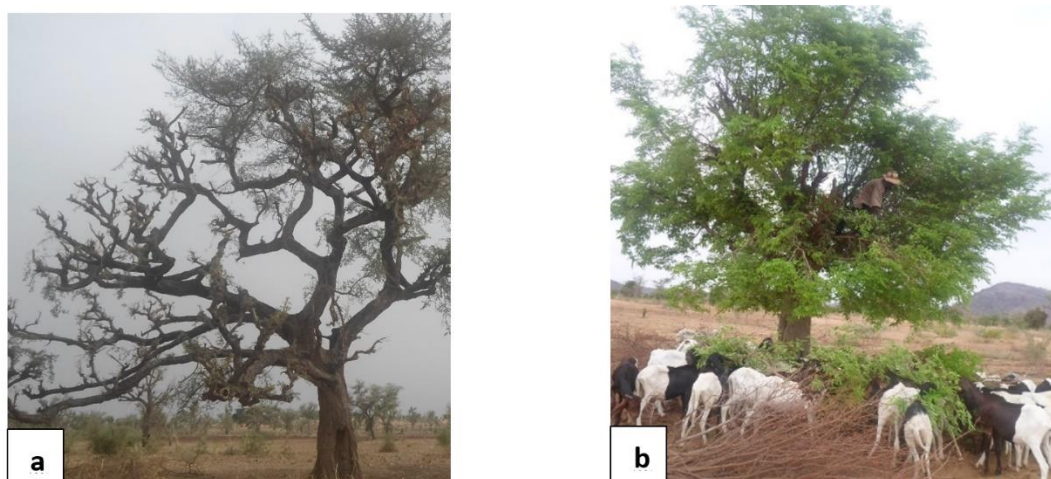


Planche des photos 3. a) Emondage partiel, b) Emondage selectif: deux pratiques pastorales permettant aux arbres de se régénérer.

3.4 AVANTAGES LIÉS À L'EXPLOITATION FOURRAGERE DES ARBRES SAHÉLIENS

Si les botanistes et les forestiers s'attristent de voir une végétation clairsemée aux arbres rabougris, il peut être utile de signaler les multiples avantages que procurent les pratiques sylvicoles (figure 5).

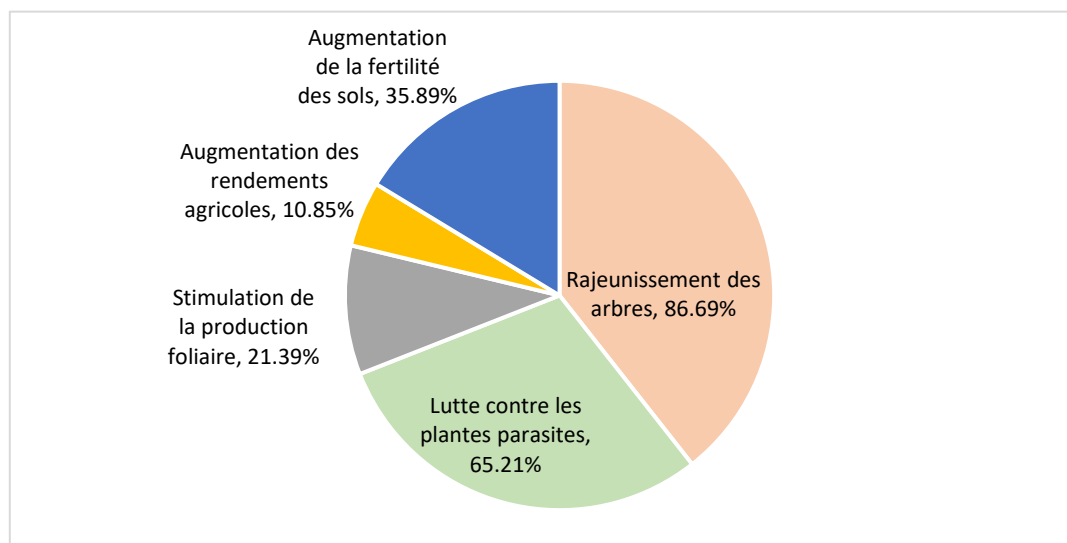


Fig. 5. Proportion des avantages en lien avec les pratiques sylvicoles

Les acteurs locaux ont attesté la connaissance fine que possèdent les pasteurs transhumants sur le milieu dans lequel ils produisent du fourrage à leur bétail. Les résultats obtenus à propos mentionnent clairement qu'émonder un arbre ou le couper en parapluie sont plutôt des pratiques qui permettent à ce dernier de se rajeunir (86,69%) et de stimuler par ailleurs sa production foliaire. Cette constatation a été faite sur des espèces notamment *Faidherbia albida*, *Acacia seyal* et *Acacia sieberiana*. En outre, les utilisateurs locaux indiquent qu'éliminer certaines branches de l'arbre est un moyen de lutte contre les plantes parasites (65,89%). Il s'agit en effet du cas du *Tapinanthus sp.* (gui d'Afrique) posé sur les branches des arbres aussi bien dans les formations agroforestières qu'en peuplement naturel. Par ailleurs dans les parcs arborés, il a été signalé que les émondes brûlées (planche des photos 4) peuvent fertiliser le sol (35,89%) et partant, augmenter le rendement agricole.

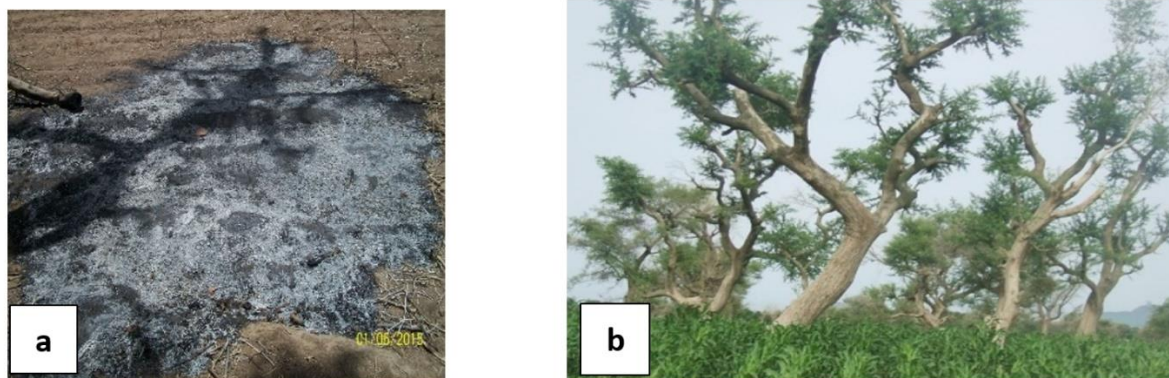


Planche des photos 4. a) Emondes brûlés dans un champ, b) Champ de sorgho sous *Faidherbia albida*

En effet au cours du pâturage aérien, les animaux laissent leurs déjections sous les arbres émondés qui, sans doute, fertilise les champs des paysans. Cela a d'ailleurs amené les paysans dans certains terroirs (Mozogo, Tolkomari) à signer les contrats de pacage avec les éleveurs transhumants contre une somme d'argent. Le montant versé varie entre 10 000 et 20 000 FCFA. Il arrive de fois que le paysan donne à l'éleveur les résidus de récolte pour bénéficier de ce pacage.

4 DISCUSSION

4.1 PRATIQUES SYLVICOLES ET DEGRADATION DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE

Il est difficile de répondre à la question de savoir si les nomades sont prédateurs ou conservateurs de la nature. Plusieurs scientifiques ont fait le point sur la controverse actuelle de la dégradation du milieu naturel et partant le processus de la désertification dans le Sahel. Les travaux des ethnologues, des anthropologues et des géographes présentés directement ou indirectement par plusieurs auteurs dans le Sahel africain sur les peuls, décrivent les multiples connaissances de la végétation qu'ont les pasteurs et le lien d'harmonie qui les lie à la brousse ([48], [49], [50]). Des travaux relativement anciens ([51], [52], [53], [54]) avaient déjà prouvé cette connaissance fine des nomades au Sahel. Pour l'émondage des arbres par les éleveurs nomades, plusieurs travaux ([55], [27], [50], [56]) convergent vers l'idée d'une connaissance et d'une gestion raisonnée ancrée dans la tradition. L'anthropologue [57], ayant axé ses recherches sur les sociétés nomades (pêcheurs, cueilleurs, éleveurs) chez plusieurs sociétés, réfute l'idée selon laquelle les éleveurs nomades sont des prédateurs. Au contraire, il démontre que la mobilité pastorale permet à la nature de se reconstituer. Allant dans le même ordre d'idées, [58] s'aligne sur l'idée de Bonté pour dire que ces pasteurs ont une capacité à adapter leurs stratégies dans un environnement opportuniste de l'environnement.

Les résultats des mesures dendrométriques faites sur la base du suivi journalier des troupeaux par des auteurs ayant travaillé sur l'émondage réfutent les perceptions des forestiers, des politiciens et des environnementalistes. A l'Ouest du Burkina Faso, le diamètre des branches coupées par les bouviers se situe entre 2 et 3 cm [48]; 3 cm dans la plaine du Diamaré à l'Extrême-Nord du Cameroun et 5 cm dans la vallée de la Bénoué [27]. Dans les plaines fourragères de Mozogo et de Tolkomari, ce diamètre est de $2,4 \pm 0,8$ cm [56]. Ces connaissances scientifiques contredisent donc celles des populations sédentaires. Elles prouvent que les pratiques sylvicoles des éleveurs nomades ou sédentaires fondées sur l'empirisme sont orientées vers une gestion raisonnée des ressources ligneuses.

Dans les sites étudiés, *Faidherbia albida* est une essence ligneuse abondante la plus émondée dans les parcs arborés. Par conséquent, son émondage excessif ne contribue pas du tout à sa destruction. Des essais d'émondage total répétés ont été effectués sur cette espèce dans les villages de Dossi et Watinoma (Burkina Faso) par [59]. A partir de cet essai expérimental, on devine immédiatement la nécessité d'émonder cette espèce. Cela a d'ailleurs été longtemps appuyé dans d'autres travaux ([60], [61]). Il semble clair que l'émondage des arbres possède des avantages multiples notamment l'augmentation des rendements cultureux, la stimulation de la production foliaire et le rajeunissement des arbres ([62], [63], [64], [59], [65], [1]). A ce sujet, les travaux de plusieurs chercheurs dans le Sahel mettent à contribution l'idée que l'émondage soit bénéfique pour l'arbre. Parmi ceux-ci, les résultats des essais sylvicoles dans les parcs arborés effectués par [66] mettent largement en évidence la nécessité d'émonder, d'abattre, de receper ou d'écimer un arbre. Selon [67], il s'avère que les arbres des formations agroforestières qui évoluent dans des conditions de stress, deviennent plus vulnérables aux attaques parasitaires. Cet auteur a réalisé dans une étude au Burkina Faso qu'environ 95% de peuplement de karité sont affaiblis par les parasites tels que

Tapinanthus sp. affectant également *Faidherbia albida* dont les conséquences sont visibles sur la production fruitière et la mort prématuré de l'arbre.

Toutefois, la pâture a des conséquences sur les processus interactifs de la physiologie végétale et de la biologie des sols à savoir la croissance de l'arbre, la production foliaire et l'évolution du peuplement ([68], [48], [27], [69]). Ces études révèlent que les bergers sont des utilisateurs de l'arbre, raison pour laquelle ils sont parfois accusés des destructeurs de la forêt. Or, entre le berger et l'arbre fourrager s'établit une relation de partenariat bilatéral en ce sens que la présence de l'arbre fourrager dans le parcours permet de réduire les peines quotidiennes et notamment la distance parcourue. Selon [48], le troupeau qui se nourrit avec la biomasse ligneuse parcourt une distance moyenne de 7 km/j, alors qu'un troupeau nourri uniquement de chaume de céréales dans les champs parcourt une distance d'environ 12km/j. On comprend que le savoir-faire de l'utilisateur est un facteur essentiel pour limiter les dégâts sur l'arbre. Dans les récents travaux sur l'ethnobotanique, il est de plus en plus évident que la pression anthropique a sans doute des effets néfastes sur la physiologie des arbres ([70], [71], [72]).

4.2 DES SAVOIRS SPONTANES SUR LES PRATIQUES SYLVIQUES DES PASTEURS

Dans le Sahel, les perceptions contemporaines sur les effets néfastes de la pratique de l'émondage corroborent avec celles des travaux du XVII^e et XVIII^e siècle en Grande-Bretagne [9]. Les résultats signalés dans cette étude à travers les représentations paysannes sont aussi en conformité avec ceux présentés dans plusieurs autres études dans le Sahel. La plupart des études sur la foresterie présentent les dommages causés aux arbres par les tailles en parapluie pratiquées par les éleveurs et démontrent que les éleveurs ne se soucient pas du tout de la végétation ligneuse [4]. Les résultats de [5] et [6], tout comme ceux de [8] et [73] révèlent que l'élevage pastoral à base du fourrage aérien est l'un des responsables de la déforestation. Les administrateurs des forêts, les environnementalistes et les politiciens ont toujours indexé les nomades comme auteurs de la déforestation au Sahel, car les pratiques sylvicoles sont reconnues destructives de l'environnement. Au-delà de la déforestation, il a même été signalé par [74] dans une étude faite au Burkina Faso que les dommages causés par les animaux aux jeunes arbres et arbustes constituent l'une des principales contraintes à l'adoption de l'agroforesterie.

Dans de nombreuses plaines du Nord-Cameroun, [75] signale que les communautés locales refusent rigoureusement le passage des nomades dans une localité, car ces derniers sont responsables de la désertification. Si le discours sur l'émondage est très homogène quel que soit le groupe ou la personne interrogée, la pratique observée est bien plus hétérogène [27]. Dans le Centre du Bénin, les différentes catégories socio-professionnelles pensent que l'émondage constitue l'une des causes de la dégradation de la végétation et des sols le long des couloirs de la transhumance [76]. Toutefois, certains scientifiques ([77], [78]) sont peu sceptiques sur la responsabilité des nomades pasteurs dans la dégradation des ressources végétales. Ils signalent que le surpâturage et le feu de brousse ne semblent être que des facteurs secondaires, le plus souvent empêchant la régénération naturelle des ligneux. Ces résultats sont analogues à la présente étude dans la mesure où le nomade est toujours accusé comme l'acteur principal de la désertification dans la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun.

5 CONCLUSION

Il y a lieu de dire pour conclure que les représentations sociales sont appréhendées sous une multiplicité de perspectives conceptuelle et méthodologique. Les études y relatives s'appliquent à plusieurs champs d'analyse. Toutefois, la représentation sociale est un ensemble d'informations, d'opinions et de croyances relatives à un objet social donné. Elle fournit des notions prêtes à l'emploi et un système de relations entre ces notions. Cela favorise l'interprétation, l'explication et la prédiction des comportements. Pour les repérer, il faut se référer aux conditions et aux contextes dans lesquels elles émergent. Ainsi, lorsqu'un individu mobilise une représentation pour évoquer un objet donné, il met en exergue une forme précise de connaissance. Ce savoir est appelé « savoir de sens commun » ou « savoir naïf ». La théorie naïve fait référence à un construit mental plus ou moins élaboré, contraire à celui de l'expert pour lequel la pensée rationnelle se fonde sur une logique universelle, dont le prototype est l'approche expérimentale ou un raisonnement hypothético-déductif. *In fine*, la représentation est un savoir de sens commun différent du savoir scientifique qui déforme la réalité scientifique des faits. Elle permet aux sujets de gérer la réalité en leur indiquant comment se comporter envers l'objet de représentation.

A la question de savoir si l'éleveur nomade est prédateur ou conservateur de l'environnement, l'étude a en fin de compte dégagé les avis nuancés sur les pratiques sylvicoles en se basant sur la théorie des représentations sociales. Ces dernières ont mieux permis d'expliquer les perceptions que possèdent les populations locales sur l'exploitation des espèces ligneuses fourragères par les nomades à l'Extrême-Nord du Cameroun. Cette pensée naïve est donc constituée d'un ensemble organisé des croyances, des attitudes, des stéréotypes, des clichés et des préjugés socialement élaborés par la communication. En effet,

cette exploitation n'est pas socialement partagée par tous les acteurs locaux, d'où l'apparition des idées spontanées, profanes ou naturelles au sens de Jodelet.

REFERENCES

- [1] Boffa, Les parcs agroforestiers en Afrique, Rome, Cahier FAO Conservation, 258 p, 2000.
- [2] Aubreville, Les forêts du Dahomey et du Togo. Bulletin du comité d'études historiques et scientifiques de l'Afrique occidentale française. Pp: 1-112, 1937.
- [3] Aubreville, La forêt coloniale. Les forêts de l'Afrique occidentale française. Annales-Paris, Société d'Édition géographique, maritimes et coloniales. 244 p, 1938.
- [4] J. Delwaulle, "Le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification et sa contribution au développement ". In: Bois et Forêts des Tropiques (174), pp: 3-25, 1977.
- [5] Pélissier, L'arbre en Afrique tropicale, La fonction et le signe, cah. ORSTOM, sér.Sci. Hum, vol. XVII, n° 3-41980. [En ligne] Disponible: horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/...4/.../00984 (24 mai 2019).
- [6] Pierre, Bruzon et Toutain, Utilisation de la forêt par l'élevage et responsabilisation de l'élevage dans la déforestation. CIRAD-EMVT, 77 p. 1995.
- [7] Dupré, Peuls nomades. Etude descriptive des wodaabe du Sahel nigérien. Paris, Karthala. 336 p, 1996.
- [8] Maiga, Sylvopastoralisme dans le sahel occidental du Mali: mode d'alimentation des petits ruminants par les espèces ligneuses, 2000. [En ligne] Disponible: [om.ciheam.org / article. php? IDPDF =96605503](http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=96605503) (10 janvier 2020).
- [9] Petit et Watkins, Pratiques paysannes oubliées. L'étêtage et l'émondage des arbres en Grande-Bretagne (1600-1900). 2004. [En ligne] Disponible: etudesrurales.revues.org/2995 (13 novembre 2019).
- [10] Bernus, Les pasteurs nomades africains, du mythe éternel aux réalités présentes. Cah. Sci. Hum. 26 (1-2), 1990. [En ligne] Disponible: horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/...4/.../31595 (17 septembre 2019).
- [11] Melville Herskovits, The Cattle Complex in East African, American Anthropology, 1926. [En ligne] Disponible: <https://www.jstor.org/stable/pdf/661299> (05 octobre 2019).
- [12] BUCREP, Rapport de présentation des résultats définitifs du 3e Recensement Général de la Population et de l'Habitat, République du Cameroun, 65 p. 2010.
- [13] CEDC, Utilisation et gestion des ressources naturelles en zone sèche du Nord-Cameroun, Rapport du diagnostic de base, Maroua, ESPRIT, 34 p. 2009.
- [14] I. Garba, I. Touré, A. Ickowicz et J.D. Cesaro, "Evolution historique de la pluviosité", Atlas des évolutions des systèmes pastoraux au Sahel, FAO, CIRAD, pp: 10-11. 2012.
- [15] Délégation Régionale d'Elevage, des Pêches et des Industries Animales, Données sur le cheptel bovin, ovin et caprin de l'Extrême Nord-Cameroun, Service des enquêtes et de la statistique, Maroua, MINEPIA, 2015.
- [16] MINEF, Gestion de l'espace et utilisation des ressources dans la région soudano-sahélienne, Projet PNUD/UNSO, CMR/89/X02, Plan de lutte contre la désertification, Yaoundé, Cameroun, 1993.
- [17] MINADER, Etude de faisabilité d'un programme de relance durable et de diversification des productions agricoles en zone cotonnière, Analyse diagnostique, Cabinet PROGRESS, Sarl, CAON-FED, UE, Yaoundé, Cameroun, 2008.
- [18] Letenneur, Hennequin, Baechler, Etude de faisabilité du programme de développement de la filière laitière au Cameroun, Rapport d'analyse diagnostique, CAON-FED, FED, MINEFI, Yaoundé, Cameroun, 2008.
- [19] Sipowo, Wenlassagou, Daouram et Chili, Etude sur les contraintes à l'accès et à l'usage du foncier pastoral au Cameroun, Rapport final, MINEPIA, FAO. 87 p., 2007.
- [20] P. Lhoste, "Sociétés pastorales et désertification au Sahel, " Bois et Forêts des Tropiques, N° 293 (3): pp: 50-59, 2007.
- [21] L. Bouba, "Hydrométéorologie de la région de l'Extrême-Nord (Cameroun): impacts sur les risques d'atteintes à l'environnement et à la santé des populations, ". XXVIe colloque de l'association internationale de climatologie, pp 116-121, 2013.
- [22] Letouzey, Étude phytogéographique du Cameroun, Paris, Lechevalier, 511 p., 1968.
- [23] Eba'a Atyi, Lescuyer, Ngouhou Poufour et Mouloundé Fouda, Etude de l'importance économique et sociale du secteur forestier et faunique au Cameroun, Rapport final, MINFOF-CIFOR, 278 p., 2013.
- [24] R. Letouzey, "Notice de la carte phytogéographique du Cameroun, " Domaine sahélien et domaine soudanien, IRA: Toulouse, pp: 1-26, 1985.
- [25] C. Seignobos, "Parcs et végétations anthropiques, " Atlas de la province de l'Extrême-Nord du Cameroun, Paris, IRD, MINAREST / INC, 171 p., 2000.
- [26] MINFOF, Stratégie de modernisation de la chaîne de valeur Bois-Energie dans la Région de l'Extrême-Nord, Cameroun, ProPSFE et GIZ, Maroua, 132 p., 2013.

- [27] Bonnérat, Pratique de gestion de l'arbre chez les éleveurs du Nord-Cameroun. Etude des modes d'utilisation des arbres et des pratiques d'émondage dans trois situations d'élevage, mémoire du Diplôme d'Ingénieur Forestier, Montpellier, ENGREF, IRAD/CIRAD, 160 p., 2002.
- [28] Balna J. et Gonné B., Vers une fonction pastorale des formations agro-forestières dans les plaines fourragères sèches de l'extrême-nord du Cameroun: cas des terroirs de Mozogo et de Tolkomari, in: B. Gonné, et Bring (Eds.), Climat et ruralité en zones soudaniennes et sahéliennes du Cameroun et du Tchad, L'Harmattan, pp: 117-137, 2016.
- [29] Pires A.P., Echantillonnage et recherche qualitative: essai théorique et méthodologique, in: J. Poupart, J.P. Deslauriers, L.-H. Groulx, A. La perrière, R. Mayer et A.P. Pires (Eds). La recherche qualitative. Enjeux épistémologique et méthodologique, Montréal, Gaëtan Morin, pp: 113-169, 1997.
- [30] Moscovici S., Des représentations collectives aux représentations sociales: éléments pour une histoire, In: Les représentations sociales, Paris, PUF, pp: 62-86, 1989.
- [31] Moscovici and Markova, Ideas and their development, in: S. Moscovici, Social representation, Cambridge, Policy Press. pp: 224-226, 2000.
- [32] Jodelet, Les représentations sociales, Paris, PUF, 365 p., 1989.
- [33] D. Jodelet, "Les représentations sociales dans le champ de la culture, " Informations sur les représentations sociales, Vol. 41 N°1., pp: 111-133. 2002.
- [34] D. Jodelet, "Place de l'expérience: vécue dans le processus de formation des opérations sociales, " Les savoirs du quotidien. Transmissions, Appropriations, Représentations, Presses Universitaires de Rennes, Collection: Didact-Psychologie ? pp: 235-255, 2006.
- [35] Jodelet, Représentations sociales et mondes de vie, Kalampalikis (Edit), Paris, Editions des archives contemporaines, Collection Psychologie du Social, 372 p., 2015.
- [36] D. Jodelet, "La représentation: notion transversal, outil de la transdisciplinarité, " Revue Cadernos de Pesquisa, Vol. 46. N° 162, pp: 287-300, 2016.
- [37] Misse Misse, "Net optimistes et Net pessimistes au Cameroun ou les internautes face aux pouvoirs, " NETSUDS, n° 2, pp: 123-130, 2004.
- [38] Misse Misse, Représentations sociales, acteurs et pouvoirs dans l'appropriation sociale des dispositifs communicationnels: Recherche sur l'Internet au Cameroun, Communication présentée au colloque de l'IMG, 2005. [En ligne] Disponible: <http://www.africanti.org/IMG/colloque/colloque2003/Communications/MISSE3> (03 décembre 2020).
- [39] Heine, Introduction à l'étude des représentations sociales et des stéréotypes, 2006, [En ligne] Disponible: <http://www.ulb.ac.be/psycho/psysoc/cours.htm> (09 février 2020).
- [40] S. Caillaud, "Représentations sociales et significations des pratiques écologiques: perspective de recherche, " Revue électronique en Sciences de l'Environnement, Vol. 10 N° 2, 2010.
- [41] Proulx, S., Usages de l'Internet: La "pensée-réseaux" et l'appropriation d'une culture numérique, In: E. Guichard (Ed.), Comprendre les usages de l'Internet, 2001.
- [42] Paillé, P., Qui suis-je pour interpréter?, In: P. Paillé (éd.), La méthodologie qualitative. Postures de recherche et travail de terrain, Paris, Armand Colin, pp: 99-123, 2006.
- [43] De Rosa, A. S., Le "réseau d'associations". Une technique pour détecter la structure, les contenus, les indices de polarité, de neutralité et de stéréotypie du champ sémantique lié aux représentations sociales, In: J.-C. Abric (éd.), Méthodes d'études des représentations sociales, Paris, Ères, pp: 82-117, 2003.
- [44] G. Lo Monaco et F. Lheureux, "Théorie du noyau central et méthodes d'étude, " Revue Électronique de Psychologie Sociale, n° 1, pp: 55-64, 2007.
- [45] Quivy et Campenhoudt, Manuel de recherche en sciences sociales, 3e édition. Paris, Dunod, 256 p., 2006.
- [46] Ghiglione et Matalon, Les enquêtes sociologiques. Théories et pratique, Paris, Armand colin, 301p., 2004.
- [47] Negura, L'analyse de contenu dans l'étude des représentations sociales, Sociologie. Théories et Recherches, 2007. [En ligne] Disponible: <http://sociologies.revues.org/index-993.html> (27 mars 2020).
- [48] Petit, Environnement, conduite des troupeaux et usage de l'arbre chez les agropasteurs peuls de l'ouest burkinabé. Approche comparative et systématique de trois situations: Barani, Kourouma et Ouangolodougou, Thèse de Géographie, Université d'Orléans, 590 p., 2000. [En ligne] Disponible: <https://agritrop.cirad.fr/264790/1/ID264790> (22 septembre 2018).
- [49] Sawadogo, Ressources fourragères et représentations des éleveurs, évolution des pratiques pastorales en contexte d'aire protégée: Cas du terroir de Kotchari à la périphérie de la réserve de biosphère du W au Burkina Faso, Thèse de Doctorat Ph.D. en Physiologie et Biologie des Organismes-Populations-Interactions, Museum National d'Histoire Naturelle, 338 p., 2011. [En ligne] Disponible: hal.ird.fr/tel-00708327/ (25 juin 2019).
- [50] Soumana, I., MahamanE, A., GandoU, Z., Sani, M., Wata Sama, I., Karimou Ambouta, J.M. & Mahamane, S., Expériences des peuls Uda'en du Niger dans la gestion des parcours: quelle implication dans les politiques environnementales. In: M.

- Requier-Desjardins, N. Ben Khatra (Coordonnateurs), Surveillance environnementale et développement. Acquis et perspectives. Méditerranée, Sahara et Sahel, pp: 129-146. Options méditerranéennes, Séries B, Etudes et Recherche, N° 68. 2012.
- [51] Stenning, Savannah nomads. A study of Wodaabe pastoral Fulani of western Bornu province. Northern Region Nigeria, Oxford University Press. 266 p., 1959.
- [52] Bonfiglioli, Dudal. Histoire de famille et histoire de troupeau chez un groupe Wodaabe du Niger, Paris, Cambridge Univ. Press. Ed. Maison des Sciences de l'homme, 293 p., 1988.
- [53] Scones, Living with uncertainty: new directions in pastoral development in Africa, Londres: Intermediate Technology Publication. 260 p., 1995.
- [54] Dupré, Peuls nomades. Etude descriptive des wodaabe du Sahel nigérien, Paris, Karthala, 336 p., 1996.
- [55] Petit et Mallet, L'émondage d'arbres fourragers: détail d'une pratique pastorale, Bois et Forêts des Tropiques, N° 270 (4), 2001. [En ligne] Disponible: bft.cirad.fr (18 septembre 2018).
- [56] J. Balna, B. Gonné, M. Oumarou Palou et A. Teweché, "Pratiques sylvicoles des pasteurs transhumants dans les agroforêts sèches du Nord-Cameroun (Afrique centrale), " International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 13 no. 3, pp: 643-655, 2015.
- [57] Bonté, Anthropologie des sociétés nomades. Fondements matériels et symboliques, Cours du département de Sociologie. Mineure d'Anthropologie, 33 p., 2006.
- [58] P. Lhoste, "Sociétés pastorales et désertification au Sahel, " Bois et Forêts des Tropiques N° 293 (3), pp: 50-59, 2007.
- [59] Depommier, D. et Guérin, H., Emondage traditionnel de *Faidherbia albida*: production fourragère, valeur nutritive et récolte de bois à Dossi et Watinoma (Burkina-Faso), In: Les parcs à *Faidherbia*, les Cahiers Scientifiques N°12, CIRAD-Forêt, pp: 55-85, 1996.
- [60] Cissé, Synthèse des essais d'ébranchages pratiqués sur quelques arbres fourragers sahéliens de 1978 à 1983, Doc. Progr. N° AZ 103. CIPEA/ILCA. 18 p. + annexe, 1984.
- [61] Bonkougou, Monographie d'*Acacia albida* Del. Espèce agroforestière à usages multiples, Ouagadougou, Burkina Faso, IRBET/CNRST, 92 p., 1980.
- [62] Kessler J.J., The influence of *Karité* (*Vitellaria paradoxa*) and *nééré* (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. Agroforestry systems, 17: pp: 97-118, 1992.
- [63] Zoungrana I., Yélémou B. et Hien F., Etude des relations neem-sol-sorgho dans les systèmes agroforestiers du Bulkemdé (Burkina Faso), In: Document présenté au colloque "international symposium on agroforestry parklands in the semi-arid lands of west africa", Ouagadougou, Burkina Faso, 25-27 octobre 1993, CIRAF-IRBET-CILSS-CTC, 1993.
- [64] Tilander Y., Ouédraogo G. and Yougna F., Impact of tree coppicing on tree-crop competition in parklands and valley farming systems in semi-arid Burkina Faso, In: Agroforestry systems 30: pp: 363-378, 1995.
- [65] Samba, Influence de *Cordia pinnata* sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical et le mil et l'arachide dans un système agroforestier traditionnel au Sénégal, Résumé de thèse de Doctorat, Université Laval, Québec, Canada, 1997.
- [66] Samaké, Dakouo, Kalinganire, Bayala J. et Koné, Régénération naturelle assistée-Gestion des arbres champêtres au Sahel, ICRAF, Manuel Technique N° 16, Word Agroforestry Center, Nairobi, 29 p., 2011.
- [67] Lafleur, Recherche et documentation des meilleures pratiques pour la gestion durable des parcs à karité en Afrique de l'Ouest, Programme de Renforcement des capacités des productrices de beurre de karité en Afrique de l'Ouest, OCI, Montréal, Canada, 110 p., 2008.
- [68] César, L'évaluation des ressources fourragères naturelles. Synthèse de production animale en Afrique de l'Ouest, CIRDES, CIRAD, fiche n° 17, 12 p., 2005.
- [69] Diarra, Évaluation de la contribution des arbres et arbustes fourragers indigènes au bien-être socio-économique des paysans du terroir de Koutiala, au Mali, 92 p., 2010.
- [70] Fandohan A.B., Assogbodjo A., Glélé Kakai R.L., Sinsin B. and Van Damne P., Impact of tamarind (*Tamarindus indica* L.) population in the W National Park of Benin, In: Fruits, 65, pp: 11-19, 2010.
- [71] L.Traoré, I. Ouédraogo, A. Ouédraogo et A. Thiombiano, "Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso", Int. J. Biol. Chem. Sci. 5 (1): 275 p., 2011.
- [72] K. Koura, Y. Mbaide, J.C. Ganglo, "Caractéristiques phénotypique et structurale de la population de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. du Nord-Bénin", International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7 (6): pp: 2409-2425, 2013.
- [73] Laouali, Contribution à l'étude de la dynamique de l'élevage pastoral au Niger: cas de la région de Diffa, Thèse de Doctorat, Université de Liège-Gembloux. Agro-Bio Techn. 189 p., 2014.
- [74] Bengali, Perceptions de l'agroforesterie par les paysans et paysannes du groupement mixte de Bissiga, dans la région du plateau central, au Burkina Faso, Mémoire de Maîtrise en agroforesterie, Université Laval, Québec, Canada, 90 p., 2018.
- [75] Seignobos C., Changer l'identité du bétail ? Modifier ou enrichir les pâturages ? Le nouveau dilemme des éleveurs Mbororos, Cameroun, RCA et Tchad, In: Savanes africaines en développement: innover pour durer, 20-23 avril 2009, Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djaména, Tchad; Cirad., 2010.

- [76] Moussa, Yabi et Toko Imorou, Diversité floristique et usages des ligneux le long des couloirs de transhumance dans la Commune de Savé au Centre Bénin, *European Scientific Journal*, Vol.13. N°2., 2017. [En ligne] Disponible: eujournal.org/index.php/esj/article/viewFile/8733/8347 (08 décembre 2019).
- [77] Ozer A. et Ozer P., Désertification au Sahel: crise climatique ou anthropique ?, *Bull. séanc. Acad. R. Sci. Outre-Mer Médéc. Zitt. K. Acad. Overzeese wet.* 51 (2005-4): PP: 398-423, 2005.
- [78] Renaudin et Raillon, La résilience des pasteurs aux sècheresses, entre traditions et bouleversement. Les ONG au défi de la transhumance, *URD.* 48 p., 2011.

MIGRATION INTRAVESICALE D'UN DISPOSITIF INTRA-UTERIN COMPLIQUEE D'UNE LITHIASSE: A PROPOS D'UN CAS

[INTRAVESICAL MIGRATION OF AN INTRA-UTERINE DEVICE COMPLICATED WITH A LITHIASIS: A CASE REPORT]

Chaymaa Mohammadine¹, Hamza Dergamoun², Jihane Meddah¹, Ahmed Ibrahimi², Aziz Slaoui³, and Aziz Baidada³

¹Service de Gynécologie-Obstétrique et de Grossesse à Haut Risque, Hôpital Maternité Souissi, Boulevard Ibn Rochd 10100, Rabat, Morocco

²Service d'Urologie A, Hôpital Ibn Sina, Avenue Abderrahim Bouabid 10100, Rabat, Morocco

³Service de Gynécologie-Obstétrique et d'Endoscopie Gynécologique, Hôpital Maternité Souissi, Boulevard Ibn Rochd 10100, Rabat, Morocco

Copyright © 2020 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 intrauterine device (IUD) is a contraception method widely used in developing countries because of its effectiveness and low cost. Its insertion is a simple medical procedure, but may present some complications, such as intravesical migration complicated with a lithiasis, which is rare but not negligible. We report here a case of IUD having migrated into the bladder, which has calcified secondarily. The patient is a 48-year-old woman who had consulted for irritative bladder signs for 2 months. The history revealed that the third pregnancy was contracted on the IUD, fitted 18 years ago and left uncontrolled after delivery.

The gynecological examination did not objectify the marker tail of IUD. The pelvic ultrasound and the abdomen X-ray without preparation revealed the uterine vacuity and the IUD surrounded by stones on the bladder area. A supplementary scan confirmed it without showing a vesico-uterine fistula. The cystoscopy allowed to remove the IUD after having fragmented the lithiasis by endo-vesical pneumatic lithotripsy with Lithoclast.

Imaging methods are critical to make a diagnosis. The admittance in urology is required and the preferred treatment is based on cystoscopy extraction. In order to avoid such complication, it is therefore important to follow the medical instructions for the placement of IUD and to regularly verify its localization.

KEYWORDS: Intra-uterine device; Intravesical migration; Lithiasis; Imaging; Cystoscopy; Lithotripsy.

RESUME: Le dispositif intra-utérin est une méthode de contraception largement utilisée dans les pays en voie de développement en raison de son efficacité et son faible coût. Son insertion est un acte médical simple, mais non dénué de complications, telle que la migration intravésicale compliquée d'une lithiase, qui est rare mais non négligeable. Nous rapportons ici un cas de stérilet, ayant migré dans la vessie, qui s'est calcifié secondairement. Il s'agit d'une femme de 48 ans qui a consulté pour des signes urinaires irritatifs depuis 2 mois. L'anamnèse a révélé que la 3ème grossesse était contractée sur le stérilet, mis en place il y a 18 ans et non contrôlé après l'accouchement.

L'examen gynécologique n'a pas objectivé le fil du dispositif. L'échographie pelvienne et le cliché d'abdomen sans préparation ont permis de visualiser la vacuité utérine et le stérilet incrusté de calculs projeté sur l'aire vésicale. Un complément scanographique a confirmé ceci sans montrer de fistule vésico-utérine. La cystoscopie a alors permis l'extraction du dispositif après avoir fragmenté la lithiase par lithotritie pneumatique endo-vésicale au Lithoclast.

L'imagerie est donc fondamentale pour établir le diagnostic. Une prise en charge en milieu urologique est nécessaire et le traitement de choix repose sur l'extraction cystoscopique. Afin d'éviter une telle complication, il est donc important de respecter les règles de la pose du stérilet et de surveiller régulièrement sa localisation.

MOTS-CLEFS: Dispositif intra-utérin; Migration intravésicale; Lithiase; Imagerie; Cystoscopie; Lithotritie.

1 INTRODUCTION

La contraception est devenue une préoccupation mondiale au cours des cinq dernières décennies en raison de l'augmentation rapide de la population humaine [1]. Le dispositif intra-utérin (DIU) est l'un des contraceptifs féminins le plus utilisé à travers le monde, en raison de son rapport coût-efficacité et de ses faibles taux de complications [2], [3]. La migration intravésicale du DIU est l'une de ses complications, c'est un phénomène rare qui pourrait être associé à la formation de calcul ou à la perforation de la vessie [4]. L'ablation chirurgicale par endoscopie ou technique ouverte est le meilleur traitement recommandé [5]. Nous rapportons un nouveau cas de migration intravésicale d'un DIU compliquée d'une lithiase vésicale.

2 CAS CLINIQUE

Patiente âgée de 48 ans, G3P3 avec trois enfants vivants (trois accouchements par voie basse), sans antécédents pathologiques notables, consulte pour des douleurs pelviennes, une pollakiurie diurne et nocturne, et des brûlures mictionnelles depuis 2 mois. L'anamnèse a révélé que la 3ème grossesse était contractée sur DIU mis en place il y a 18 ans. Après l'accouchement, le DIU n'ayant pas été individualisé, on a conclu à son expulsion sans qu'aucune imagerie n'ait été réalisée pour le confirmer.

L'examen clinique a objectivé une sensibilité sus-pubienne avec absence du fil du DIU dans le col utérin à l'examen au speculum. L'examen cytot bactériologique des urines (ECBU) a montré une hématurie microscopique avec une leucocyturie sans bactériurie. L'échographie pelvienne a objectivé la présence d'un matériel hyperéchogène linéaire avec cône d'ombre postérieur en intra-vésical arrivant au contact de la paroi postérieure (figure 1). L'utérus était d'aspect échographique normal avec une ligne de vacuité fine et médiane sans visualisation du DIU en intra cavitaire (figure 2). L'abdomen sans préparation (ASP) a montré une opacité de tonalité calcique se projetant sur l'aire vésicale mesurant 20 mm x 15 mm (figure 3). Un complément scanographique a été réalisé confirmant la présence d'un DIU en extra utérin siégeant en intra-vésical entouré d'une formation calcique. La cavité utérine était d'aspect normal, sans fistule vésico-utérine visible (figure 4). Le diagnostic d'une lithiase vésicale compliquant une migration intravésicale du DIU a été retenue.

La cystoscopie sous rachianesthésie, a mis en évidence une lithiase sur le DIU (figure 5). Le calcul a été fragmenté par lithotritie pneumatique intracorporelle au Lithoclast. L'extraction des fragments ainsi que le DIU a été réalisée à l'aide d'une pince à préhension endoscopique (figure 6). Les suites opératoires étaient simples.

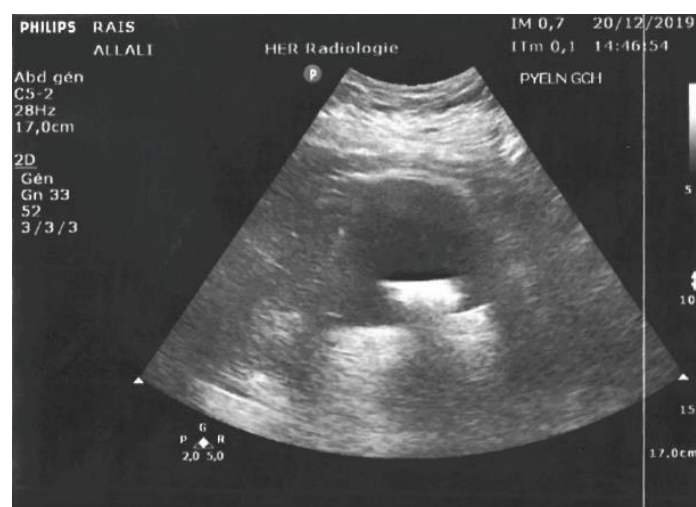


Fig. 1. Image d'échographie pelvienne, en coupe transversale, objectivant une formation hyperéchogène linéaire avec cône d'ombre postérieur en intra-vésical

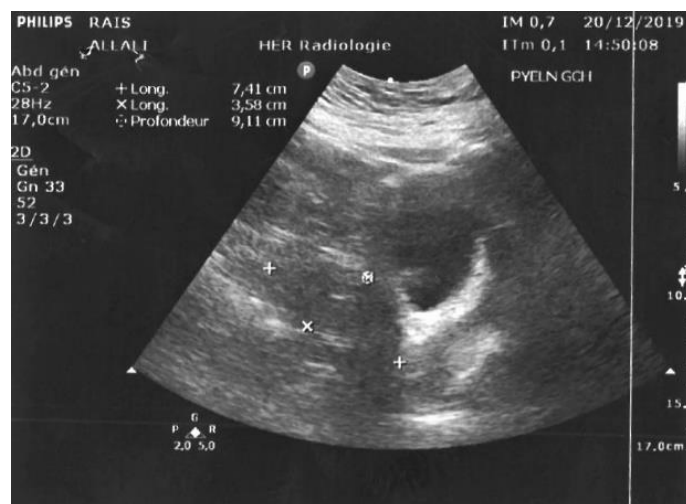


Fig. 2. Image d'échographie pelvienne, en coupe longitudinale, montrant la vacuité utérine avec une formation hyperéchogène en intra-vésical



Fig. 3. Cliché d'ASP montrant une opacité calcique et le DIU sur l'aire vésicale

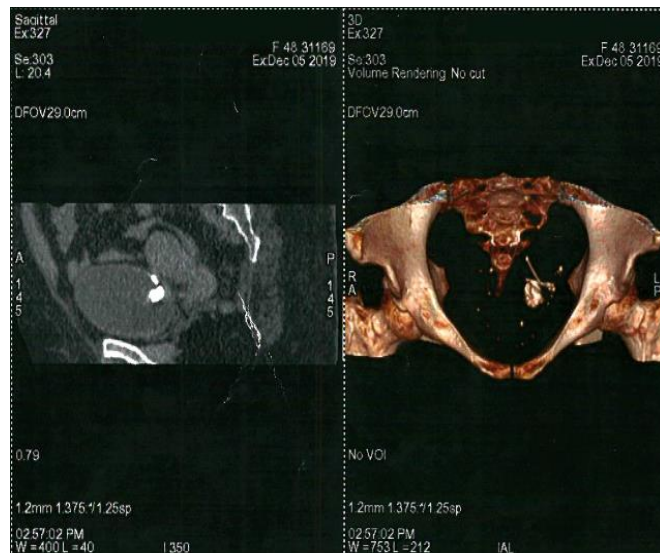


Fig. 4. Tomodensitométrie mettant en évidence le DIU en intra-vésical entouré d'une formation calcique



Fig. 5. Images de cystoscopie objectivant une lithiase intravésicale sur DIU



Fig. 6. Images post-opératoires montrant les fragments de calculs et du DIU récupérés par voie endoscopique

3 DISCUSSION

Le DIU constitue un des moyens de choix pour la contraception non définitive. Il est largement utilisé dans les pays en voie de développement et en particulier dans les zones rurales [6]. L'insertion du DIU est un acte médical simple, mais comme tout corps étranger, il est souvent associé à des complications non négligeables s'il est mal suivi [4]. Une des complications est sa migration trans-utérine, habituellement dans la cavité péritonéale et rarement dans les organes pelviens de voisinage, essentiellement la vessie et le rectosigmoïde [7]. Ces migrations peuvent être négligées en supposant que le périphérique est tombé [1]. Il est donc recommandé de réaliser une échographie de contrôle immédiatement après la mise en place du dispositif dans la cavité utérine pour affirmer son insertion correcte [2], [6].

La migration trans-utéro-vésicale du DIU a été rarement diagnostiquée en raison de sa rareté [1], [7]. La présence du dispositif dans la lumière de la vessie peut entraîner une précipitation de calcium sur celui-ci [7], suivie ainsi d'une formation de calcul, soit de petite taille sur une seule partie du DIU, soit de grande taille le moulant complètement [2], [6], [7]. Le processus lithogène est favorisé aussi par l'infection urinaire qui agit par le biais de l'uréolyse et la formation de cristaux de struvite [2], [6]. Cette migration peut être émaillée de plusieurs autres complications moins fréquentes, soit une actinomyose pelvienne englobant la vessie, soit une fistule vésico-utérine avec une hématurie cataméniale. La formation d'un calcul sur le DIU reste l'éventualité la plus fréquente [2], [6].

L'incidence de la migration intravésicale après insertion du DIU est inférieure à 5 pour 1000 poses selon les grands essais clinique rapportés [3], [5], [8]. La formation de lithiasé vésicale secondaire est encore plus rare avec une incidence d'environ 50% des DIU ayant migré dans la vessie [6]. À ce jour, environ 80 cas de migration de DIU vers la vessie ont été signalés dans la littérature, et environ la moitié d'entre eux ont entraîné la formation de lithiasé [9]. Dans la littérature, le délai de formation du calcul varie entre 6 mois et 16 ans [3], [6], [9], et sa taille varie de 2 à 5 cm [2], [6]. Chez notre patiente, le long délai entre l'implantation du dispositif et le début des manifestations cliniques, 18 ans après l'insertion du DIU, suggère que la migration intra-vésicale compliquée de lithiasé vésicale peut avoir eu lieu à long terme.

La migration trans-utéro-vésicale commence par l'incarcération d'une branche du DIU dans le myomètre, les phénomènes inflammatoires ainsi que les contractions utérines, la contraction involontaire de la vessie et le mouvement du liquide péritonéal vont permettre au DIU de poursuivre sa migration [4], [9], [10]. Dans notre cas, nous n'avons pas pu déterminer la cause précise de la migration intravésicale du DIU. Certains facteurs prédisposent à cette migration, entre autres une fragilisation du myomètre par des grossesses multiples et des césariennes, utérus anté- ou rétroversé ou hypoplasique, la pose de DIU inappropriée ou trop précoce dans les suites de couches et l'insertion par des personnes inexpérimentées [7], [10]. Notre patiente ne présentait aucun facteur de risque particulier.

Sur le plan clinique, la symptomatologie est celle de tout corps étranger intravésical. Les symptômes du bas appareil urinaire à type de pollakiurie, d'urgenterie et de brûlures mictionnelles sont toujours présents, et sont souvent mis sur le compte d'une cystite banale et traités comme telle à plusieurs reprises sans explorations radiologiques [1], [7], [9]. Ce n'est que devant la persistance de la symptomatologie, malgré le traitement, que l'imagerie est demandée permettant ainsi de poser le diagnostic. Dans certains cas, cette symptomatologie urinaire peut être associée à une hématurie terminale, une douleur sus-pubienne chronique, une pyurie, une dyspareunie ou un inconfort vaginal [4], [8], [9]. Chez notre patiente, on a retrouvé les mêmes symptômes, notamment une douleur sus-pubienne, une pollakiurie et des brûlures mictionnelles mais sans hématurie. Parfois, cette migration intravésicale est totalement asymptomatique et le diagnostic est fait d'une façon fortuite lors d'un examen radiologique pour une autre raison [2], [3].

Concernant l'examen clinique, il est souvent pauvre. Il peut objectiver l'absence de visualisation du fil repère du DIU au niveau de l'exocol [9]. Cette éventualité a été retrouvée chez notre patiente. Rarement, on peut objectiver l'issue du fil à travers le méat urétral lors des efforts mictionnels [6].

L'imagerie est fondamentale pour établir le diagnostic [10]. L'échographie est réalisée en 1^{ère} intention, elle permet de confirmer la vacuité utérine et parfois, la localisation intravésicale du DIU [2], [7], [10]. L'ASP confirme l'existence du DIU dans le petit bassin et montre s'il est libre ou incrusté de calculs [4], [7]. L'uroscanner est très efficace pour démontrer les relations entre le DIU et les structures adjacentes, et permet d'évaluer d'autres causes possibles de symptômes du bas appareil urinaire [1], [7]. La cystoscopie reste le moyen de diagnostic le plus fiable. Elle constitue le premier temps d'un traitement endoscopique [1], [8]. En cas de difficulté, sa recherche par coelioscopie peut être indiquée. Cette recherche peut être rendue difficile par la réaction inflammatoire du péritoine qui rend le dispositif totalement incrusté dans les adhérences dont l'extraction peut être difficile [1].

L'ablation chirurgicale du DIU est un traitement défini. Des techniques endoscopiques et ouvertes pourraient être appliquées à cette fin [5], [8]. L'extraction cystoscopique est la méthode de choix pour retirer les dispositifs ayant migré

totalement dans la vessie, ou pour ceux présentant une formation de petits calculs [1]. En cas de gros calculs, une lithotritie peut être nécessaire avant l'extraction du DIU [3], [9]. L'approche mini-invasive est privilégiée en raison de son taux de réussite élevé et de sa morbidité moindre [7], [9], tandis que la technique chirurgicale ouverte n'est entreprise que si la première méthode échoue [5], [8], ou dans certains cas de DIU traversant la paroi vésicale et de fistule vésico-utérine [6]. Dans notre cas, l'extraction cystoscopique après une lithotritie endovésicale était suffisante pour la prise en charge de cette complication.

L'évolution est souvent favorable après l'extraction complète du DIU et des calculs et le taux de récurrence est nul [2], [4].

4 CONCLUSION

Le stérilet est une méthode contraceptive efficace, son insertion doit être précédée par un examen gynécologique minutieux et suivie d'une surveillance régulière. La migration intravésicale du DIU avec formation de calculs est une complication rare. Elle peut être découverte de façon fortuite ou être révélée par une symptomatologie clinique. L'imagerie est cruciale pour le diagnostic. Le traitement de choix est la lithotritie balistique du calcul avec extraction du dispositif par voie endoscopique.

REFERENCES

- [1] Verim L, Akbaş A, Erdem MR, (Intravesical migration and calcification of intrauterine device: a case report and review of the literature), *Journal of Urological Surgery*, vol. 2, no. 4, pp. 197-199, 2015. [Online] Available: <https://doi.org/10.4274/jus.568>.
- [2] R. Latib, I. Ennaffaa, I. Chami, et al, (Lithiase Vésicale Complicant une Migration de Dispositif Intra-utérin), *Imagerie de la Femme*, vol. 20, no. 3 pp. 155-157, 2010. [Online] Available: <https://doi.org/10.1016/j.femme.2009.12.003>.
- [3] Sharma A, Andankar M, Pathak H, (Intravesical migration of an intrauterine contraceptive device with secondary calculus formation). *Korean Journal of Family Medicine*, vol. 38, no. 3, pp. 163-5, 2017. [Online] Available: <https://doi.org/10.4082/kjfm.2017.38.3.163>.
- [4] Aggarwal S, Jindal RP, Deep A, (Intravesical migration of intrauterine contraceptive devices with stone formation), *Journal of Family Medicine and Primary Care*, vol. 3, no. 4, pp. 449-51, 2014. [Online] Available: <https://doi.org/10.4103/2249-4863.148147>.
- [5] Sano M, Nemoto K, Miura T, et al, (Endoscopic treatment of intrauterine device migration into the bladder with stone formation), *Journal of Endourology Case Reports*, vol. 3, no. 1, pp. 105-107, 2017. [Online] Available: <http://doi.org/10.1089/cren.2017.0038>.
- [6] AM. Mseddi, I. Ben Mefteh et al, (Dispositif intra-utérin migre dans la vessie), *Journal de l'information Médicale de Sfax*, vol. 26, no. 10, pp. 58-61, 2017. [Online] Available: <https://www.medecinesfax.org/useruploads/files/article10-26.pdf>.
- [7] Cassell A, Mbodji M.M, Jalloh.M, et al, (Lithiase vésicale sur dispositif contraceptif Intra-utérin ayant migré dans la vessie: à propos de deux cas), *Journal of West African Urology and Andrology Conference*, Vol. 1, no. 11, pp. 524-526, 2018. [Online] Available: <https://revue-uroandro.org/index.php/uro-andro/article/view/306/115>.
- [8] Vahdat M, Gorginzadeh M, Mousavi A.S, et al, (Cystoscopic removal of a migrated intrauterine device to the bladder; a case report), *Contraception and Reproductive Medicine*, vol. 4, no. 7, 2019. [Online] Available: <https://doi.org/10.1186/s40834-019-0089-x>.
- [9] Mazen Ahmed Ghanem, Essa A. Adawi, Ashraf A. Ghanem, et al, (Double intravesical migration of intrauterine devices; presented with vesical stone formation), *World Journal of Nephrology & Urology*, vol. 7, no. 2, pp. 60-62, 2018. [Online] Available: <https://doi.org/10.14740/wjnu353w>.
- [10] Mustafa Suat Bolat and Can Aydin. (Bladder stone on an intra-vesical intrauterine contraceptive device detected 12 years after intrauterine contraceptive device insertion), *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, vol. 40, no. 2, pp. 285-287, 2020. [Online] Available: <https://doi.org/10.1080/01443615.2019.1600479>.

Impact de la culture cacaoyère sur le paysage en zones rurale et domaniale de l'Ouest de la Côte d'Ivoire

[Impact of cocoa farming on the landscape in rural and state-owned areas of West Côte d'Ivoire]

Kadio Attey Noël Koua, Yao Sadaïou Sabas Barima, Kouassi Bruno Kpangui, and Issouf Bamba

Laboratoire de Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes Tropicaux, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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 ageing of cocoa orchards in south-western Côte d'Ivoire in the early 2000s resulted in the relocation of the pioneer front to the forested west. This influx of population would have modified the landscape structure or the composition of land use classes in the areas where the people settled. The purpose of this study is to assess the impact of cocoa production on the dynamics of rural and protected areas in the Biankouma department in western Côte d'Ivoire. To achieve this, four satellite images dating from 2002, 2006, 2013, and 2018 from Landsat sensors were processed. The results showed that over the period 2002 to 2018, the number of cocoa farms installed in the protected area was twice as high as in the rural area. In fact, during this period, the surface of cocoa farms increased by 1232.5% in the protected area compared to 567.9% in the rural area. The increase in cocoa cultivation was entirely to the detriment of natural vegetation (-34.7%) in the rural area, whereas it was detrimental to all the classes (-56.8%) in the protected area. The land-use change map indicates that the conversion of natural vegetation to cocoa is mostly concentrated in the protected areas. Thus, cocoa cultivation has had a greater negative effect on the landscape in the protected area compared to the rural area in the west of Côte d'Ivoire.

KEYWORDS: Cocoa Crops, Côte d'Ivoire, Time-space dynamics, State-owned areas, Mountainous West.

RESUME: Le vieillissement des vergers de cacao dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire au début des années 2000 a occasionné le déplacement du front pionnier vers l'Ouest forestier. Cet afflux de population aurait modifié la structure paysagère ou la composition des classes d'occupation du sol des zones d'arrivée des populations. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'impact de la culture cacaoyère sur les dynamiques des domaines rural et protégé du département de Biankouma dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Pour y arriver, la méthodologie a nécessité les traitements de quatre images satellitaires datant de 2002, 2006, 2013 et 2018 issues du capteur Landsat. Les résultats ont montré sur la période de 2002 à 2018, une installation des cacaoyères dans le domaine protégé deux fois plus importante que dans le milieu rural est enregistrée. En effet, durant cette période, les surfaces cacaoyères connaissent une progression de 1232,5 % dans le domaine protégé contre 567,9 % dans le domaine rural. Cette progression de la culture cacaoyère s'est faite uniquement au détriment de la végétation naturelle (-34,7 %) dans le domaine rural tandis qu'elle s'est faite au détriment de toutes les classes (-56,8 %) dans le domaine protégé. La carte de changement de l'occupation du sol indique que la conversion de la végétation naturelle en cacaoyère est localisée majoritairement dans les domaines protégés. Ainsi, la culture cacaoyère a eu un effet négatif plus considérable sur le paysage dans le domaine protégé que dans le domaine rural de l'Ouest de la Côte d'Ivoire.

MOTS-CLEFS: Cultures cacaoyères, Côte d'Ivoire, Dynamique spatio-temporelle, Espaces domaniaux, Ouest montagneux.

1 INTRODUCTION

Les besoins socio-économiques des populations trouvent leurs réponses actuellement dans la transformation de la majeure partie des paysages de notre planète à travers les activités humaines [1]. En Afrique de l'Ouest, les principales perturbations des écosystèmes qui contribuent à la modification des paysages sont, la dégradation des sols, la pollution par des pesticides chimiques, l'eutrophisation due à l'apport d'engrais et la déforestation [2]. La déforestation est un phénomène qui touche toutes les forêts tropicales, particulièrement celles de l'Afrique équatoriale. L'une des principales causes de ce phénomène est l'agriculture qui est responsable à 80 % [3]. Parmi les spéculations agricoles, la cacaoculture est considérée comme l'une des principales causes de dégradation du couvert forestier dans le monde tropical [4]. En Côte d'Ivoire, elle est responsable de 30 % de la déforestation [5]. En effet, la forêt est considérée par les paysans comme le milieu présentant les terres les plus fertiles et donc les plus favorables à la mise en place des cultures [6]. Ainsi, la culture de cacao a colonisé les espaces forestiers depuis le Centre-Ouest ivoirien en passant par les zones pré-forestières du Centre-Est [7]. Au début des années 2000, un vieillissement des vergers et une stagnation voire une baisse de la production cacaoyère est observée au Sud-Ouest qui représente la dernière boucle du cacao [8]. Dans cette même période, des travaux font cas de l'entrée de la région Ouest, encore relativement forestière, dans l'économie cacaoyère ivoirienne ([9], [10]). Selon [11], ces espaces agricoles seraient en général situés en périphérie des domaines protégés et donc en contact avec le domaine rural. Cependant, dans l'optique d'augmenter leur production ou renouveler les anciens vergers, les paysans sont en perpétuel déplacement vers les fronts de défrichement et entament ainsi les aires protégées [6]. En effet, la majeure partie des forêts sont actuellement concentrées dans les domaines protégés [12]. Plusieurs études ont rapporté que plus de la moitié des forêts classées et parcs nationaux ont été infiltrés et transformés en espaces agricoles ([13], [14], [15], [16]). Ainsi, l'hypothèse selon laquelle la colonisation du paysage par la culture cacaoyère a un effet plus important sur le paysage dans le domaine protégé que dans le domaine rural dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire, mériterait d'être vérifiée. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'impact de l'expansion de la culture cacaoyère sur les dynamiques des domaines rural et protégé à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Au final, cette étude aidera les décideurs nationaux à orienter dans l'urgence leurs actions dans la conservation du milieu naturel face aux activités anthropiques grandissantes de la présente époque.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La présente étude s'est déroulée à l'Ouest de la Côte d'Ivoire, précisément dans la Région du Tonkpi. Cette région frontalière de la Guinée et du Libéria est la plus accidentée de Côte d'Ivoire avec des montagnes atteignant 1357 m d'altitude. Sa végétation est composée de forêt de montagne, de forêt semi-décidue, de mosaïque forêt-savane et de savane guinéenne. Le département de Biankouma, situé au Nord de cette région (Figure 1) constitue le site d'échantillonnage. Ce département est localisé entre 7°21'00"- 8° 6'00" latitude nord et 7°3'00"- 8°15'00" longitude ouest. Il compte dix domaines protégés dont neuf forêts classées et un parc national (le Parc National du Mont Sangbé). Plusieurs populations d'origines diverses cohabitent dans le département de Biankouma [17].

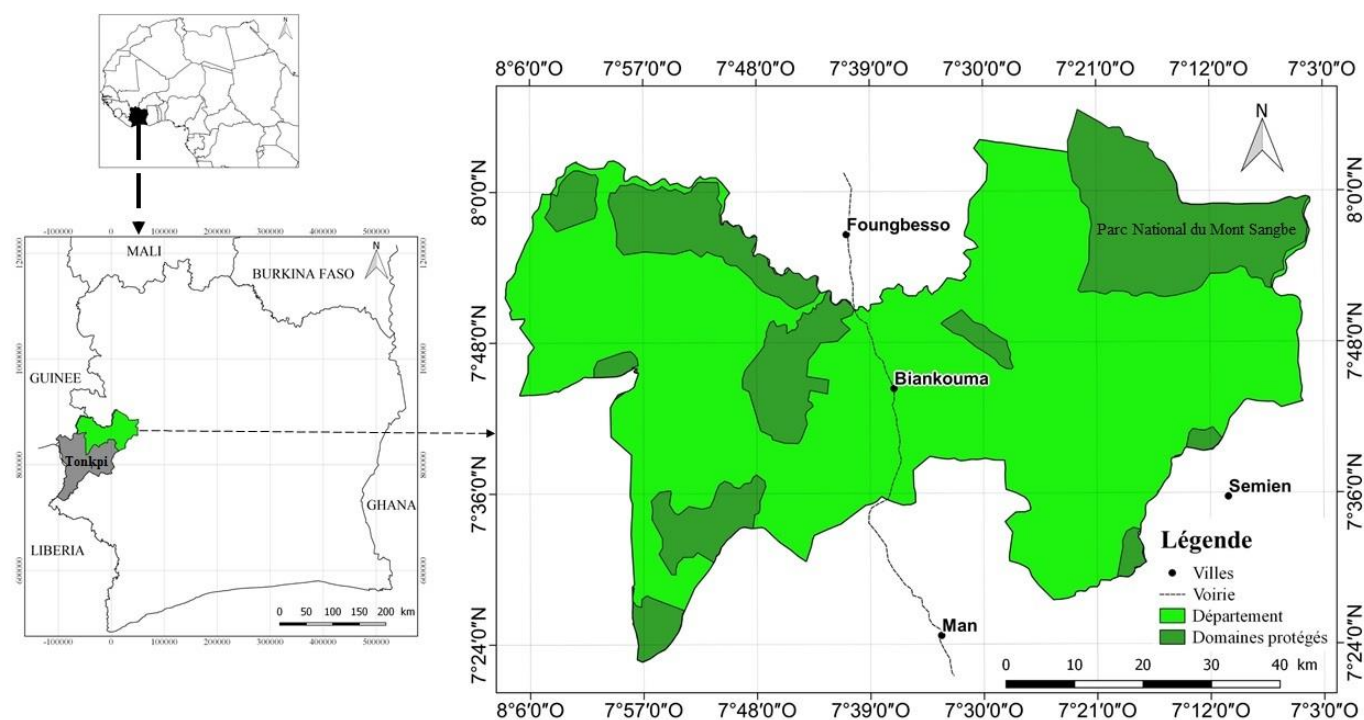


Fig. 1. Localisation du département de Biankouma en Côte d'Ivoire

3 DONNEES ET METHODES

3.1 DONNEES

La présente étude a nécessité l'utilisation de données satellitaires, de matériel pour la collecte de données sur le terrain (description des sites visités, localisation et photographies des sites décrits) ainsi que de logiciels pour le traitement de l'ensemble de ces données. Quatre (4) images satellitaires de types Landsat ont été utilisées (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des images utilisées

Satellites	Capteurs	Résolution spatiale (m)	Dates d'acquisition
Landsat 7	ETM+	30	29 Décembre 2002
Landsat 7	ETM+	30	16 Décembre 2006
Landsat 8	OLI	30	21 Février 2013
Landsat 8	OLI	30	07 Février 2018

Source: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

3.2 METHODES

3.2.1 ELABORATION DES CARTES D'OCCUPATION DU SOL

L'étude de la dynamique de l'occupation du sol du département de Biankouma a débuté par l'élaboration des cartes d'occupation du sol de la zone d'étude. L'établissement de ces cartes s'est fait par un ensemble de traitements numériques des images satellites issues du capteur Landsat. L'année 2002 a été prise comme référence car cette date marque l'intensification de la modification profonde de l'environnement en Côte d'Ivoire du fait de la crise politico-militaire qui a eu pour corollaire des flux migratoires internes et externes importants ([18], [11]). Par ailleurs, pour un meilleur examen de la dynamique d'occupation du sol, des images ont été prise de sorte à avoir des périodes à des intervalles de temps réguliers à analyser.

Pour chacune des images, après extraction de la zone d'étude de la grande scène, des compositions colorées ont été effectuées à partir de la combinaison des bandes OLI 5/6/4 et ETM+ 4/5/3, correspondant respectivement aux bandes spectrales du proche-infrarouge, du moyen infrarouge et du rouge. Sur base des compositions colorées, 100 points ont été sélectionnés sur les images en fonction de leur teinte et leurs coordonnées géographiques notées. Des missions sur le terrain ont été effectuées afin de déterminer les classes correspondantes aux zones repérées sur les compositions colorées. Ces différentes zones ont enfin été décrites sur le terrain.

A l'issue de la mission de terrain, sur la base de la similitude des teintes, et donc des réflectances, les 100 points repérés initialement ont été regroupés en 6 classes d'occupation du sol. Il s'agit de: (i) Forêt, (ii) Forêt dégradée, (iii) Savane, (iv) Cacaoyère, (v) Mosaïque de cultures et jachère, (vi) Sol nu/habitation. Les trois premières classes ont été par la suite, regroupées dans une classe "végétation naturelle". Trois classes d'occupation du sol ont été finalement retenues à savoir: la classe végétation naturelle, la classe cacaoyère et la classe "autres" regroupant la mosaïque de cultures et jachère et les sols nus/habitation.

Une classification supervisée à partir de l'algorithme du maximum de vraisemblance a été réalisée à partir de ces classes [19]. La qualité des classifications a été évaluée à travers l'indice de Kappa obtenu à partir de la matrice de confusion [20]. Une classification est acceptée lorsque le coefficient de Kappa est supérieur à 0,61 [21].

3.2.2 DETERMINATION DE LA DYNAMIQUE DU PAYSAGE DE LA ZONE D'ETUDE ENTRE 2002 ET 2018

La dynamique du paysage de la zone d'étude a été étudiée au niveau de la composition et de la structure. Elle a été analysée en déterminant les superficies des différentes classes d'occupation du sol sur les images traitées pour les dates de prise de vue. A partir des valeurs de superficies des classes d'occupation du sol, des histogrammes ont été établies. Ensuite, pour évaluer globalement les gains et les pertes sur la période considérée, les variations des superficies ont été calculées entre différentes dates sur base de la formule établie par [22].

$$Tc = \frac{A2-A1}{A1} * 100 \text{ (Eq.1)}$$

Où:

A1: superficie initiale de la classe considérée

A2: superficie finale de la classe considérée

Tc: Taux de changement

Les valeurs positives de Tc indiquent des progressions de la classe d'occupation du sol tandis que les valeurs négatives traduisent les pertes de végétation au niveau de ladite classe.

Par ailleurs, une carte de la dynamique de changement de l'occupation du sol a été établie afin de synthétiser les mutations spatiales opérées dans la zone d'étude. Pour la réalisation de cette carte durant la période d'étude, la superposition des couches vectorielles de la zone des années 2002 et 2018 a été effectué. L'ensemble des traitements des images de télédétection et la cartographie ont été réalisées sous ENVI 4.7 et ArcGis 10.4.1.

4 RESULTATS

4.1 CARTES DE L'OCCUPATION DU SOL DU DEPARTEMENT DE BIANKOUA

Les traitements numériques des images multispectrales ont permis d'obtenir les cartes d'occupation du sol des années 2002, 2006, 2013 et 2018 (Figure 2) renfermant les trois classes d'occupation du sol issues des classifications des images. Les vérifications de la performance des différentes classifications montrent que toutes les classes ont été relativement bien classées avec des coefficients de Kappa de 0,84; 0,87; 0,88 et 0,87 respectivement des années 2002 2006, 2013 et 2018. De façon visuelle, en 2002, le paysage du domaine rural et du domaine protégé du département de Biankouma était dominé par la végétation naturelle (Figure 2). A cette date, les cacaoyères, peu importants, étaient disséminées plus particulièrement dans le domaine rural. Le paysage de la zone en 2006 connaît des modifications notables avec une couverture plus importante de la classe Autres, spécifiquement à l'Est du département. A partir de 2013, on constate une emprise des cacaoyères sur l'ensemble du département mais particulièrement dans les domaines protégés de l'Etat. Cette emprise des cacaoyères sur le paysage de la zone d'étude se poursuit en 2018.

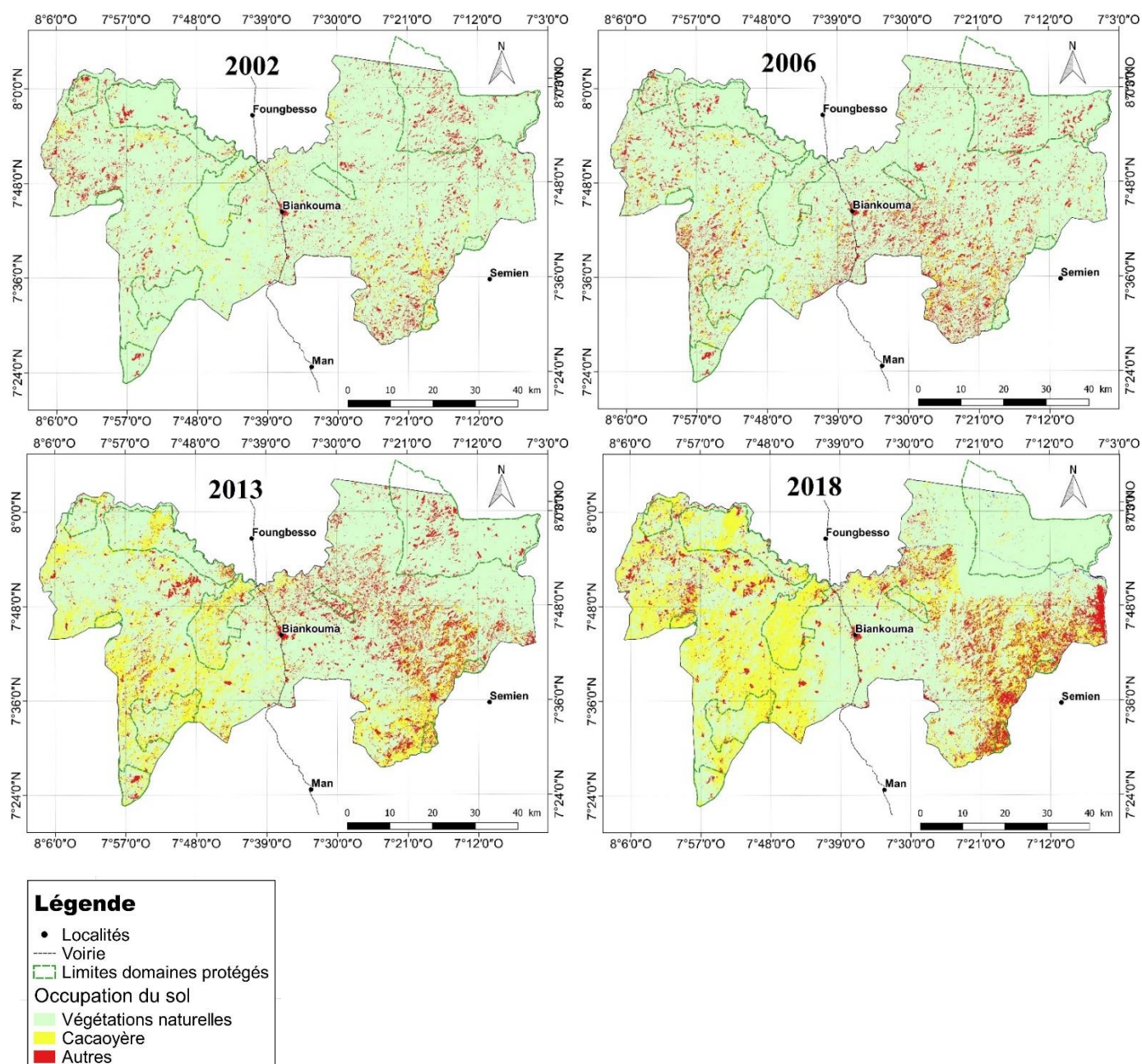


Fig. 2. Cartes d'occupation du sol des domaines protégés et ruraux du département de Biankouma de 2002, 2006, 2013 et 2018

4.2 EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LES DOMAINES RURAL ET PROTEGE DU DEPARTEMENT DE BIANKOUMA

L'évolution de l'occupation du sol de 2002 à 2018 montre de manière générale une diminution des surfaces de végétation naturelle et une augmentation des cacaoyères dans chacun des domaines (Figure 3). Durant la période d'étude, les surfaces de végétation naturelle ont connu une régression de 34,5 % dans le domaine rural contre 28,6 % dans le domaine protégé (Tableau 1). A l'opposé, entre 2002-2018, le taux de progression des cacaoyères est deux fois plus important dans le domaine protégé que le domaine rural. En effet, la classe cacaoyère a connu une progression de 1232,5 % dans le domaine protégé contre 567,9 % pour le domaine rural (Tableau 1). La classe Autres représentée par les cultures et jachères et, les sols nu-habitation a connu une progression de 88,1 % dans le domaine rural tandis qu'elle régresse dans le domaine protégé (-28,2 %). Cependant, en considérant les intervalles de dates qui constituent la période d'étude, les classes d'occupation du sol ont des évolutions qui varient d'un domaine à l'autre.

En 2002, la végétation naturelle constituait la matrice du paysage dans chacun des domaines. En effet, 89,6 % et 92,3 % du paysage étaient occupés par la végétation naturelle respectivement dans le domaine rural et le domaine protégé. En 2006, on notait une diminution de la végétation naturelle dans les deux domaines. La végétation naturelle qui occupait en 2002 respectivement 89,6 % et 92,3 % du paysage des domaines rural et protégé, occupent en 2006 chacun respectivement 84,8 % et 90,5 % (Figure 3). La culture cacaoyère a enregistré une régression évaluée à des taux de 12,9 % et 16 % respectivement dans le domaine rural et le domaine protégé entre 2002-2006. Comparativement aux classes Cacaoyère et Végétation naturelle, entre 2002-2006, la classe Autres a connu une progression de 93,1 % dans le domaine rural et 41,8 % dans le domaine protégé.

En 2013, la végétation naturelle a connu une régression tandis que la culture cacaoyère a connu une progression dans tous les domaines. A cette date, la végétation naturelle couvrait 76,7 % et 74,6 % respectivement du paysage du domaine rural et du domaine protégé. Les cacaoyères qui couvraient 1,9 % du paysage du domaine protégé en 2006 occupent en 2013, 18 % de ce domaine soit une progression de 848,3 % entre 2006-2013 (Tableau 1). A l'opposé, les cacaoyères du domaine rural connaissent une progression relativement faible (+59 %) durant cette période.

En 2018, les proportions de végétation naturelle des deux domaines diminuent tandis que les proportions de cacaoyère augmentent. A cette date, les proportions de végétation naturelle étaient de 58,7 % et 66 % tandis que la classe cacaoyère occupait 30,3 % et 30,2 % respectivement dans le domaine rural et le domaine protégé. Ainsi, entre 2013-2018, la baisse de la végétation naturelle est consécutive à une progression significative de la classe cacaoyère (382,5 %) dans le domaine rural comparativement au domaine protégé qui enregistrait une progression de 67,3 % de cette classe. De même que la classe Végétation naturelle et la classe Autres ont connu une régression dans les différents domaines entre 2013-2018.

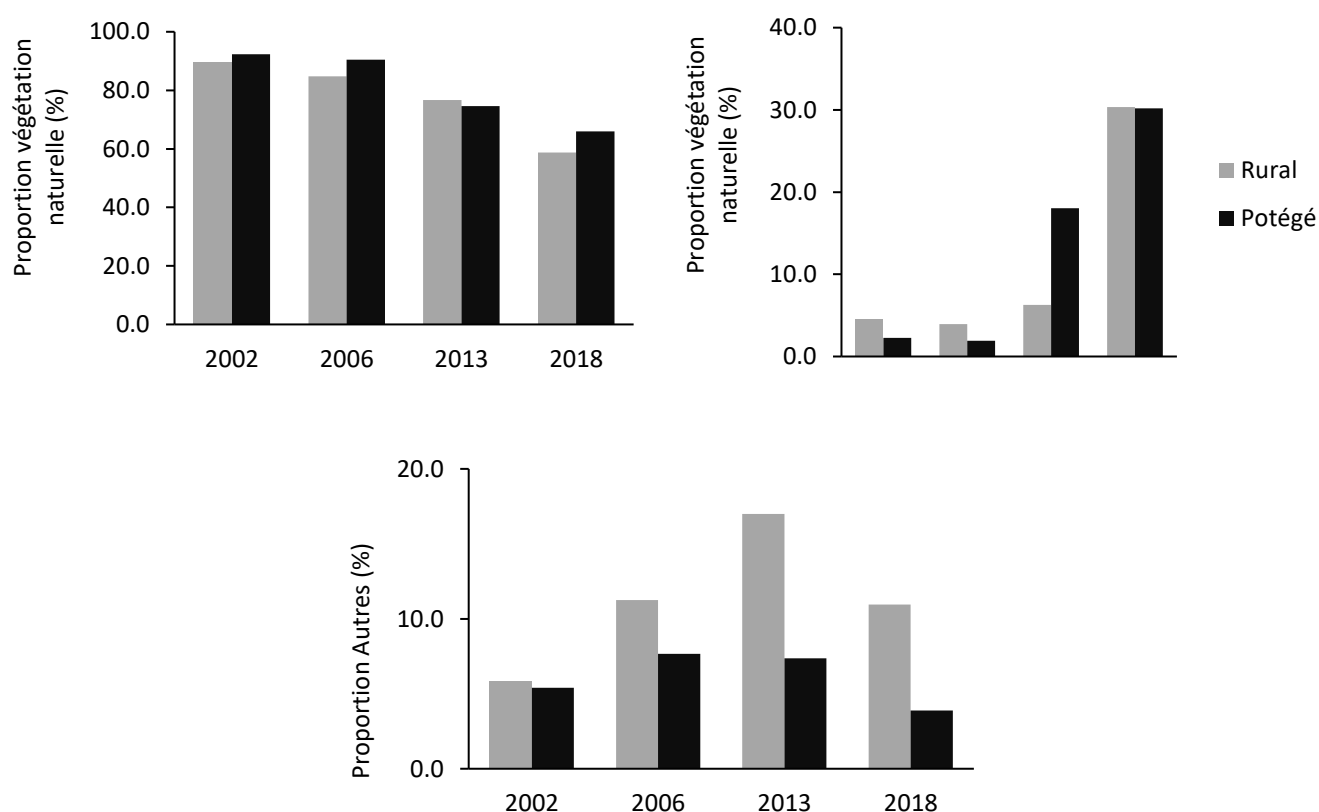


Fig. 3. *Histogrammes des proportions des classes d'occupation du sol des domaines rural et protégé du département de Biankouma en 2002, 2006, 2013 et 2018*

Tableau 2. Taux d'évolution (%) des superficies des classes d'occupation du sol dans les domaines rural et protégé du département de Biankouma

Domaines	Classes	2002-2018	2002-2006	2006-2013	2013-2018
Rural	Végétations naturelles	-34,5	-5,4	-9,5	-23,5
	Cacaoyère	567,9	-12,9	59	382,5
	Autres	88,1	93,1	51,1	-35,5
Protégé	Végétations naturelles	-28,6	-2,1	-17,5	-11,6
	Cacaoyère	1232,5	-16	848,3	67,3
	Autres	-28,2	41,8	-4	-47,3

4.3 DYNAMIQUE DE CHANGEMENT DE L'OCCUPATION DU SOL DU DEPARTEMENT DE BIANKOUMA

Les changements opérés dans l'occupation du sol du département de Biankouma entre 2002 et 2018 ont été mis en évidence par une carte de changement entre ces deux dates (Figure 4). Les classes qui ont été retenues sont « Stabilité », « Végétations naturelles en cacaoyère » et « Autres changements ». De façon visuelle, on remarque une relative stabilité du paysage de ce département en 16 années (Figure 4). Ainsi, entre 2002 et 2018, la proportion des classes restées stables est d'environ 54 %. (Figure 5). Par ailleurs, la végétation naturelle convertie en cacaoyère est localisée à l'Ouest de la zone d'étude, principalement dans les domaines protégés de cette zone. Cette végétation naturelle convertie en cacaoyère est évaluée à 11 %. En outre, les autres changements repartis sur l'ensemble de la zone d'étude équivalent à 35 %.

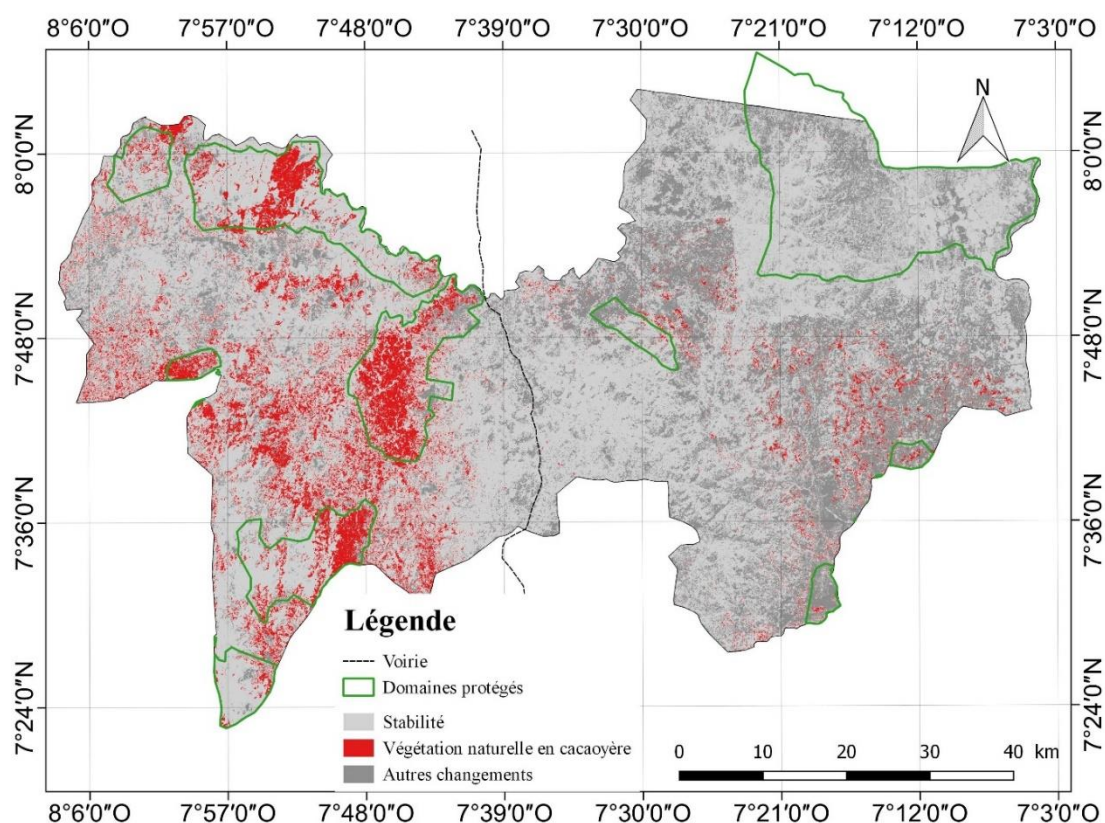


Fig. 4. Carte de changement d'occupation du sol du département de Biankouma entre 2002 et 2018

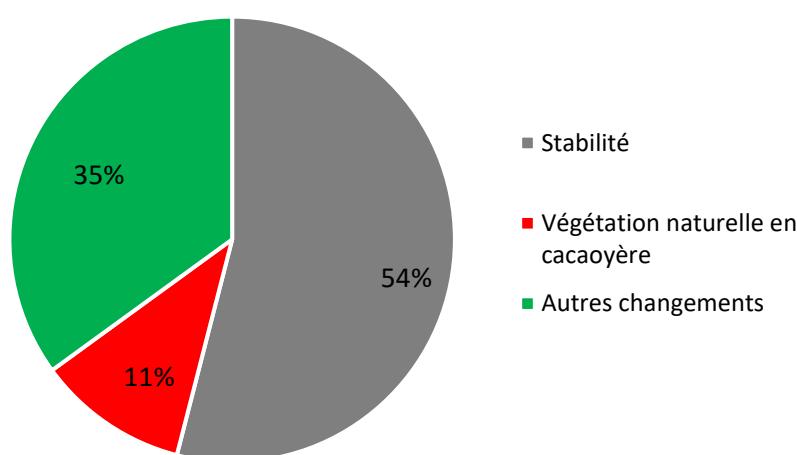


Fig. 5. Proportions des classes de changements de l'occupation du sol du département de Biankouma entre 2002 et 2018

5 DISCUSSION

La présente étude a mis en évidence une diminution de la végétation naturelle du département de Biankouma au profit des cultures notamment le cacaoyer entre 2002 et 2018. Cette dégradation de la végétation naturelle de cette zone s'est faite progressivement dans le temps. Le département de Biankouma était dominé en 2002 par la végétation naturelle tant dans le domaine rural que dans le domaine protégé. En effet, à cette date, 89,6 % et 92,3 % de la zone d'étude étaient occupés par la végétation naturelle respectivement dans le domaine rural et le domaine protégé. Les travaux de [12] indiquent qu'avant 2000, la végétation naturelle de l'Ouest de la Côte d'Ivoire était relativement bien conservée. Car avant la décennie 2000, l'Ouest de la Côte d'Ivoire était épargné par l'économie cacaoyère étant donné que le sol de cette région était considéré comme peu ou moins favorable à la cacaoculture par rapport aux autres régions de la Côte d'Ivoire [23].

Le vieillissement des vergers de cacao dans le Sud-Ouest au début des années 2000 [8] va engendrer le déplacement du front pionnier vers l'Ouest forestier [23]. Ainsi, au niveau de la zone d'étude, entre 2002 et 2006, la végétation naturelle a connu une régression de sa superficie dans les deux domaines. Cependant, la végétation naturelle du domaine rural est plus réduite avec un taux de 5,4 % contre 2,1 % dans le domaine protégé. Cette perte importante de la végétation naturelle dans le domaine rural serait due à la cohabitation des cultures cacaoyère et caféière dans le domaine rural. Effectivement, avant l'introduction de la culture cacaoyère, la zone d'étude était dominée par une agriculture constituée principalement de cultures vivrières et de café [24]. Ainsi, entre 2002 et 2006, une progression de +93,1 % de la classe Autres, comprenant notamment les sols nus dans le domaine rural contre une augmentation de +41,8 % de cette classe dans le domaine protégé a été enregistrée. L'augmentation des sols nus à cette date pourrait être un prélude à une multiplication des plantations cacaoyères. En effet, l'installation des cacaoyères est basée sur un système de culture itinérante sur brûlis dont les étapes comprennent le brûlis et le défrichement qui débouchent sur la création et l'augmentation de sols nus [25].

Le département de Biankouma connaît une forte modification de son paysage durant la période 2006-2013. Cette modification est relativement plus importante dans le domaine protégé que dans le domaine rural. En effet, la végétation naturelle du domaine protégé enregistre une perte de 17,5 % de sa surface. La forte anthropisation du domaine protégé enregistré entre 2002-2006 dans le département de Biankouma serait due à l'intensité du conflit armé que la Côte d'Ivoire a connu à cette période. En effet, pendant les conflits armés, les domaines protégés se transforment parfois en exploitations agricoles, champ de bataille et camps de réfugiés à cause de l'abandon de sa gestion [26]. Par ailleurs, les travaux de [16] et [6] ont montré que pendant la période de crise en Côte d'Ivoire, la période de 2006 à 2013 a été la plus désastreuse pour les couvertures forestières du Centre-Ouest du pays. Aussi, [27] révèle que la région Ouest ivoirienne est après celle du Sud-Ouest, la région qui a un taux élevé d'infiltration dans le domaine protégé notamment en forêt classée. Durant cet intervalle de temps, la végétation naturelle du domaine protégé a été réduite au profit des exploitations cacaoyères qui compte une progression de 848,3 % de sa superficie. Ces résultats sont similaires à ceux de nombreux auteurs ([27], [16], [28], [6]; [29]) qui ont noté en période de conflit, une dégradation des domaines protégés au profit des cacaoyères.

[30] et [31] ont fait remarquer que la fin des conflits ou de la guerre n'est pas synonyme de l'arrêt des conséquences néfastes engendrés au cours de ce conflit. Ainsi, à la fin du conflit politico-militaire en Côte d'Ivoire, le paysage du département de Biankouma enregistre des modifications négatives. A cet effet, entre 2013-2018, la végétation naturelle des deux domaines connaît une réduction en superficie au profit des exploitations cacaoyères. Cependant, la perte de la végétation naturelle ainsi que le gain en surface cacaoyère est plus important dans le domaine rural que le domaine protégé. Cette situation pourrait s'expliquer par les mesures dont la délocalisation des populations infiltrées et la destruction des champs et habitations, prises par les autorités à partir de 2013 pour permettre la restauration des domaines protégés [32]. Ce fut le cas du Parc National du Mont Sangbe et de la forêt classée d'Ira situé à l'Ouest de la Côte d'Ivoire dont les populations infiltrées dans ces espaces protégés pour la culture cacaoyère auraient été relocalisés à la périphérie de ceux-ci respectivement en 2013 et 2016. Le déguerpissement est une action qui a déjà été utilisée ailleurs par des autorités pour lutter contre la déforestation lorsque les auteurs de destruction sont identifiés [33].

Sur l'ensemble de la période d'étude, c'est-à-dire de 2002 à 2018, l'installation des cacaoyères dans le domaine protégé est deux fois plus importante que dans le milieu rural. Aussi, cette installation des cacaoyères se fait-elle au détriment des classes de végétation naturelle dans le domaine et dans le domaine rural. Par ailleurs, la carte de changement de l'occupation du sol du département de Biankouma indique que la conversion de végétation naturelle en cacaoyère est localisée majoritairement dans les domaines protégés. Ainsi, les observations tirées des résultats de nos travaux de recherche conforteraient l'hypothèse selon laquelle la colonisation du paysage par la culture cacaoyère a eu un effet négatif plus considérable sur le paysage du domaine protégé que dans celui du domaine rural dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire.

6 CONCLUSION

L'étude réalisée a permis d'évaluer l'impact de la culture cacaoyère sur le paysage des domaines rural et protégé du département de Biankouma. En considérant les intervalles de temps définis dans l'étude, l'effet de l'installation des cacaoyères est variable. Durant la période de 2002-2006, la végétation naturelle du domaine rural enregistre une perte de 5,4 % de sa superficie contre 2,1 % pour celle du domaine protégé. De même, entre 2013-2018, 23,5 % de la végétation naturelle du domaine rural est perdu au profit des cacaoyères (382,5 %). Par contre, entre 2006 et 2013, la perte de la végétation naturelle du domaine protégé est de 17,5 % contre 9,5 % pour le domaine rural. Sur l'ensemble de la période d'étude (2002-2018), les surfaces cacaoyères connaissent une augmentation de 1232,5 % au détriment de 56,8 % des autres classes, des valeurs deux fois plus importante que celles enregistrées dans le domaine rural. Ainsi, la culture cacaoyère a eu un effet négatif plus important sur le paysage dans le domaine protégé que dans le domaine rural dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Les résultats de ces travaux vont aider les décideurs nationaux à orienter dans l'urgence leurs actions dans la conservation du milieu naturel face aux activités anthropiques grandissantes de la présente époque.

REMERCIEMENTS

La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet intitulé "Dynamique d'expansion des cacaoyères et Impacts sur la biodiversité et la sécurité alimentaire dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire", portée par le Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et Environnement (GRIEPE) et financé par l'Académie des Arts, des Cultures d'Afrique et des diasporas Africaines (ASCAD) de Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [1] L. Fahrig, Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-515, 2003.
- [2] P. K. A. Gomgnimbou, W. P. Savadogo, J. A. Nianogo, and J. Millogo-Rasolodimby, Pratiques agricoles et perceptions paysannes des impacts environnementaux de la cotonculture dans la province de la Kompienga (Burkina-Faso). *Sciences & Nature*, 7: 165-175, 2010.
- [3] K. MacDicken, Ö. Jonsson, L. Piña, S. Maulo, V. Contessa, Y. Adikari, and R. D'Annunzio, Évaluation des ressources forestières mondiales 2015: comment les forêts de la planète changent-elles ? 2016.
- [4] Clough, Y, Barkmann, J, Juhrbandt, J, Kessler, M, Wanger, T. C., Anshary, A, Buchori, D, Ciczuzza, D, Darras, K, Putra, D, Erasm, S, Pitopang, R, Schmidt, C, Schulze, C. H, Seidel, D, Steffan-Dewenter, I, Stenchly, K, Vidal, S, Weist, M, Wielgoss, A. C, and Tscharntke, T, Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (20): 8311-8316, 2011.
- [5] E. Higonnet, M. Bellantonio, and, G. Hurowitz, La déforestation amère du chocolat, comment les forêts classées deviennent cacao classé. Rapport d'étude, 24 p, 2017.

- [6] Y.S. S. Barima, A.T.M. Kouakou, I Bamba, Y.C Sangne, M Godron, J Andrieu and J Bogaert, Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of HautSassandra (Ivory Coast). *Global Ecology and Conservation*, 8: 85-98, 2016.
- [7] Y.T Brou, and J.L Chalard, Visions paysannes et changements environnementaux en Côte d'Ivoire. *Annales de géographie*, 653: 65-87, 2007.
- [8] F. Ruf, and J. L Agkpo, Etude sur le revenu et les investissements des producteurs de café et de cacao en Côte d'Ivoire: rapport final, 104 p, 2008.
- [9] J. M. Kouadio, Y. Kehou, R. A Mosso, K. G Toutou, G. B Nkamleu, and J Gockowski, Production et offre du cacao et du café en Côte d'Ivoire. Rapport d'enquête stcp – ci 2002. 128 p, 2002.
- [10] F Varlet, and G Kouamé, Étude de la production de cacao en zone riveraine du Parc National de Taï. Programme de Développement Économique en Milieu Rural (PRODEMIR), GIZ, 184 p, 2013.
- [11] K. A Kouakou, Y. S. S Barima, A. T. M. Kouakou, Y. C. Sangne, I. Bamba, and N. F Kouamé, Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 26 (2), 4058-4071, 2015.
- [12] M Koné, Y. L. Kouadio, D. F. Neuba, D. F. Malan, and L. Coulibaly, Évolution de la Couverture Forestière de la Côte D'Ivoire des Années 1960 au Début du 21e Siècle/ [evolution of the Forest cover in cote D'ivoire since 1960 to the beginning of the 21st century]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7 (2), 782; 2014.
- [13] Chatelain, C, Dao, H, Gautier, L. and Spichiger, R, Forest cover changes in Côte d'Ivoire and Upper Guinea. In: Poorter, L, Bongers, F, Kouamé, F. N', and Hawthorne, W. D. (eds.) *Biodiversity of West African Forests, an ecological atlas of woody plant species*, pp. 15-32, CAB International, Wageningen, Netherlands, 2004.
- [14] Y. Amani Célestin, Logiques des infiltrations paysannes dans les forêts classées en Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 66 (1): 143-152, 2011.
- [15] M. Schweter, Interprétation des images satellites pour déterminer la surface de forêt du Parc National de Taï. Rapport. 51 p. + 5 p. d'annexes, 2012.
- [16] A.T.M Kouakou, A.A.Y Assalé, and Y.S.S Barima, Impact des pressions anthropiques sur la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Tropicultura*, 36 (2): 155-170, 2018.
- [17] RGP, Répertoire des localités: Région du Tonkpi, Côte d'Ivoire, 2014, Rapport final, INS, 56 p, 2016.
- [18] A. L Dabalen, and S. Paul. Effect of conflict on dietary diversity: Evidence from Côte d'Ivoire. *World development*, 58, 143-158, 2014.
- [19] T. Brou Yao, J Oszwald, S. Bigot, and S. Eric, Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'état en Côte d'Ivoire: quel avenir pour ces derniers massifs forestiers ? Télédétection, 5 (1-2-3). 263-275. ISSN 1028-7736, 2005.
- [20] M. C. Girard, and C. M. Girard, Traitement des données de télédétection. Paris (France), Dunod, 529 p, 1999.
- [21] J.R. Landis, and G.G Koch, The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33: 159--174, 1977.
- [22] M. S Toyi, Y.S.S. Barima, A. Mama, M. André, J-F Bastin, C. De Cannière, B Sinsin, and J Bogaert, Tree Plantation Will Not Compensate Natural Woody Vegetation Cover Loss in the Atlantic Department of Southern Benin. *Tropicultura*, 31: 62-70, 2013.
- [23] H. Kouadio, and A Desdoigts, Deforestation, migration, saturation and land reforms: Côte d'Ivoire between resilience and rural land disputes. MPRA Paper, n° 49938, 2012.
- [24] A. Koua, Situation de la production de café en Côte d'Ivoire: cas du département d'Aboisso. Mémoire ingénieur, Ecole Supérieur d'Agronomie, Institut National Polytechnique Houphouët Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 90p, 2007.
- [25] J Fox, D. M. Truong, A.T. Rambo, N. P. Tuyen, L.T. Cuc, and S. Leisz, Shifting cultivation: A New Old Paradigm for Managing Tropical Forests. *BioScience* 50 (6): 521-528, 2000.
- [26] O Shuku, Evaluation environnementale des conflits armés: Cas de la RDC. Communication, 17-20 Juin 2003, Marrakech (Maroc), 5 p, 2003.
- [27] T. Kassoum, Le couvert forestier en Côte d'Ivoire: une analyse critique de la situation de gestion des forêts (classées, parcs et réserves). *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention*, 5 (02), 4387-4397, 2018.
- [28] J. N. D Kassi, Y Tuo, and I. C. Zo-Bi, Diversité floristique et infiltration humaine de la forêt classée de la Besso (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 114 (1), 11299-11308, 2017.
- [29] Y C. Sangne, Y. S. S. Barima., I. Bamba, and C. T N'Doumé, Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). [Vertigo] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 15 (3), 2015.
- [30] I Bannon, and Collier P, Natural resources and violent conflicts. Options and Actions. Washington DC, The World Bank, 429 p, 2003.
- [31] G Busset, Les évaluations des impacts sur l'environnement en période de conflits armés, Mémoire de Master en ingénierie et management en environnement et développement durable, Université de Technologie de Troyes, 65 p, 2009.
- [32] OCHA, Côte d'Ivoire 2013: Besoins humanitaires en transition, Rapport d'étude, 34 p, 2013.
- [33] M Bernard, Des forêts et des hommes: Représentation, Usage, Pratique, 65-71, 2010.

Évaluation de l'effet de trois modes de semis sur la croissance et la productivité du fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf) dans la commune de Korhogo en Côte d'Ivoire

[Evaluation of the effect of three modes of sowing on the growth and the productivity of fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf) in the commune of Korhogo in Côte d'Ivoire]

Siéné Laopé Ambroise Casimir, Traoré Mohamed Sahabane, Doumbouya Mohamed, Kouadio Ange Fabrice Béra, Makadji Sogona, and Zingbé Gonnepou Emmanuel

UFR des Sciences Biologiques, Département de Biologie Végétale, Université Peleforo GON COULIBALY, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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: Fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf), considered as a minor cereal contributes to overcome the periods of welding in rural zone. Its culture is made in an abstract way and the increasingly weak outputs requiring the revision of this farming system. The objective of this study is to contribute to the improvement of the productivity of fonio in Côte d'Ivoire. With this intention, in the commune of Korhogo, the effect of three modes of sowing on the growth and the productivity of fonio was evaluated in a device in randomized complete blocks with four (04) repetitions and one (01) factor. The observations related to the phenology, the parameters of growth and the yield. The results showed an output raised on the level of sowing to stolen and a good growth on the level of sowing in seed hole except the height of the seedling. However, it would be interesting for a future study, to evaluate the effect of these three modes of sowing, compound with various mineral and organic manures on the growth and the productivity of fonio. .

KEYWORDS: Fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf), sowing methods, growth parameters, yield, Korhogo.

RESUME: Le fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf), considéré comme une céréale mineure concourt à surmonter les périodes de soudure en zone rurale. Sa culture est faite de façon informelle et les rendements de plus en plus faibles nécessitant la révision de ce système de culture. L'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la productivité du fonio en Côte d'Ivoire. Pour ce faire, dans la commune de Korhogo, l'effet de trois modes de semis sur la croissance et la productivité du fonio a été évalué dans un dispositif en blocs complets randomisés à quatre (04) répétitions et à un (01) facteur. Les observations ont porté sur les phénophases, les paramètres de croissance et le rendement. Les résultats ont montré un rendement élevé au niveau du semis à la volée et une bonne croissance au niveau du semis en poquet excepté la hauteur du plant. Toutefois, il serait intéressant pour une étude future, d'évaluer l'effet de ces trois modes de semis, combiné à différentes fumures minérales et organiques sur la croissance et la productivité du fonio.

MOTS-CLEFS: Fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf), modes de semis, paramètres de croissance, rendement, Korhogo.

1 INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest notamment en Côte d'Ivoire, les céréales traditionnelles constituent l'aliment de base des populations humaines. Elles participent de façon primordiale à la sécurité alimentaire surtout dans les zones où leur production semble difficile [1]. Le fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf), considéré comme la plus ancienne [2], est une céréale dite mineure, mais,

qui concourt à surmonter les périodes de soudure en zone rurale [1], [3]. Nonobstant des politiques agricoles toujours axées sur les spéculations majeures et le caractère extensif des systèmes de culture sous pluies [4], le fonio reste une céréale peu connue, voire, négligée dans de nombreux pays ouest-africains. En Côte d'Ivoire, sa culture est essentiellement confinée dans le Nord-Ouest [5] (**Figure 1**), où le fonio est une culture secondaire. Cependant, en raison de sa rusticité [6] et sa bonne adaptation aux sols pauvres et sa tolérance à la sécheresse, cette céréale s'est maintenue au cours du temps malgré des rendements relativement faibles de 600 à 800 kg/ha [7]. Aujourd'hui, la production ivoirienne est de 20 000 tonnes pour une superficie emblavée de 14 287 ha soit un rendement moyen de 1 400 kg/ha [1]. Mais, elle reste insuffisante, car, une grande partie des quantités consommées provient de la sous-région [8]. Le fonio est une céréale importante qui pourrait valablement seconder, en Côte d'Ivoire, le riz et le maïs afin d'amoindrir la forte pression exercée sur ces céréales par les effets défavorables du changement climatique. En effet, en Côte d'Ivoire, peu d'études, en particulier en phytotechnie, ont été réalisées dans le but d'améliorer la productivité de cette culture. Les recherches conduites sur les techniques culturales et les systèmes intégrant le fonio sont généralement rares et anciennes [9]. Sa culture est faite de façon informelle et utilise des variétés traditionnelles à faible potentiel de production, d'où, la nécessité de la développer par la révision de son système de culture. L'objectif général de cette étude a été de contribuer à l'amélioration de la productivité du fonio. Il s'est agi plus spécifiquement d'évaluer l'effet des différents modes de semis sur les paramètres agronomiques.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée dans la localité de Korhogo, au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. L'essai en parcelle expérimentale a été conduit sur le site expérimental de l'Université Peleforo GON COULIBALY de Korhogo. Le sol dudit site est de type sablo-limoneux. Avec une teneur moyenne en sable (87,58 %) plus élevée que celle de l'argile (2,61 %) et du limon (9,80 %), un pH acide (4,54) et une faible teneur en azote total (0,039 %) [10]. Un pluviomètre paysan à lecture directe a été installé sur le site expérimental afin de déterminer la quantité d'eau tombée au cours du cycle de la culture. Le climat de cette zone est de type sub-soudanéen. Il se caractérise par la succession de saison sèche (novembre à mai) et de saison des pluies (juin à octobre) [11]. Les précipitations maximums s'observent en août. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1 364 mm et la température moyenne annuelle, de 26,7 °C. Ses coordonnées géographiques sont 9°27' latitude nord et 5°37' de longitude ouest, avec une altitude moyenne de 360 m [12].

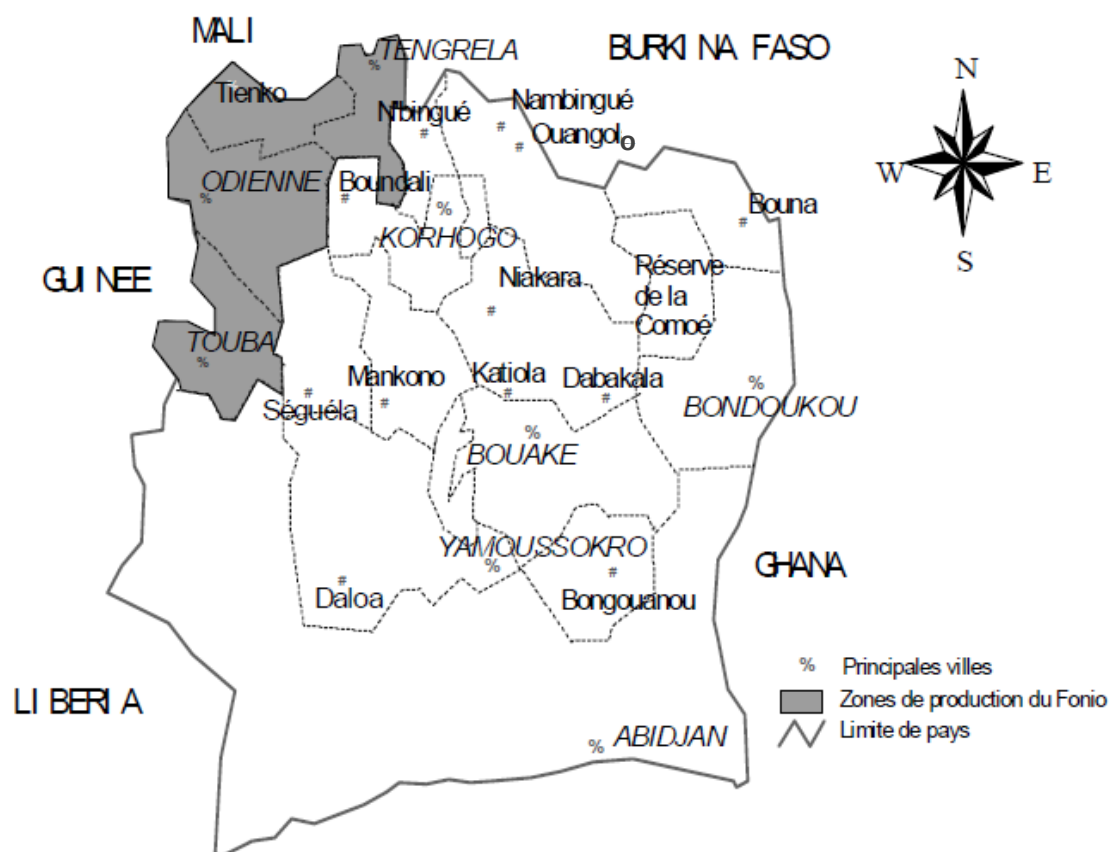


Fig. 1. Zone de culture du fonio en Côte d'Ivoire [13]

2.2 MATÉRIEL

Le matériel végétal utilisé a été une variété de fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf) et du matériel fertilisant a été constitué d'un type d'amendement minéral, le NPKSB (15-15-15 + 6S + 1B) à raison de 100 kg/ha.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL, FACTEURS ET TRAITEMENTS ÉTUDIÉS

Le dispositif expérimental a été un bloc complet randomisé à quatre répétitions et un facteur. Le facteur mode de semis à trois modalités a été étudié. Les traitements au nombre de trois ont été le semis à la volée (SV), le semis en ligne continue (SL) et le semis en poquet (SP). Ils ont été répartis de façon aléatoire dans les parcelles élémentaires. Les blocs ou répétitions, espacés de 1 m ont été constitués chacun de trois unités expérimentales ou parcelles élémentaires, soit un total de douze parcelles pour l'ensemble du dispositif. Les dimensions des parcelles élémentaires ont été de 2 m x 2 m soit 4 m². La surface totale de l'expérimentation a été de 12 m x 10 m, soit 120 m². La zone de défense autour de l'essai a été d'environ 3 m.

2.3.2 CONDUITE DE L'ESSAI

Un labour suivi du nivellement et du piquetage ont été effectués quelques jours avant le semis. Du pyral (50 G) a été appliqué au sol (à raison de 20 kg/ha) en vue de lutter contre d'éventuelles attaques d'insectes ou d'autres microorganismes du sol qui pourraient empêcher la levée. Les semences ont été préalablement traitées au fongicide avant le semis qui a été effectué en humide le 04 août 2019. Les opérations d'entretien telles que, le sarclage et le désherbage ont été réalisées au besoin dans les parcelles.

2.3.3 MODES DE SEMIS

Les différents modes de semis ont été réalisés comme suit:

- Le semis à la volée (SV) : une quantité de 30 kg/ha recommandée par [14], a été utilisée (soit 12 g par parcelle élémentaire). À cause de la petite taille des graines de fonio, les semences ont été mélangées à du sable à la proportion de 1/1 afin de mieux les répartir dans les parcelles. Le recouvrement des semences a été fait à la main, avec des branchages.
- Le semis en poquet (SP): il a été fait par pincée de grains de fonio dans les trous de semis, puis, recouvert par de la terre avec des branchages. Le nombre de lignes par parcelle a été de six (06) et le nombre de poquets par ligne a été de 10 poquets, soit 60 poquets par parcelle.
- Le semis en ligne continue (SL) : il a été fait à l'aide d'une bouteille dont la capsule a été perforée et qui a servi de semoir. Le nombre de lignes par parcelle a été de six (06).

2.3.4 ESTIMATION DE LA DENSITE DE PLANTS PAR MODES DE SEMIS

Cette estimation a été faite comme suit:

- Pour le semis à la volée (SV) : la parcelle a été divisée en 16 carrés de dimension 0,5 m x 0,5 m, soit 0,25 m². Le nombre de plants a été compté dans trois de ces carrés pris au hasard, puis le nombre moyen de plants a été multiplié par 16 pour estimer le nombre total de plants par parcelle.
- Pour le semis en poquet (SP): le nombre de plants a d'abord été compté sur le tiers d'une ligne, ensuite ramené à la ligne et enfin à la parcelle.
- Pour le semis en ligne continue (SL) : le nombre de plants a d'abord été compté sur le tiers d'une ligne, ensuite ramené à la ligne et enfin à la sous parcelle.

2.3.5 MESURES ET OBSERVATIONS

Les observations et mesures par parcelle élémentaire ont porté sur les observations phénologiques, les mesures agromorphologiques et le rendement.

2.3.6 OBSERVATIONS PHÉNOLOGIQUES

Elles ont concerné la date de levée, la date de tallage, la date de montaison, la date d'épiaison, la date de floraison et la date de maturité des grains. Les dates de semis et de levée ont permis de déterminer le temps d'émergence (ou délai de germination) en fonction des traitements. Les dates de levée, de floraison et de maturité ont permis quant à elles, d'établir les durées des phases végétatives et reproductives. La durée du cycle pour chaque traitement étant égale à la somme de ces phases phénologiques plus le temps d'émergence (délai de germination).

2.3.7 MESURES AGRO-MORPHOLOGIQUES

Ces mesures ont été faites par quinzaine (2 semaines). Elles ont porté sur la hauteur du plant (HP), le nombre de talles par plant (NT), le nombre total de feuilles par plant (NTF) et le nombre d'épis par plant (NEP).

2.3.8 ANALYSE DE LA RÉCOLTE

La détermination du rendement grain et de ses composantes a été faite sur une parcelle utile ou carré de rendement (soit une zone 1 m x 1 m = 1 m²) sur l'ensemble des parcelles élémentaires de l'essai. Les rendements en matière sèche aérienne totale et en grain ont été calculés à partir de leur poids sec respectif et de la surface du carré de rendement. Les composantes du rendement tels que le nombre de racème par épi, la longueur des racèmes, le poids sec des grains du carré de rendement et le poids de 1000 grains (P1000G) ont été déterminés. Le P1000G a été déterminé à partir de 3 échantillons pris par parcelle.

2.3.9 TRAITEMENT ET ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

Le traitement des données a été effectué à l'aide du tableur Excel. Ce tableur a été utilisé pour le calcul de certaines moyennes et pour le tracé de graphiques et de tableaux. L'analyse de la variance a été effectuée à l'aide du logiciel statistique XLSTAT. En cas d'effet significatif au seuil de 5 %, le test de Newman et Keuls a permis d'établir le classement des moyennes.

3 RÉSULTATS

3.1 ESTIMATION DE LA DENSITE DE PLANTS PAR MODE DE SEMIS

Les résultats de l'estimation de la densité de plants pour chaque mode de semis sont présentés au **Tableau 1**. La densité de plants a été plus élevée au niveau du semis à la volée (4 800 plants), suivie du semis en ligne continue (4 200 plants). Le plus faible nombre de plants a été enregistré au niveau du semis en poquet (2 160 plants).

3.2 CARACTERISATION DE LA PHENOLOGIE EN FONCTION DES TRAITEMENTS

Les durées des phases phénologiques sont présentées dans le **Tableau 2**. Les résultats de l'analyse statistique ont montré une différence significative entre les traitements quelle que soit la phénophase. La durée du délai d'émergence a été plus longue au niveau des plants du semis en poquet avec une valeur moyenne de 5,5 jours. Par contre, elle a été de 4 jours pour les plants des semis en ligne continue et à la volée. Concernant la durée de la phase végétative, elle a été plus courte avec une valeur moyenne de 55 jours au niveau des plants du semis à la volée par rapport à ceux des autres modes de semis qui ont présenté une valeur moyenne de 58 jours. Quant à la durée de la phase reproductive, elle a été plus longue au niveau des plants du semis à la volée (15 jours). Les plants des semis en ligne continue et en poquet ont enregistré des durées similaires de cette phase, comprises entre 12,25 et 13,25 jours. Pour ce qui concerne la durée du cycle, les plants des semis en ligne continue et en poquet ont affiché une durée plus longue (entre 75,25 et 76 jours) que des plants du semis à la volée (74 jours).

Tableau 1. Densité de plants estimées par parcelle

Modes de semis	Densité de plants / parcelle
Volée	4800
Ligne continue	4200
Poquet	2160

Tableau 2. Durées des phénophases en fonction des modes de semis

Modes de semis	Délai d'émergence (jours)	Durée phase végétative (jours)	Durée phase reproductive (jours)	Durée du cycle
Poquet	5,5 a	58,25 a	12,25 b	76,00 a
Ligne continue	4,00 b	58,00 a	13,25 b	75,25 a
Volée	4,00 b	55,00 b	15,00 a	74,00 b

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Newman et Keuls.

3.3 EFFET DES MODES DE SEMIS SUR LES PARAMETRES DE CROISSANCE

3.3.1 HAUTEUR DU PLANT

Les valeurs de hauteur du plant mesurées au cours du cycle sont présentées au **Tableau 3**. De façon générale, les hauteurs des plants ont régulièrement augmenté au cours du cycle. Les résultats de l'analyse statistique ont montré une différence significative entre les traitements aux 33^e et 47^e JAS. Durant cette période, les plants du semis à la volée ont présenté des hauteurs de plants plus élevées par rapport à ceux des autres modes de semis (poquet et ligne continue). En fin de cycle, au 75^e JAS, une différence significative a également été observée entre les traitements. Les plants du mode de semis à la volée

ont été plus grands avec une valeur moyenne de 67 cm par rapport à ceux des modes de semis en poquet et en ligne continue qui ont obtenus des valeurs moyennes respectives de 54,50 cm et 62,40 cm.

3.3.2 NOMBRE DE TALLES PAR PLANT

La **figure 2**, montre les valeurs moyennes du nombre de talles produites au cours du cycle. Ce nombre a augmenté au cours du cycle quel que soit le traitement. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les traitements jusqu'au 75^e JAS. À cette date, le nombre moyen de talles au niveau des plants semés en poquet a été plus élevé (7,55 talles) que ceux des plants des autres traitements compris entre 3,85 et 4,25 talles.

3.3.3 NOMBRE TOTAL DE FEUILLES PAR PLANT

Le nombre total de feuilles par plant est présenté par la **figure 3**. Les valeurs du nombre total de feuilles par plant ont augmenté au cours du cycle quel que soit le traitement. Les résultats de l'analyse ont montré qu'il existe une différence significative entre les traitements au 75^e JAS. À cette date, le nombre total de feuilles a été en moyenne de 26,10 feuilles pour les plants semés en poquets contre respectivement 13,70 et 15,30 pour les plants semés à la volée et en ligne continue.

3.3.4 NOMBRE D'ÉPIS PAR PLANT

Le nombre d'épis par plant est présenté dans le **Tableau 4**. Les épis sont apparus à partir du 62^e JAS. Les résultats de l'analyse statistique n'ont montré aucune différence entre les traitements à partir de cette date jusqu'en fin de cycle. Le nombre moyen d'épis a été compris entre 2,40 et 3,75 épis en fin de cycle.

Tableau 3. Hauteur du plant en fonction des modes de semis au cours du cycle

Modes de semis	JAS	Hauteur (cm)
Volée	19	18,30 a
Ligne continue		12,96 a
Poquet		12,10 a
Volée	33	29,85 a
Ligne continue		22,15 b
Poquet		20,40 b
Volée	47	35,95 a
Ligne continue		29,20 b
Poquet		29,30 b
Volée	62	52,15 a
Ligne continue		44,50 a
Poquet		40,25 a
Volée	75	67,00 a
Ligne continue		62,40 ab
Poquet		54,50 b

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Newman et Keuls.

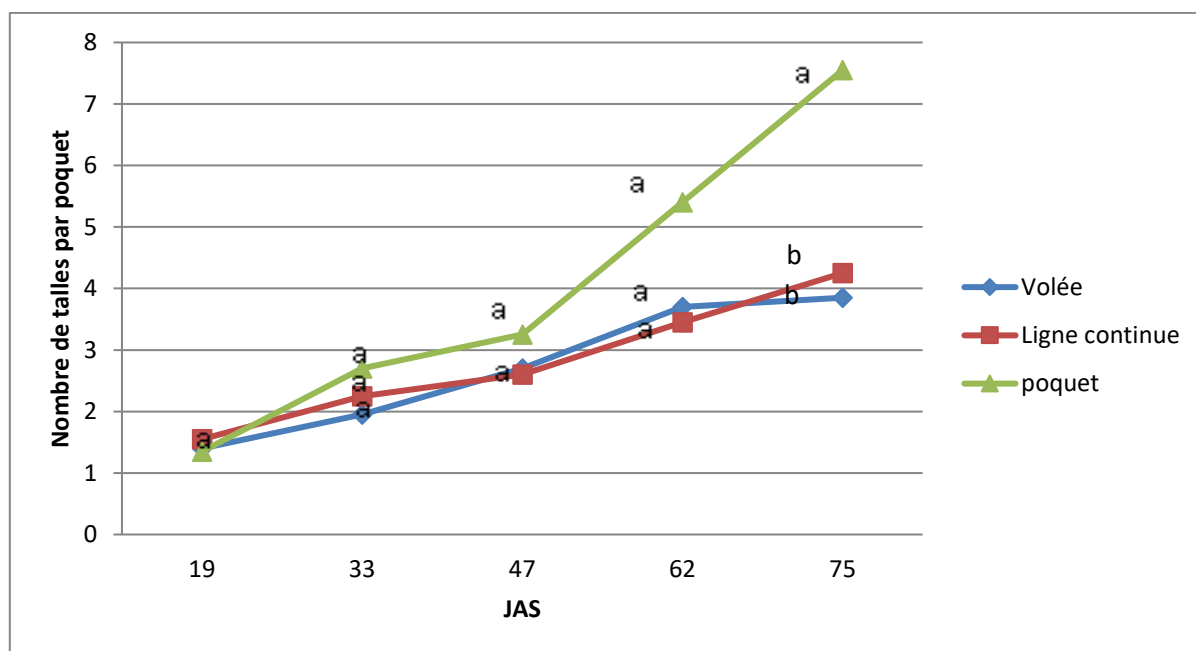


Fig. 2. Évolution du nombre de tiges en fonction des modes de semis au cours du cycle

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Newman et Keuls.

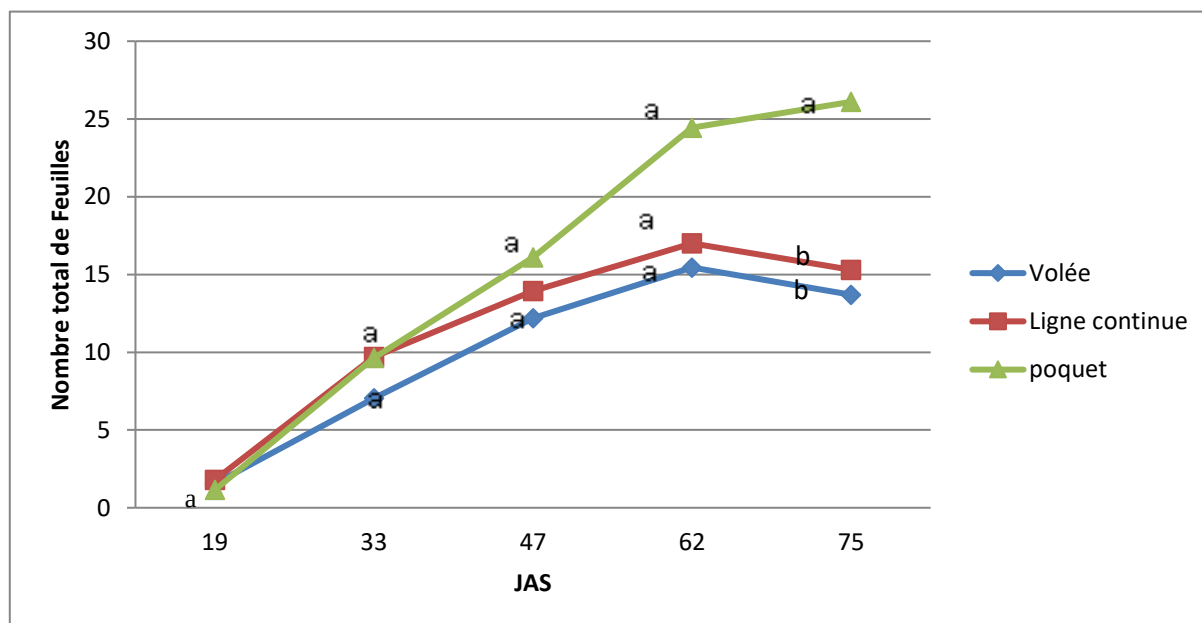


Fig. 3. Evolution du nombre total de feuilles en fonction des modes de semis au cours du cycle

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Newman et Keuls.

Tableau 4. Nombre d'épis en fonction des modes de semis au cours du cycle

Modes de semis	62 JAS	75 JAS
Poquet	0,75 a	3,75 a
Ligne continue	1,50 a	2,85 a
Volée	1,05 a	2,40 a

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Newman et Keuls.

3.3.5 EFFET DES MODES DE SEMIS SUR LA PRODUCTION DU FONIO

3.3.5.1 COMPOSANTES DU RENDEMENT

Les résultats des composantes du rendement sont présentés dans le **Tableau 5**. Les résultats de l'analyse statistiques n'ont montré aucune différence significative entre les traitements pour le nombre de racème par épis. Une valeur moyenne de 3,11 racèmes par épis a été obtenue. Concernant la longueur des racèmes, une différence significative a été observée entre les traitements. Les plants semés en poquet ont présenté des racèmes plus longs (11,62 cm) par rapport à ceux des autres traitements (11,3 en ligne continue et 11,37 cm à la volée). Au niveau de la paille, une différence significative a été révélée. La masse de la paille a été plus élevée au niveau des plants du semis à la volée, avec une valeur moyenne de 172,40 g contre 106,87g et 82,56 g respectivement pour les plants semés en ligne continue et en poquet. En ce qui concerne le poids de mille grains, les plants semés à la volée ont présenté la valeur moyenne la plus élevée (0,68 g) et les plants semés en poquet la valeur la plus faible (0,52 g). Les plants semés en ligne continue ont obtenu une valeur de 0,63 g. En rapport avec le poids des grains, les plants semés à la volée ont enregistré la plus grande valeur moyenne de 98,13 g comparativement aux plants semés en ligne continue et en poquet, qui ont présenté des valeurs moyennes respectivement de 85,55 g et de 51,67 g (la plus faible).

3.3.5.2 RENDEMENT

Les rendements obtenus au cours de cette étude sont présentés dans le **Tableau 5**. Les résultats de l'analyse statistique ont montré une différence significative entre les traitements. Le rendement obtenu au niveau des plants semés à la volée a été plus élevé avec une valeur moyenne de 981,35 kg/ha. Il a été suivi de celui des plants semés en ligne continue (835,55 kg/ha) et le plus faible rendement (516,77 kg/ha) a été obtenu les plants semés en poquet.

Tableau 5. Rendement et ses composantes en fonction du mode de semis

Modes de semis	Nombre de racème/épis	Longueur de racème (cm)	Paille (g)	Poids 1000 grains (g)	Grains (g)	Rendement (kg/ha)
Volée	3 a	11,37 b	172,40 a	0,68 a	98,13 a	981,35 a
Ligne continue	3,15 a	11,3 b	106,87 b	0,63 b	83,55 b	835,55 b
Poquet	3,2 a	11,62 a	82,56 b	0,52 c	51,67 c	516,77 c

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Newman et Keuls.

4 DISCUSSION

Cette étude a permis, de mettre en exergue l'effet des trois modes de semis sur la croissance et la productivité du fonio. L'estimation des densités de plants par mode de semis a permis de montrer que, les quantités de semences utilisées pour le semis à la volée ont été nettement supérieures à celles utilisées dans les deux autres modes de semis. Ainsi, les parcelles semées à la volée ont enregistré les densités de plants les plus élevés, suivies des parcelles semées en ligne continue puis par celles semées en poquet. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par [15], qui a révélé que le semis en ligne continue permet de réduire près de 50 % la dose de semences utilisée pour le semis à la volée. Selon [16], la dose de semence utilisée serait fonction de l'écartement de semis. Une réduction de l'écartement entre ligne conduit à une augmentation de ligne de

semis sur la parcelle, et par conséquent à une élévation de la quantité de semence et de densité de plant. Nos résultats ont montré que le délai d'émergence est compris entre 4 et 5 jours. Ces résultats s'apparentent à ceux de [16], qui ont obtenu une durée de 3 à 4 jours. Concernant la phénologie, la durée du cycle a été plus longue au niveau des plants semés en poquet et en ligne continue par rapport à ceux semés à la volée. Ce résultat pourrait s'expliquer par la différence de densité de plants observée au niveau des modes de semis étudiés. En effet, la densité de semis élevée au niveau du semis à la volée a entraîné une compétition entre les plants pour la lumière et les éléments nutritifs mis à leur disposition. Cela aurait favorisé une accélération de la croissance et du développement des plants semés à la volée. Ce résultat est corroboré par celui de [17], qui a obtenu la même durée de cycle pour un semis effectué à la même période que le nôtre. Aussi, ces résultats pourraient-ils découler du fait que, les paramètres de croissance ont été affectés par les modes de semis. La hauteur du plant a été plus élevée au niveau des plants semés à la volée. En effet, les plants de ce mode de semis ont été soumis à une compétition pour la lumière qui a accéléré leur allongement, phénomène connu sous le nom d'étiollement [18]. Quant aux valeurs des autres paramètres de croissance tels que le nombre de talles, le nombre total de feuilles et le nombre d'épis, elles ont été importantes au niveau des plants semés en poquet, où la densité de plant a été faible par parcelle. Les plants ont donc été soumis à une moins forte compétition pour les éléments nutritifs, ce qui leur a assuré une bonne croissance et un bon développement. Selon [19] et [20], le tallage chez le fonio et le mil est influencé par la densité de semis. En effet, [20] ont démontré qu'une densité de semis élevée réduit le nombre de talles et de feuilles par poquet chez le mil. Les nombres de talles ainsi obtenus par mode de semis ont été similaires à ceux rapportés par [21] et [22], qui ont montré que le nombre de talles par plant chez le fonio peut varier de 2 à 8. De même, le nombre de feuilles et d'épis étant corrélés positivement au nombre de talles [20], il est donc évident que ces paramètres soient importants pour le semis en poquet. Relativement au rendement, les plants semés à la volée ont présenté les meilleurs valeurs, suivis des plants semés en ligne continue et en poquet qui ont affiché les valeurs les plus faibles. Ce résultat s'expliquerait par la différence de densité de plants par parcelle. En effet, la densité de semis élevée au niveau du semis à la volée a permis d'obtenir un meilleur rendement par rapport au semis en poquet qui a présenté une faible densité de plants. Ce rendement est supérieur à celui obtenu par [17], pour le semis effectué à la même date que le nôtre et égale aux rendements obtenus par ces auteurs pour les semis effectués au début du mois de juillet. Cependant, les valeurs moyennes de rendements obtenues au cours de notre expérimentation sont en contradiction avec ceux obtenus par [23] et [16]. Ces auteurs ont montré que le rendement du fonio est meilleur dans le cas du semis en ligne continue que dans celui à la volée. De même, les résultats des travaux de [15] au Sénégal, sur les modes de semis, ont montré que les semis en ligne continue ont en général des rendements significativement supérieurs à ceux obtenus avec le semis à la volée. Ces observations divergentes pourraient s'expliquer par le nombre de plants existants par mode de semis (densité de plants) qui a été différent des nôtres. En effet, [23] et [16], ont obtenu plus de plants au niveau du semis en ligne continue par rapport au semis à la volée dans leur étude. Par ailleurs, les faibles valeurs de rendements obtenus dans cette étude pourraient être le fait d'un semis tardif, car, comme indiqué par [16], le semis tardif chez le fonio entraînerait une réduction du rendement.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre étude a révélé un impact des différents modes de semis sur la croissance et la productivité du fonio. Le semis en poquet a permis d'obtenir les meilleurs paramètres de croissance excepté la hauteur du plant. Pour ce paramètre, c'est le semis à la volée qui a été avantageux. Au niveau du rendement et ses composantes, les semis à la volée et en ligne continue, ont été les plus favorables grâce à la densité de plants par parcelle. Toutefois, il serait intéressant pour une étude future, d'évaluer l'effet de ces trois modes de semis, combiné à différentes fumures minérales et organiques sur la croissance et la productivité du fonio.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions, à travers cette étude, adresser nos remerciements à Monsieur CAMARA Pierre pour la mise à disposition et l'entretien de la parcelle d'étude.

REFERENCES

- [1] A. N. Vall, F. Beavogui et D. Sogodogo, Les cultures de soudure comme stratégie de lutte contre l'insécurité alimentaire saisonnière en Afrique de l'Ouest: le cas du fonio (*Digitaria exilis*). Cahiers Agricultures, 20 (4) : p. 294-300, 2011.
- [2] J. W. Purseglove, Tropical Crops. Monocotyledons. Longman, Harlow, Royaume-Uni, pp. 142-144, 1985.
- [3] I. Ouedraogo, O. S. Hema et A. Sanou, Inventaire et incidence des insectes inféodés à la culture du fonio (*Digitaria exilis* Stapf) dans la zone ouest du Burkina Faso, J. Appl. Biosci. 94: pp. 8880 – 8889, 2015.

- [4] F. Ndoeye, A. G. Diedhiou, M. Gueye, D. Fall, A. Barnaud, M. O. Sy, K. Noba, D. Diouf et A. Kané, Réponse du fonio blanc (*Digitaria exilis* Stapf) à l'inoculation avec des champignons mycorhiziens à arbuscules en conditions semis-controlées. *J. Appl. Biosci.* 103: 9784-9799 ISSN 1997-5902, 2016.
- [5] K. Attiey et J. M. Leblanc, Prospection des mils-sorghos-fonio en Côte d'Ivoire, Rapport de mission (IRAT-ORSTOM). 73 p, 1979.
- [6] F. Béavogui, S. Camara et A. Diallo, Typologie des systèmes de production et des systèmes post-récolte du fonio en Guinée, livrable 1. Projet Aval Fonio, Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. IRAG, Conakry (Guinée), 23 p, 2017.
- [7] FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>, 2017.
- [8] Anonyme, Chronique du vivrier de la semaine du 12 au 18 janvier 2015. Rapport de l'office d'aide à la commercialisation des produits vivriers-Ministère du commerce de l'artisanat et de la promotion des PME-Côte d'Ivoire, 16 p, 2015.
- [9] J. Gigou, D. Stilmant, T. A. Diallo, N. Cisse, M. D. Sanogo, M. Vaksman, Fonio millet (*Digitaria exilis*) response to N, P and K Fertilizers under varying climatic conditions in West Africa. *Experimental Agriculture*, 45: 401-15, 2009.
- [10] L. A. C. Siéné, M. Condé, R. Bayala, T. V. F. N'Guettia, et A. F. B. Kouadio, Réponse de deux variétés locales de maïs (*Zea mays* L.) à deux types de fertilisation en conditions de déficit hydrique post-floral en zone soudanienne en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, volume 29 (3): pp. 443 – 455, 2020.
- [11] A. G. Beaudou et R. Sayol, Etude pédologique de la région Boundiali-Korhogo (Côte d'Ivoire). Méthodologie, typologie détaillée (morphologie, caractères analytiques), *Trav. & Doc.* N° 112, 1979.
- [12] Anonyme, Situation géographique de Korhogo. <http://dateandtim.info/fr/citycoordinates.php?id=2286304>, 2016.
- [13] A. Assamoi, Le fonio en Côte d'Ivoire. Session 1: importance du fonio en Afrique de l'Ouest. In: Actes du premier atelier sur la diversité génétique du fonio (*Digitaria exilis* Stapf) en Afrique de l'Ouest. Editeurs: Vodouhé SR, Zannou A, et Achigan Dako E. Conakry, Guinée: 5-6 août 1998, p 15-16, 1998.
- [14] S. R. Vodouhé, A. Zannou et E. A. Dako, Actes du Premier Atelier sur la Diversité Génétique du Fonio (*Digitaria exilis*) en Afrique de l'Ouest. Conakry, Guinée, du 04 au 06 Août 1998. Institut International des Ressources Phytogénétiques (IPGRI), Rome, Italie. 76 p, 2003.
- [15] M. M. Gueye, Amélioration des techniques de semis, de fertilisation et de récolte du fonio blanc (*Digitaria exilis*, Poaceae) au Sénégal Oriental et en Casamance (Sénégal). Thèse de Doctorat Biologie, Physiologie et Production Végétales le 13 Février 2016 à Dakar, 2016.
- [16] C. Kanlindogbe, E. Sekloka, R. Ayelesso, J. Opala, V. Zinsou, et A. Natta, Evaluation participative de types de semis et l'écartement en culture de fonio (*Digitaria exilis* Stapf) au Bénin. *European Scientific Journal*, 16 (3) : 211-223 ISSN 1857-7881, 2020.
- [17] M. Gueye, G. Kanfany, A. Fofana, M. Gueye, K. Noba et J. H. Grove, Effect of planting date on growth and grain yield of fonio millet (*Digitaria exilis* Stapf) in the southeast of Senegal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (2) : 581-592, 2015.
- [18] H. Rabéchault, Recherches sur la culture (in vitro 1) des embryons de palmier à huile (*elaeis guineensis* jacq.) in: effets de l'acide p indolyl-acétique. *Oléagineux*, 17e année, no 10- octobre, 1962.
- [19] A. F. B. Kouadio, Etude du comportement du fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf) en pot et de sa réponse à quatre (04) types de fertilisants en parcelle expérimentale dans la commune de Korhogo. Mémoire Master le 24 / 01 / 2020, 56 p, 2020.
- [20] L. A. C. Siéné, B. Muller et S. Aké, Etude du développement et de la répartition de la biomasse chez deux variétés de mil de longueur de cycle différente sous trois densités de semis. *J. Appl. Biosci.* 35: 2260 – 2278, 2010.
- [21] M. Badiane, Agronomie de la culture du fonio. Document de synthèse et de formation. Direction Régionale de l'ANCAR Kolda (Sénégal), 10 p, 2006.
- [22] J. F. Cruz, F. Beavogui et D. Drame, Le fonio: une céréale africaine. Éditions Quae, Versailles. Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux (Belgique), CTA, Wageningen (Netherlands, Pays-Bas), 160 p, 2011.
- [23] J. C. Hinvé et R. C. Nonfon, Rapport d'activités de suivi-appui-conseil des activités de démonstration et de pré-vulgarisation du riz et du fonio. AMRAD/COGESTION/CONTRAT/0421/05. Centre de Recherches Agricoles Nord, recherche-développement Atacora, 23 p, 2006.

148

μm , et la Salinité, estimée par dosage colorimétrique. Enfin, les polluants minéraux (Ba^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) et le fer total (Fe^{2+} , Fe^{3+}) sont évalués par spectrophotométrie, Hach DR 3900. Les résultats montrent que le pH moyen de l'eau de puits est voisin de $6,18 \pm 1,32$ (eau acide) tandis que celui de l'eau de rivière est neutre ($7,23 \pm 0,12$). La CE et l' O_2 dissous de l'eau des puits sont respectivement de $184,20 \pm 15,78 \mu\text{S/cm}$ et $8,93 \pm 0,97 \text{ mg d'O}_2/\text{L}$ alors que dans le ruisseau on trouve $37,98 \pm 0,85 \mu\text{S/cm}$ et $7,57 \pm 0,39 \text{ mg d'O}_2/\text{L}$. L'analyse des ions montre que les deux ressources ne sont presque pas polluées par les espèces chimiques autres que le Ba^{2+} et les PO_4^{3-} . La toxicité liée à la pollution varie entre $4,75 \pm 1,71$ et $4,33 \pm 1,15 \text{ mg/L}$ en Ba^{2+} , puis entre $1,31 \pm 1,13$ et $2,77 \pm 2,07 \text{ mg/L}$ en PO_4^{3-} pour les puits et le ruisseau, dont la teneur est au-dessus des seuils requis ($0,7 \text{ mg/L}$ en Ba^{2+} et 2 mg/L en PO_4^{3-}). La nature des sols, mais surtout les rejets anthropiques expliqueraient cette altération. Enfin, le traitement à l'eau de Javel a un effet bénéfique sur la réduction de la pollution, exception faite pour les MES et les Nitrates. Cette étude sera élargie à d'autres sites et complétée par des tests microbiologiques, afin de cartographier les zones à risque.

MOTS-CLEFS: Eaux de puits, eaux de rivière, paramètres physico-chimiques, quartier Nzeng-Ayong Dragages, Libreville Gabon.

1 INTRODUCTION

L'accès à l'eau destinée à la consommation humaine est une réalité presque indéniable dans les pays développés. Ce précieux liquide permet à l'Homme de l'utiliser pour ses besoins domestiques (désaltération, préparation des repas, arrosage des cultures, etc.). Cependant, tout le monde n'en dispose pas en qualité et en quantité suffisante [1]. C'est notamment le cas des pays en voie de développement, où l'accès à ce fluide vital reste un enjeu de premier ordre. La croissance démographique considérable que connaît ces pays et leurs conditions économiques laborieuses entraînent une urbanisation anarchique difficilement contrôlable [2, 3], particulièrement dans les villes, source de la dégradation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et des eaux souterraines.

Due aux insuffisances en infrastructures de production d'eau potable et d'assainissement des eaux usées, et qui suivent très rarement l'extension et l'urbanisation des villes africaines; expliquant ainsi les nombreux problèmes d'approvisionnement en eau des quartiers périphériques. La majorité des populations des quartiers sous intégrés des régions sub-sahariennes utilisent l'eau non traitée provenant des puits, des lacs et des rivières pour leurs besoins domestiques [4, 5, 6, 7]. Pourtant, ces eaux pourraient contenir des polluants chimiques et d'autres substances toxiques dissoutes dans l'eau qui, à des concentrations anormales, pourraient être impropres à la consommation et donc avoir des conséquences plutôt graves sur l'environnement et la santé humaine [8, 9].

Libreville, capitale politique de la République gabonaise, n'est pas en reste des problèmes liés à la desserte et à l'adduction en eau potable, surtout dans les zones périphériques. C'est le cas notamment du quartier Nzeng-Ayong Dragages dans le 6^{ème} Arrondissement de cette métropole. Situé au Nord-Est de Libreville, la population de Nzeng-Ayong Dragages est estimée à près de 72 792 équivalent-habitant sur une superficie de 1 200 ha, d'après les données recueillies auprès de la mairie de cet arrondissement. Le quartier souffre non seulement d'un manque d'approvisionnement en eau, mais également des problèmes d'électrification et de transport en commun. Depuis plusieurs années, la société en charge de la distribution de l'eau et de l'électricité (Société d'Énergie et d'Eau du Gabon, SEEG) éprouve de nombreuses difficultés à ravitailler correctement sa clientèle en cette énergie fondamentale. Le problème d'approvisionnement en eau potable reste donc entier. Pendant ce temps, les populations sont contraintes d'utiliser de l'eau provenant des puits, des rivières ou même des ruisseaux pour satisfaire aux exigences quotidiennes. Si ces ouvrages naturels ont l'avantage de résoudre le problème de la disponibilité de l'eau, la qualité de cette denrée n'est pas souvent garantie.

Finalement, l'étude de la qualité des eaux consommées par les usagers de ce quartier revêt d'un intérêt particulier, son bassin versant faisant en outre l'objet de plusieurs travaux d'aménagement, suite au stress d'origine anthropique. Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'étude de la qualité des eaux de puits et des rivières dans beaucoup de pays de la sous-région ouest; notamment au Bénin, au Ghana, au Togo, etc. [10, 11]. Cependant à notre connaissance, très peu ou pas du tout de travaux ne semblent être notés sur la qualité des eaux des puits à usage domestique en République gabonaise, en particulier ceux de la capitale, où la démographie est de jour en jour plus galopante et où ces puits constituent de véritables sources d'approvisionnement pour beaucoup de ménages. Les données scientifiques dans ce domaine de recherche restent encore un challenge ambitieux, car ne sont malheureusement pas ou peu répertoriées en l'état actuel de nos connaissances.

Partant de ce constat, le but visé par la présente étude est d'évaluer la qualité physico-chimique de quelques puits domestiques et de la rivière jouxtant le quartier de Nzeng-Ayong Dragages. L'objectif à long terme est donc de disposer d'une cartographie des principaux puits (nombres et degré de pollution) de la zone étudiée.

L'évaluation de cette qualité des eaux est basée sur la caractérisation des paramètres physico-chimiques, incluant notamment: le potentiel d'hydrogène (pH), la Conductivité électrique (CE), l'Oxygène dissous (O_{2diss}), la Salinité (en NaCl), le taux de Matières en Suspension (MES), le Fer total (Fe) et les espèces ioniques suivantes (Ba^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} et SO_4^{2-}), susceptibles de s'accumuler dans l'organisme humain et provoquer des maladies d'origine hydrique (méthémoglobinémie ou syndrome du 'bébé bleu', saturnisme...).

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 SITES DE PRÉLÈVEMENTS

L'étude est menée sur des échantillons d'eau provenant de puits traditionnels et sur le cours d'eau (Amont, 'Milieu' et Aval) traversant le quartier Nzeng Ayong Dragages.

Le choix de ces deux sites repose non seulement sur la fréquence d'utilisation des puits par les populations environnantes, la proximité des sources potentielles de pollution mais également de l'accord préalable donné par les différents propriétaires de ces lieux d'approvisionnement en eau. Il est à signaler que pour des raisons de sécurité sanitaire, beaucoup de ménages n'autorisent pas l'accès en ces lieux aux personnes étrangères. La Figure 1 montre à titre informatif, une vue générale du site d'étude.



Fig. 1. *Vue panoramique du quartier de Nzeng Ayong Dragages (site d'étude)*

2.2 PRÉLÈVEMENTS

Les prélèvements (en triplicat) sont effectués au niveau de quatre puits domestiques et sur la rivière environnante, comme précédemment indiqué. L'échantillonnage est réalisé en saison pluvieuse, précisément au moins de mars, où le niveau de précipitation est abondant. Dans le Tableau 1, sont présentées quelques caractéristiques visuelles des différents points d'eau, allant des coordonnées géographiques des sites, de la profondeur estimée du puits, à l'état de la structure en-elle-même, et éventuellement quelques détails sur l'environnement aux alentours de chaque point de puisage. Les sites d'échantillonnages ont été géo-localisés à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) de type **Garmin GPSmap 62**.

Tableau 1. Description géo-spatiale, physique et environnementale des points d'eau

Échantillonnage [-]	Coordonnées GPS [utm 32N]	Profondeur du puits ^p [m]	État de la paroi du puits [-]	Couverture du toit [-]	Source potentielle de pollution [-]
Puits_1	N 00,44642° E 009,47532°	5	Cimentée et carrelée.	Couverte dans une cabane.	À proximité d'une petite décharge.
Puits_2	N 00,44644° E 009,47756°	4	Cimentée et dalle de protection.	Couverte dans une maisonnette.	Jardin potager, latrines et coin lavage de linge.
Puits_3	N 00,44451° E 009,47488°	6	Cimentée, dalle et couvercle de sécurité.	À ciel ouvert.	Toilette éloignée, cours d'eau.
Puits_4	N 00,44635° E 009,47651°	6	Cimentée, dalle de protection.	À ciel ouvert.	Proximité maison, dans la barrière.
Cours d'eau_Amont	N 00,41918° E 009,49012°	-	À proximité d'un jardin de maïs, d'une école primaire, d'une décharge d'ordures et d'une station de lavage de voitures.		
Cours d'eau_Milieu	N 00,42755° E 009,48601°	-	À proximité d'une décharge d'ordures et cours d'eau polluée par des déchets de toutes sortes (épaves voitures, bidons, déchets ménagers...).		
Cours d'eau_Aval	N 00,44656° E 009,47747°	-	À environ à 50 m du Puits 2, latrines à 80 m, couvert végétal.		

(-): Profondeur non mesurée sur le cours d'eau.

(p): Profondeur du puits estimée à l'aide d'une corde lestée.

La population locale dépend véritablement de l'eau provenant de ces puits pour ses besoins quotidiens, comme le montre la Figure 2, où l'on voit les riverains s'en approvisionner.



Fig. 2. Quelques puits domestiques utilisés pour l'approvisionnement en eau.

Pour les eaux collectées dans les puits, la prise d'eau est réalisée au moyen d'un seau lesté à une corde (un seau de puisage par puits), utilisé pour prélever les eaux. Quant aux échantillons de rivière, la collecte est faite dans la veine principale du cours d'eau à environ 20 cm de profondeur et selon une direction opposée au sens de l'écoulement [12]. Plus précisément, les échantillons sont recueillis dans des flacons en polyéthylène ($V = 1\,000\text{ mL}$), préalablement lavés au savon de ménage, puis à l'acétone et enfin à l'eau distillée. Chaque récipient est ensuite rincé deux fois avec l'eau à analyser, puis rempli par ce même liquide avant d'être porté à l'abri de la lumière, dans une glacière maintenue à une température de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ durant le transport au laboratoire [13, 14]. Certains échantillons ont été additionnés de 1 mL d'hypochlorite de sodium (eau de Javel "la Croix", NaClO , de concentration 12° chlorimétrique soit environ $38\,040\text{ mg/L}$) dans le but de mimer ce qui se fait traditionnellement dans les ménages. La Figure 3 illustre ce type de traitement chimique, après la collecte de quelques seaux d'eau par les principaux utilisateurs de cette ressource.



Fig. 3. Post-traitement à l'eau de Javel de l'eau recueillie au puits

2.3 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

2.3.1 MESURES PHYSIQUES

Les paramètres physiques tels que: la Température [$^{\circ}\text{C}$], le pH [-], la Conductivité électrique [$\mu\text{S}/\text{cm}$] et l'Oxygène dissous [$\text{mg d'O}_2/\text{L}$] sont mesurés in situ, au moyen d'une mallette **multi-paramètre 3420-SET-G** muni d'une sonde de pH Sentix, d'une sonde de conductivité électrique et d'une sonde combinée oxygène/température (Figure 4). Ces paramètres donnent une première indication sur la qualité des eaux à analyser. L'instrument de mesures est préalablement étalonné avant la campagne d'échantillonnage. Son utilisation consiste tout simplement à introduire la sonde appropriée dans le milieu liquide, puis attendre la stabilisation et l'affichage de la mesure sur le boîtier écran de l'appareil.



Fig. 4. Multi-paramètre (3420-SET-G) avec une sonde pH, une sonde conductivité électrique et une sonde oxygène dissous/température.

2.3.2 MESURES CHIMIQUES

- *Les Matières en Suspension, MES*

Les Matières en Suspension sont déterminées par filtration de l'échantillon d'eau grâce à une pompe à vide (dispositif de type Büchner), (Figure 5). Une membrane filtrante (commercialisée par la société Hydrophilic Nonsterile, **référence HAWP04700**) de 47 mm diamètre et de porosité $0,45\ \mu\text{m}$, préalablement pesée (M_0), est placée entre le fritté et le récipient permettant de recueillir le filtrat (fiolle). Le processus de séparation solide/liquide est actionné au moyen d'une pompe.

Une quantité connue ($V=100\ \text{mL}$) de l'échantillon liquide est versée dans l'entonnoir de la fiolle de filtration jusqu'à succion complète. Á la fin de l'expérience, on obtient la masse du résidu sec après étuvage à $105\ ^{\circ}\text{C}$ pendant 1h 30 min, suivi d'un

refroidissement dans un dessiccateur durant 30 minutes, et pesée, M_2 [14]. Connaissant la masse initiale M_0 de la membrane avant filtration et la masse finale M_1 après étuvage et dessiccation, la teneur en Matières en Suspension, rapportée au volume filtré, est calculée (Éq. 1).

$$\text{MES [mg/L]} = \frac{M_1 - M_0}{V} \times 1000 \quad (\text{Éq. 1}).$$

M_0 [mg]: masse du papier filtre avant filtration; M_1 [mg]: masse du papier filtre et les solides fixés après filtration et étuvage à 105° C; V [mL]: volume de l'échantillon d'eau à filtrer.



Fig. 5. Dispositif de filtration sur cellule Büchner

1: Fritté contenant l'eau à analyser; 2: pompe à vide permettant la succion du liquide; 3: fiole collectant le filtrat après passage de l'échantillon d'eau à analyser à travers un filtre de porosité 0,45 µm, qui a pour but de piéger les particules solides extraites du milieu liquide.

- **Salinité de Morh, NaCl**

La salinité donne une idée de la concentration en sels dissous de l'échantillon. En laboratoire, elle est déterminée par **titrage** de l'ion Chlorure contenu dans l'échantillon par l'ion Argent contenu initialement dans une solution de nitrate d'argent, ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$) à $C_1 = C_{\text{AgNO}_3} = 0,1 \text{ mol/L}$, en présence de Chromate de potassium ($2\text{K}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$) à 10%. Ce qui permet de déterminer la "chlorinité" de l'eau et donc, de calculer sa salinité (Éq. 2).

Le protocole de détermination de la teneur en sel est résumé comme suite. Dans un bécher contenant un volume, $V_2 = 100 \text{ mL}$ de l'échantillon d'eau à doser, on ajoute 3 à 4 gouttes d'une solution de Chromate de potassium comme indicateur coloré, le tout est mis en agitation avec un barreau aimanté. On obtient, une solution à titrer de coloration jaune persistante. Ensuite, on dose par addition progressive de la solution de nitrate d'argent, jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique de Chromate d'argent. Ce qui indique la fin de la réaction par la formation d'un précipité de Chlorure d'argent (AgCl). On note le volume versé d' AgNO_3 à l'équivalence, ($V_{\text{eq}} = V_{\text{AgNO}_3}$). Le dispositif expérimental est illustré sur la Figure 6.

$$\text{NaCl [mg/L]} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times C_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{NaCl}} \times 1000}{V_2} \quad (\text{Éq. 2}).$$

V_{AgNO_3} [mL]: volume équivalent de la solution titrante d' AgNO_3 ; C_{AgNO_3} [mol/L]: concentration initiale de la solution titrante d' AgNO_3 ; M_{NaCl} [g/mol]: masse molaire de NaCl ($M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ g/mol}$); V_2 [mL]: volume de l'échantillon d'eau dans le bécher.



Fig. 6. Détermination de la salinité de l'eau par titrage de l'ion Chlorure, Cl^- par l'ion argent, Ag^+ ; en présence de Chromate de potassium, K_2CrO_4 .

- Minéralogie

La teneur en [mg/L] des paramètres chimiques que sont: les ions Baryum (Ba^{2+}), les ions Calcium (Ca^{2+}), les ions Chlorures (Cl^-), les ions Nitrates (NO_3^-), les ions Phosphates (PO_4^{3-}), les ions Sulfates (SO_4^{2-}) et le Fer total (Fe^{2+} , Fe^{3+}) est déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre de type **Hach DR 3900**, Figure 7. La détermination de la concentration en ions est réalisée sur le liquide épuré, recueilli durant la phase de filtration, afin d'éliminer les Matières en Suspension susceptibles d'altérer les mesures [15]. Le principe de cette manipulation est résumé ainsi qui suit: à la longueur d'onde fixée, la concentration d'une substance est proportionnelle à son Absorbance, selon la loi de Beer-Lambert (Éq. 3).

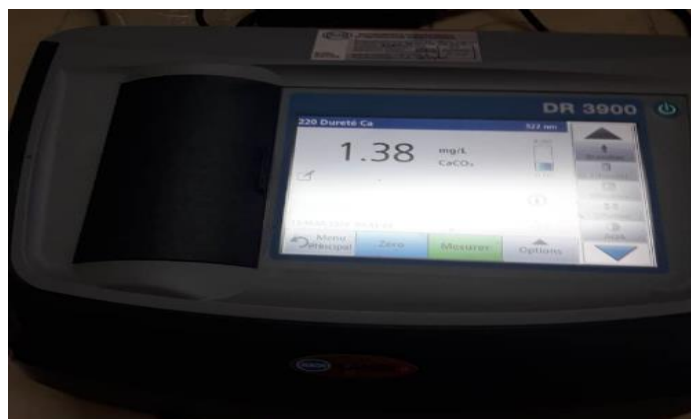


Fig. 7. Spectrophotomètre Hach DR 3900, pour la détermination de la teneur en ions
Le 'blanc' est réalisé avec l'échantillon d'eau à analyser sans ajout de réactif chimique.

$$A [-] = \epsilon \cdot l \cdot C \quad (\text{Éq. 3}).$$

ϵ [$\text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$]: coefficient d'absorption moléculaire; l [cm]: longueur du trajet optique; C [$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$]: concentration de la substance dans l'eau.

Finalement, le dosage de l'échantillon d'eau est réalisé par l'ajout d'un ou des plusieurs réactifs fournis sous la forme de kits, dans un volume à dissoudre compris entre 10 et 50 mL de solution aqueuse. Le zéro de concentration (communément appelé 'blanc') est effectué avec l'échantillon d'eau à doser, sans ajout de réactif. Pour toutes les analyses effectuées, trois mesures sont réalisées et les résultats moyennés.

2.4 GRILLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ

Pour connaître l'état globale de la qualité des paramètres étudiés d'une part, et si cette qualité est compatible avec une utilisation de l'eau à l'échelle domestique d'autre part, l'interprétation des résultats est basée à partir des grilles d'évaluation de la qualité des eaux. Conformément aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et du Système d'Évaluation de la Qualité des Eaux (Seq-Eau) [16, 17]. Ces grilles distinguent cinq (5) niveaux de qualité, allant de la classe de qualité d'eau la plus excellente (code couleur en bleu) à la classe la plus médiocre (code couleur en rouge). Le Tableau 2 reprend les limites d'appréciation de cette qualité, pour chaque paramètre évalué.

Tableau 2. Grille d'évaluation de la qualité des eaux [18, 19]

Paramètres \ Classes	Très bon 1A	Bon 1B	Moyen 2	Médiocre 3	Mauvais 4
Température, T [°C]	20	21,1	26	28	≥28
potentiel d'Hydrogène, pH [-]	6,5-8,2	6-6,5 et 8,2-9	5,5-6 et 9-9,5	4,5-5,5 et 9,5-10	≤4,5 et ≥10
Conductivité, CE [μS/cm]	180-2500	120-180 et 2500-3000	60-120 et 3000-3500	0-60 et 3500-4000	≤0 et ≥4000
Oxygène dissous, O ₂ [mg.O ₂ /L]	8	8-6	6-4	4-3	≤3
Salinité, NaCl [mg/L]	-	-	300	500	-
MES [mg/L]	0-5	5-25	25-38	38-50	≥50
Barium, Ba ²⁺ [mg/L]	0,1	-	-	0,7	-
Calcium, Ca ²⁺ [mg/L]	-	-	-	100	-
Fer total, Fe [mg/L]	-	-	-	200	-
Chlorures, Cl ⁻ [mg/L]	-	-	-	250	-
Nitrates, NO ₃ ⁻ [mg/L]	0-2	2-10	10-25	25-50	≥50
Orthophosphates, PO ₄ ³⁻ [mg/L]	0-0,1	0,1-0,5	0,5-1	1-2	≥2
Sulfates, SO ₄ ²⁻ [mg/L]	-	150	-	400	≥400

(-): Valeurs non communiquées, on se basera sur les limites inférieures et supérieures.

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

3.1.1 MESURES PHYSIQUES

Pour toutes les analyses effectuées, les normes de qualité présentées dans la partie Matériels et Méthodes ont servi de support à l'interprétation des données. Les résultats des analyses physiques, comprenant la Température, le potentiel d'Hydrogène, la Conductivité électrique et l'Oxygène dissous sont consignés dans le Tableau 3.

Tableau 3. Variation des paramètres physiques en fonction de la source d'eau

Échantillonnage [-]	Température [°C]	pH [-]	Conductivité [μS/cm]	Oxygène dissous [mg d'O ₂ /L]
Puits_1	25,1	6,2	177,04	8,76
Puits_2	25	7,9	166,79	7,63
Puits_3	24,9	5,9	189,76	9,52
Puits_4	25,2	4,7	201,22	9,81
Moyenne	25,05±0,13	6,18±1,32	184,20±15,78	08,93±0,97
Cours d'eau_Amont	22,8	7,3	37,03	7,25
Cours d'eau_Milieu	24,5	7,3	38,26	7,45
Cours d'eau_Aval	26,3	7,1	38,65	8,01
Moyenne	24,53±1,75	7,23±0,12	37,98±0,85	7,57±0,39

En moyenne, la température de l'eau est du même ordre sur l'ensemble des puits analysés, soit une eau ne dépassant pas les 25,05±0,13 °C. La valeur minimale est obtenue au niveau du puits 3 tandis que le maximum est atteint au puits 4, respectivement de 24,9 et 25,2 °C. Pour le ruisseau, on constate que ce paramètre augmente légèrement (de quelques degrés) de l'amont vers l'aval du cours d'eau, passant de 23 à 26 °C, avec une valeur moyenne de 24,53±1,75 °C; donc très proche de celle donnée par les puits. Il en résulte que, les valeurs trouvées sont conformes au seuil de qualité 'moyen', conformément à la grille d'évaluation.

Au niveau du pH, une valeur au-dessus de la neutralité est observée pour le puits 2 (pH=7,9) tandis que les trois autres puits (puits 1, 3 et 4) présentent un pH plutôt acide, compris entre 4,7 et 6,2, avec une acidité très élevée au puits 4 (pH= 4,7). Cette acidité de l'eau peut être due à la nature géologique du sol, qualifié de calco-ferrugineux. Néanmoins, la moyenne de pH est de l'ordre de 6,18±1,32 °C, classant donc ces puits en état 'bon', en référence à la norme de l'OMS citée plus haut. L'eau de la rivière présente quant à elle, un pH neutre de l'amont vers l'aval, avec une moyenne générale autour de 7,23±0,12 °C.

La mesure de la Conductivité permet d'apprécier la quantité globale des sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Pour les puits, les valeurs enregistrées varient entre 166,79 μS/cm pour le puits 2 à 201,22 μS/cm dans le puits 4. La moyenne est d'environ 184,20±15,78 μS/cm, traduisant ainsi une classe d'eau de qualité 'bon', voir 'très bon' (entre 120 et 2500 μS/cm, Cf. directive de l'OMS). S'agissant du cours d'eau, on remarque que cette donnée électrique s'élève progressivement de l'amont vers l'aval avec une moyenne de 37,98±0,85 μS/cm. Ceci est en accord avec ce qui est généralement observé dans les cours d'eau [12].

La teneur en Oxygène dissous est presque similaire pour tous les puits étudiés. La valeur minimale (7,63 mg d'O₂/L) correspond à l'oxygénation du puits 2 et la valeur maximale (9,81 mg d'O₂/L) est obtenue dans le puits 4. La moyenne pour l'ensemble des puits vaut 08,93±0,97 mg d'O₂/L, valeur qui correspond à des eaux généralement bien oxygénées. Au niveau du ruisseau, la teneur en O₂ dissous montre également une eau de bonne qualité, allant de 7,25 en amont à 8,01 mg d'O₂/L lorsqu'on atteint l'aval. Ce qui pourrait témoigner d'une bonne survie des espèces aquatiques et d'une oxydation de la matière organique contenue dans l'eau.

3.1.2 MESURES CHIMIQUES

Les analyses chimiques concernent les paramètres globaux que sont: les MES, le NaCl, la teneur en Fe total et en Cations/Anions métalliques (Xⁿ⁺ et Xⁿ⁻).

- Les Matières en Suspension, MES

Les Matières en Suspension (MES) représentent les particules non dissoutes (minérale ou organique) en suspension dans l'eau. La Figure 8 présente la teneur en MES en fonction des deux types de source d'eau, et du post-traitement à l'eau de Javel. Le taux de MES varie entre 1 et 14,4 mg/L pour tous les puits. Les plus faibles valeurs en MES sont enregistrées respectivement au niveau des puits 1 (MES=1 mg/L) et puits 3 (MES=2,4 mg/L). Les puits 2 (MES=14,4 mg/L) et puits 4 (MES=11,2 mg/L) montrent les maximas (Figure 8/a). Ces teneurs en MES élevées par rapport à celles des autres puits, sont certainement associées à la coloration et à la transparence de l'eau, plutôt 'trouble' et déjà mentionnées plus haut (Cf. Figure 3). Toutefois,

les valeurs observées sont largement en-dessous du seuil de qualité fixé par les normes standards (Cf. Tableau 2), ce qui traduit une bonne qualité de l'eau du point de vue des MES. La moyenne des MES pour l'ensemble des puits vaut $07,30 \pm 6,57$ mg/L.

Par contre, pour les eaux du cours d'eau, on constate que le taux de MES est presque double de celui observé au niveau des puits, surtout dans sa partie amont et médiane (MES= 24 mg/L). En aval on note une chute d'environ 20% par rapport à la partie amont. Ce qui dénote une réelle diminution de la pollution en substances non dissoutes. Ceci pourrait s'expliquer par un lessivage ou alors une dilution des eaux de l'amont vers l'aval. Cela est visible le long du ruisseau où, un colmatage du fond du lit du cours d'eau (en amont) dû au dépôt de matières fines est observé, colmate qui diminue progressivement lorsqu'on atteint la partie aval du ruisseau (environ sur une distance de 2 km). La moyenne des MES est également évaluée dans ce cas-ci, on obtient une valeur de $17,30 \pm 10,86$ mg/L.

L'effet du traitement à l'eau de Javel a été étudié afin de rendre compte de cette pratique, couramment utilisée par les populations pour la désinfection de l'eau. Les puits 1 et 2 ont servi d'exemple pour tester ce type de traitement chimique sur la qualité de l'eau consommée (Figure 8/b). On constate que l'eau de Javel a un impact plutôt négatif sur le taux de MES de départ. Les MES augmentent d'un facteur de près de 43% lors de l'ajout en hypochlorite de sodium (pour ces deux puits, la moyenne de MES= $17,00 \pm 22,10$ mg/L). Il semblerait que le désinfectant a tendance à agir avec l'eau pour extraire encore plus les plus petites particules de matières dissoutes contenues dans le liquide, tout en inactivant les pathogènes présents dans l'eau. Une autre explication serait que: une étape de filtration préalable serait nécessaire avant la désinfection à l'hypochlorite de sodium (NaClO), comme cela se fait traditionnellement durant le traitement classique, en usine de production d'eau potable (coagulation-floculation/décantation/filtration/désinfection).

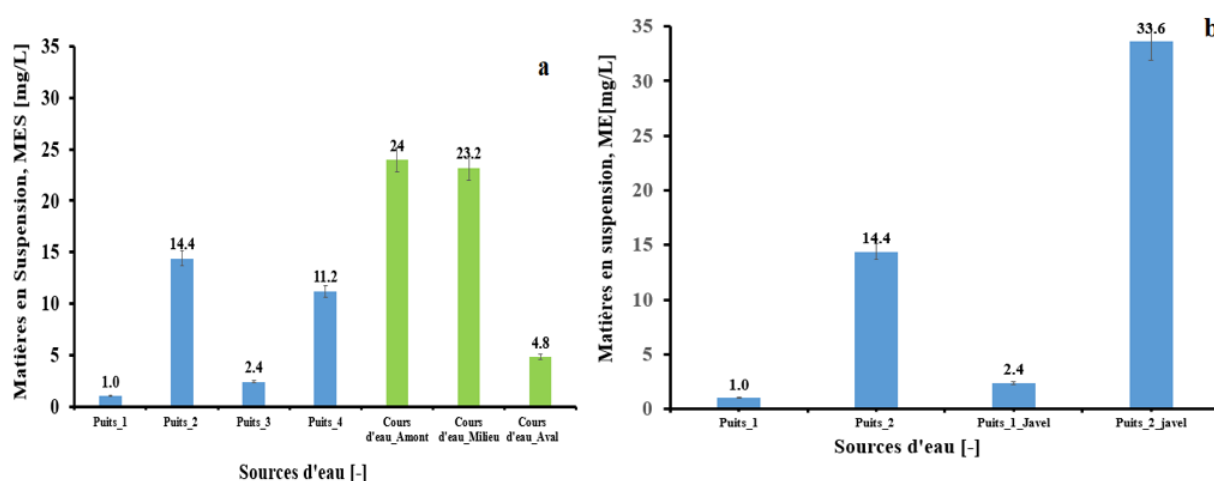


Fig. 8. Variation de la teneur en Matières en Suspension (MES) en fonction de la source d'eau (a) et du post-traitement à l'eau de Javel (b).

- La Salinité de Morh, NaCl

La Salinité représente la somme des concentrations en sels dissous dans l'eau (Chlorures, Sulfates, Calcium, Sodium, Magnésium...). Dans le cadre de cette étude, elle correspond à la teneur en sel sodique. La Figure 9 montre les variations de cette mesure en fonction de la source d'eau d'une part, et du post-traitement à l'eau de Javel, d'autre part.

Dans l'eau de puits, la salinité augmente de 11,12 pour le puits 1 à 121,68 mg/L pour le puits 2. Les puits 3 et 4 ont des valeurs de salinité respectivement de 76,64 et 35,1 mg/L. Pour cet indice, la valeur moyenne calculée est de $61,14 \pm 48,60$ mg/L. Pour ce qui est du cours d'eau, le paramètre salinité est presque constant de l'amont vers l'aval avec une moyenne de l'ordre de $42,82 \pm 1,74$ mg/L. Ce qui représente une teneur en sels dissous 70% moins élevée que celle des puits (Figure 9/a). Dans tous les cas, les valeurs obtenues de salinité, sont en-dessous de la norme admissible (salinité ≤ 500 mg/L).

S'agissant du taux de salinité obtenue après un traitement à l'eau de Javel (Figure 9/b), on constate que cet indicateur augmente fortement lorsqu'on rajoute le NaClO au liquide de départ, d'un facteur d'environ 7,73% pour le puits 1 et 47,49% pour le puits 2. La teneur moyenne obtenue dans ce cas vaut: $200,07 \pm 79,42$ mg/L de NaCl. Le traitement de post-'Javelisation' a donc tendance à augmenter la teneur en ions dissous, favorisant ainsi la minéralisation des eaux.

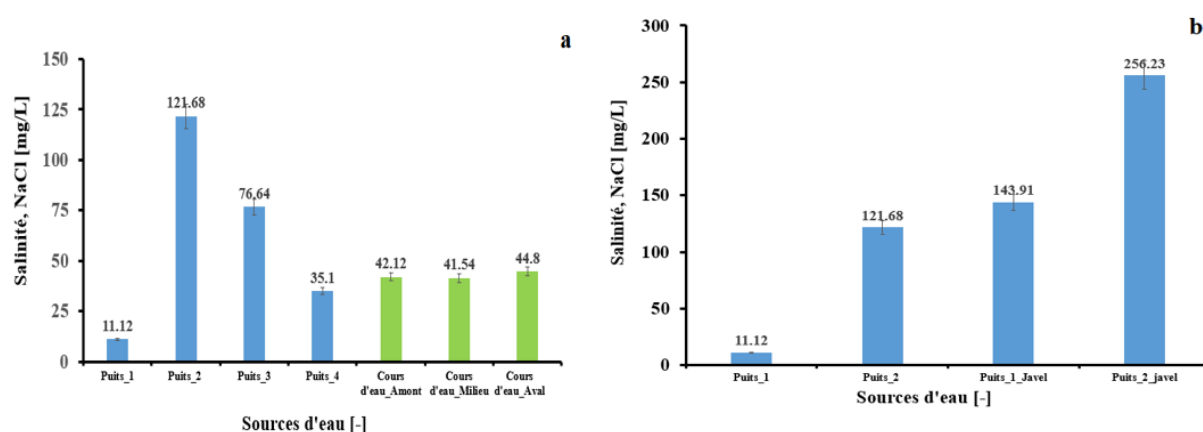


Fig. 9. Variation du taux de Salinité (NaCl) en fonction de la source d'eau (a) et du post-traitement à l'eau de Javel (b).

- Les Cations métalliques, X^{n+} et le Fer total, Fe

La Figure 10 présente les résultats d'analyses de la variation de la teneur en cations métalliques en fonction de la source d'eau; et ceux obtenus lorsqu'on additionne de l'eau de Javel à l'eau pré-collectée.

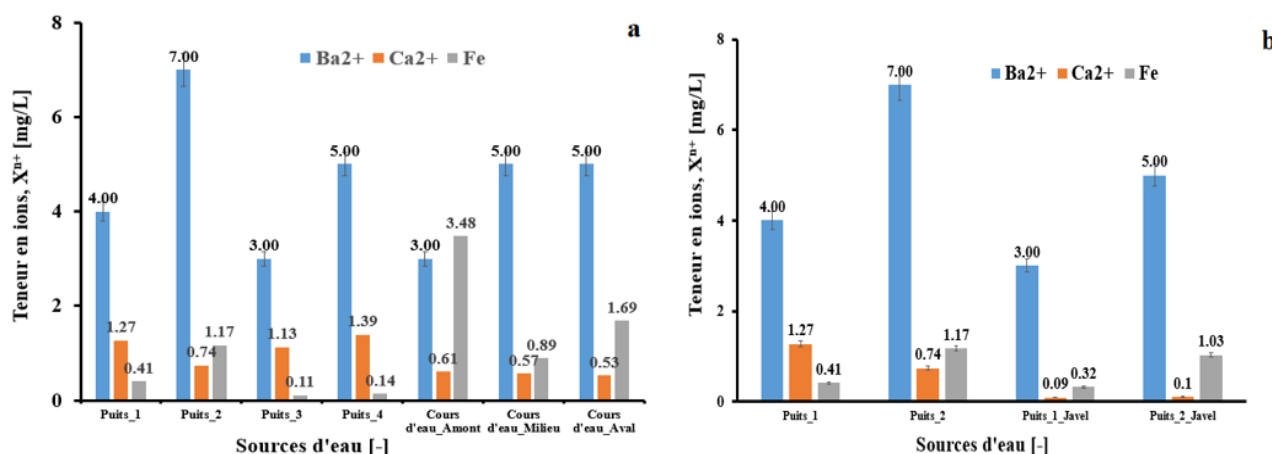


Fig. 10. Variation de la teneur en cations métalliques et du Fer total (X^{n+} et Fe) en fonction de la source d'eau (a) et du post-traitement à l'eau de Javel (b).

Pour les puits, il ressort que la valeur la plus faible en ions Baryum ($Ba^{2+}=3$ mg/L) est enregistrée au puits 3 et la plus forte 7 mg/L, au niveau du puits 2. Les puits 1 et 3 donnent respectivement des valeurs en ions Ba^{2+} de l'ordre de 4 et 3 mg/L. En moyenne pour les quatre puits, on obtient une valeur de $4,75\pm 1,71$ mg/L en Ba^{2+} .

Pour ce qui est de l'eau du cours d'eau, la moyenne en ions Baryum est de $4,33\pm 1,15$ mg/L. La valeur minimale 3 mg/L, est notée en amont et la plus forte 5 mg/L, en aval du ruisseau. Au regard des fortes teneurs en Ba^{2+} constatées, qui sont six (6) fois supérieures à la norme indiquée ($Ba^{2+}\leq 0,7$ mg/L, OMS), ces deux écosystèmes (puits et ruisseau) sont très fortement pollués par le baryum.

L'indice calcique est à peu près de même ordre de grandeur d'un puits à l'autre ($Ca^{2+}= 1$ mg/L), ceci serait probablement lié à la lithologie de la nappe phréatique. La valeur la plus faible est obtenue au niveau du puits 2 ($Ca^{2+}= 0,74$ mg/L), et la plus forte est donnée par le puits 4 ($Ca^{2+}= 1,39$ mg/L), avec une moyenne d'environ $1,13\pm 0,28$ mg/L pour l'ensemble des puits.

Dans le cas de la rivière, la même tendance est observée; on obtient le même ordre de grandeur de l'amont vers l'aval ($0,5\pm 0,04$ mg/L en Ca^{2+} et moyenne= $0,57\pm 0,04$ mg/L). Les valeurs sont très proches les unes des autres.

Concernant le Fer total (Fe^{2+} et Fe^{3+}), il est presque absent dans la plupart des puits analysés. On constate tout de même un léger pic au niveau du puits 2 ($\text{Fe} = 1,17 \text{ mg/L}$). La moyenne en Fer totale dans les puits ne dépasse pas $0,46 \pm 0,49 \text{ mg/L}$, valeur presque négligeable par rapport au seuil de l'OMS, $\text{Fe} \leq 200 \text{ mg/L}$.

S'agissant de la rivière, la moyenne en Fer total est de $2,02 \pm 1,33 \text{ mg/L}$, donc quatre fois plus élevée que dans les puits. La valeur la plus forte ($\text{Fe} = 3,48 \text{ mg/L}$) est constatée en amont du ruisseau tandis que la plus faible, $\text{Fe} = 1,89 \text{ mg/L}$ est observée en aval (Figure 10/a). Au regard de ce résultat qui montre des teneurs en Fer en-dessous du seuil de toxicité, la pollution en Fer total n'est donc pas significative: ni dans les puits, ni dans le cours d'eau traversant le quartier.

Lorsque l'on traite les puits avec la solution d'eau de Javel, les teneurs en cations divalents et en Fer total décroissent (Figure 10/b). Pour l'ion Ba^{2+} , la diminution relevée est de 75% pour le puits 1 et 71,43% pour le puits 2. Quant au Calcium, cette réduction est respectivement de 7,09% pour le puits 1 et 13,51% pour le puits 2, la moyenne en Ca^{2+} pour les deux puits 'javellisés' vaut $0,10 \pm 0,01 \text{ mg/L}$. Ce résultat pourrait avoir une influence plutôt négative sur la croissance des enfants, quand on sait que cet ion joue un rôle essentiel dans la calcification du squelette osseux. Enfin pour le Fer, le taux de réduction est à nouveau observé. Le puits 1 passe de 0,41 à 0,32 mg/L en Fe, lors de l'ajout en Javel (soit une réduction de 78,05%) et le puits 2 de 1,71 à 1,03 mg/L de Fe lors du même traitement (taux de réduction = 60,23%).

- *Les anions métalliques, X^-*

Le Tableau 4 regroupe les données obtenues pour la variation de la teneur en anions en fonction de la source d'eau. La teneur en ions Chlorures oscille entre 6,75 et 73,84 mg/L (teneur maximale) pour les puits 1 et puits 2. Les puits 3 et 4 donnent respectivement 21,30 et 46, 51 mg/L en Cl^- . Finalement, la concentration moyenne en Cl^- vaut $37,1 \pm 29,49 \text{ mg/L}$.

Dans le cas du cours d'eau, la concentration en Chlorures est quasi constante de l'amont vers le point 'milieu' ($\text{Cl}^- = 25,39 \text{ mg/L}$), elle augmente d'environ 2% lorsqu'on atteint l'aval. Cette légère augmentation pourrait probablement être due à un apport anthropique supplémentaire, mais qui reste tout de même sans effets néfastes pour le milieu. Les valeurs calculées se situant largement en-dessous du seuil préconisé par l'OMS, $\text{Cl}^- \leq 250 \text{ mg/L}$. La valeur moyenne dans le cours d'eau est de $25,99 \pm 1,06 \text{ mg/L}$ en Cl^- . Toutefois, il est à noter que les Chlorures sont sans conséquences toxiques pour l'homme, même à des concentrations assez élevées ($\text{Cl}^- \geq 1000 \text{ mg/L}$), comme rapportés par Zouag et Belhadj [20]. En revanche, des eaux trop chlorurées peuvent donner à l'eau une saveur plutôt salée.

Pour les Nitrates, dans l'ensemble, les valeurs relevées sont très faibles ou alors sous forme de traces. On note quand même un pic de 0,1 mg/L en NO_3^- dans le cas des puits 3 et 4. La moyenne pour l'ensemble des puits donne $0,08 \pm 0,05 \text{ mg/L}$, et $0,01 \pm 0,01 \text{ mg/L}$ de Nitrates dans le cas de la rivière. Ces concentrations quasi faibles témoignent du bon état écologique de ces eaux. Ceci est en lien avec les valeurs d'oxygène dissous (comprises en moyenne entre 7 et 9 mg d' O_2/L), qui montrent clairement un approvisionnement en oxygène dans le milieu.

Les Orthophosphates correspondent à la forme minérale du phosphore la plus disponible. Pour ces ions, les puits: 1, 3 et 4 montrent des teneurs en PO_4^{3-} proches de l'unité et en adéquation avec les valeurs moyennes recommandées par la norme environnementale (entre 0,1 et 1 mg/L de PO_4^{3-}). Le puits 2 est quant à lui déclassé en état 'mauvais' en raison de la concentration élevée en PO_4^{3-} , arborant un pic de l'ordre de 3 mg/L, donc supérieur au seuil de toxicité fixé à 2 mg/L. Les latrines et l'endroit dédié au lavage de linge, situés à proximité de ce puits (Cf. Tableau 1) peuvent être à l'origine de ces concentrations excessives. Les rejets en terme d'eaux usées domestiques lors de ces lessives (utilisations de détergents), l'érosion des sols et le ruissellement des eaux au cours d'un événement pluvieux (pour les latrines) sont des sources supplémentaires d'Orthophosphates. Ces apports d'origine anthropique augmentent inévitablement la concentration de ce polluant dans l'eau. Les quatre puits donnent une teneur moyenne en PO_4^{3-} d'environ $1,31 \pm 1,13 \text{ mg/L}$.

Dans le cas de l'eau provenant du ruisseau, la partie amont dénote une forte tendance à la hausse, avec une valeur atteignant les 5 mg/L de PO_4^{3-} . À cet endroit, la pollution par les Orthophosphates est remarquable, en lien étroit avec les observations visuelles précisées dans le Tableau 1 (à proximité d'un potager où l'on cultive du maïs en utilisant des produits phytosanitaires mal contrôlés lors de l'arrosage des sols, mais également situé à côté d'une école primaire, d'une décharge publique et d'une station de lavage de voitures). Cette pollution phosphorée diminue au fur et à mesure que l'on s'avance vers l'aval du cours d'eau ($1,32 \text{ mg/L}$ de PO_4^{3-} , avec un facteur réductif d'environ 25,68%), liée probablement au phénomène de dilution durant la saison de pluie. La teneur moyenne en PO_4^{3-} calculée, est de $2,77 \pm 2,07 \text{ mg/L}$. Ce qui signifie que cette rivière se trouve indubitablement très polluée par les phosphates.

Enfin, pour les ions Sulfates, la teneur maximale ($\text{SO}_4^{2-} = 7 \text{ mg/L}$) est obtenue au puits 2 et le minima est atteint au puits 4, sous la forme de trace de SO_4^{2-} . Les puits 1 et 3 montrent des concentrations en SO_4^{2-} plutôt intermédiaires (soient 3 et 2 mg/L).

respectivement). La moyenne des valeurs représente environ $4\pm 2,65$ mg/L de SO_4^{2-} . Dans le cours d'eau, cet ion est majoritairement présent sous la forme de trace, sauf au niveau de l'aval, où l'on observe une amplitude atteignant les 1 mg/L de SO_4^{2-} . Dans tous les cas, les valeurs trouvées (puits et cours d'eau compris) sont jugées négligeables (100 fois moins) par rapport à la directive de l'OMS ($\text{SO}_4^{2-} \leq 400$ mg/L), ce qui témoigne dans ces deux milieux, d'une tendance qualité flirtant avec le niveau 'très bon' en Sulfates.

Tableau 4. Variation de la teneur en anions (X^{n-}) en fonction de la source d'eau

Échantillonnage [-]	Cl^- [mg/L]	NO_3^- [mg/L]	PO_4^{3-} [mg/L]	SO_4^{2-} [mg/L]
Puits_1	6,75	0,03	0,65	3,00
Puits_2	73,84	Trace	3,00	7,00
Puits_3	46,51	0,10	0,75	2,00
Puits_4	21,30	0,12	0,84	Trace
Moyenne	$37,1\pm 29,49$	$0,08\pm 0,05$	$1,31\pm 1,13$	$4\pm 2,65$
Cours d'eau_Amont	25,56	0,00	5,14	Trace
Cours d'eau_Milieu	25,21	0,01	1,85	Trace
Cours d'eau_Aval	27,20	0,02	1,32	1,00
Moyenne	$25,99\pm 1,06$	$0,01\pm 0,01$	$2,77\pm 2,07$	1^(a)

(a): aucun écart-type ne saurait être estimé avec une seule valeur, les autres étant sous la forme de traces.

Dans le Tableau 5, sont mentionnées les teneurs en anions, obtenues lorsque l'eau des puits subit le post-traitement à l'hypochlorite de sodium (NaClO).

Tableau 5. Variation de la teneur en anions après un post-traitement à l'eau de Javel (NaClO)

Échantillonnage [-]	Cl^- [mg/L]	NO_3^- [mg/L]	PO_4^{3-} [mg/L]	SO_4^{2-} [mg/L]
Puits_1	6,75	0,03	0,65	3,00
Puits_2	73,84	Trace	3,00	7,00
Moyenne	$40,30\pm 47,44$	$0,03^{(a)}$	$1,83\pm 1,66$	$5\pm 2,83$
Puits_1_Javel	87,33	0,60	0,30	Trace
Puits_2_Javel	155,49	0,50	0,66	2,00
Moyenne	$121,41\pm 48,20$	$0,55\pm 0,07$	$0,48\pm 0,25$	2^(a)

(a): aucun écart-type ne saurait être estimé avec une seule valeur, les autres étant sous forme de traces.

Quand le fluide provenant des puits est additionné d'eau de Javel, la concentration en Cl^- s'élève de 6,75 à 87,33 mg/L pour le puits 1 et de 73,84 à 155,49 mg/L pour le puits 2. Soit une moyenne en Chlore allant de $40,30\pm 47,44$ à $121,41\pm 48,20$ mg/L. La dose de NaClO a un effet plutôt additionnel sur la teneur en ions Chlorures, en augmentant significativement la concentration en Cl^- , d'un facteur de 7,73% dans le premier cas et 47,49% dans le deuxième.

Pour les Nitrates, l'augmentation due à l'ajout de la Javel est moins prononcée. Elle passe de 0,03 à 0,6 mg/L (soit 5%) dans le puits 1 et de 'trace' (en-dessous de la limite de détection de l'instrument d'analyse) à 0,5 mg/L dans le puits 2, avec une moyenne en NO_3^- de $0,55\pm 0,07$ mg/L pour les deux puits considérés.

Par contre, on remarque un effet inverse pour ce qui est des deux autres anions (PO_4^{3-} et SO_4^{2-}). Dans le cas de l'étude de l'influence de NaClO sur la concentration en Orthophosphates, le désinfectant a tendance à diminuer la teneur en PO_4^{3-} dans les eaux (on passe de 0,65 sans traitement à 0,30 mg/L de PO_4^{3-} avec l'ajout de Javel, soit une réduction de 46,15%), effet moins prononcé dans le cas du second puits (réduction de 22%). Dans ces deux puits, la moyenne en PO_4^{3-} calculée vaut $0,48\pm 0,25$ mg/L. Le désinfectant permet donc réduire la teneur en polluant Phosphates contenus dans le milieu aquatique, à des concentrations très proches de la valeur limite ($\text{PO}_4^{3-} \leq 1$ mg/L). Pour les ions Sulfates, la même tendance est notée, c'est-à-dire que leur teneur baisse quand le liquide est traité à l'eau de Javel. Une diminution d'environ 28,57% est observée dans le puits 2. Le NaClO participe donc à diminuer considérablement la pollution sulfurée.

4 DISCUSSION

La plupart des paramètres physiques d'appréciation de qualité des eaux sont en faveur des deux systèmes écologiques étudiés (Cf. Tableau 3). Il est remarqué que: la Température de l'eau des puits et de la rivière est en moyenne de $25,05 \pm 0,13$ et $24,53 \pm 1,75$ °C, donc très proches l'une de l'autre et comparables aux valeurs obtenues par Kapembo et al [4]., dans leur travail portant sur la qualité des eaux de puits et de rivière de la ville de Kinshasa en République démocratique du Congo. Les auteurs trouvent des températures moyennes comprises entre 25 et 26 °C, ceci pourrait s'expliquer par la proximité géographique de ces deux pays, qui sont en effets situés dans la même zone tropicale.

Le pH de l'eau des puits a une tendance acide ($\text{pH} = 6,18 \pm 1,32$) tandis que celui de la rivière est préférentiellement alcalin ($\text{pH} = 7,23 \pm 0,12$). La même étude menée par Kapembo et al [4]. montre la même tendance, avec des valeurs de pH variant entre 6,1 et 7,2 durant la période de pluie: valeurs expliquées notamment par la nature des terrains traversés. Par ailleurs, des valeurs de pH acides ont été relevées par l'équipe d'Ahoudi [21], dans un travail réalisé sur les eaux de puits et de forages au Togo. Les auteurs trouvent des pH compris entre 5,73 et 6,18 pour les eaux de puits tandis que l'eau de forage exhibe un pH variant entre 5,82 et 7,04.

Les résultats de Conductivité sont en moyenne de $184,20 \pm 15,78$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau de puits et de $98 \pm 0,85$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour celle de la rivière. Ces valeurs sont non seulement conformes à la limite standard de l'OMS, mais aussi incluses dans l'intervalle des valeurs obtenues par Adejuwon et Mbuk [22] sur leur article portant sur les eaux de puits de Lagos au Nigéria. Les valeurs de Conductivité comprises entre 22 et 315 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ont été obtenues. Par contre, une plage de conductivité plus large (42,7 et 1406,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est relevée par Yapo et al. sur l'étude de la qualité des puits de quelques quartiers d'Abidjan en Côte d'Ivoire [3]. De façon générale, une conductivité trop élevée traduit, soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, qu'elle soit naturelle ou due à des rejets salins et pourrait induire une pollution par les métaux lourds [23]. Par contre, si la conductivité est trop faible, les eaux y sont très peu chargées en nutriments et en éléments minéraux.

Pour l'ensemble des prélèvements, l'Oxygène dissous présente des valeurs remarquablement bonnes, que ce soit au niveau des puits ou au niveau du cours d'eau, respectivement de $08,93 \pm 0,97$ et $7,57 \pm 0,39$ mg d' O_2/L , ces milieux sont donc bien oxygénés. Ces résultats sont en accord avec ceux de plusieurs articles, dont les études ont été menées en régions tropicales [24]. D'après les auteurs, les hautes températures favorisent des valeurs faibles en O_2 dissous. L'oxygène dissous est un paramètre important à prendre en considération, car il renseigne sur l'état d'oxygénation des puits d'une part, et d'autre part favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. En général, les valeurs faibles en oxygène dissous et donc proches de l'anaérobiose favorisent le développement des germes pathogènes et provoquent une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments.

La moyenne des puits indique une teneur en Matières en Suspension de $07,30 \pm 6,57$ mg/L contre $17,30 \pm 10,86$ mg/L pour la rivière (Cf. Figure 8/a). Ce qui traduit une bonne qualité des eaux pour ce paramètre. Les valeurs trouvées se situant dans la limite du seuil d'acceptabilité de l'OMS (25 à 38 mg/L de MES). Ces teneurs en MES dans les eaux des puits sont voisines de celles enregistrées par Gyamfi et al [25]., qui ont obtenu des valeurs en MES inférieures à 5 mg/L dans les eaux de certaines banlieues de la ville d'Accra au Ghana. Elles sont par ailleurs différentes de celles de Mbaka et al [26]. qui ont obtenus quant à eux des valeurs variant entre 30 et 200 mg/L de MES, dans les eaux de puits des hauts plateaux de Keiyo au Kenya. Cette différence serait due à la nature très différente des roches dans ces régions.

Les puits traditionnels montrent un niveau de salinité moyen de $61,14 \pm 48,60$ mg/L tandis que dans l'eau de la rivière, la teneur calculée est proche de $42,82 \pm 1,74$ mg/L (Cf. Figure 9/a), confirmant ainsi un niveau de charge saline conforme aux normes de qualité (salinité $\leq$ à 300 ppm). Ces concentrations sont largement en-dessous de celles obtenues par Yapo et al [3]., dans l'article portant sur l'évaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique, dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan, en Côte d'Ivoire. Dans cet article, la charge saline totale dissoute des eaux souterraines est proche de 369,4 mg/L.

Les teneurs en espèces dissoutes: Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} et le fer total contenus dans l'eau de puits/rievière sont en-dessous du seuil limite de pollution (100 en Ca^{2+} , 250 en Cl^- , 50 en NO_3^- , 400 en SO_4^{2-} , et 200 en Fe; exprimé en ppm de X^{nt}). Les analyses effectuées montrent des proportions faibles et même négligeables, dans les deux écosystèmes étudiés (Cfs. Sections cations métalliques, X^{nt} et le Fer total, Fe; et anions métalliques, X^{n}). Ce résultat pourrait être dû au fait que ces ions auraient subi une dilution durant la saison de pluie, comme l'expliquent certains auteurs [27].

Pour le titre calcique, la moyenne dans les puits se situe autour de $1,13 \pm 0,28$ mg/L et presque de moitié pour la rivière ($\text{Ca}^{2+} = 0,57 \pm 0,04$ mg/L), signe d'une absence de dureté permanente de l'eau, même si l'on devrait aussi mesurer la teneur en

ions Magnésium (Mg^{2+}) qui y contribue également avec le Ca^{2+} . Ce qui traduirait dans ce cas, la capacité des eaux à réagir avec du savon. Une eau dure exigerait beaucoup plus de savon pour produire de la mousse.

De même, les eaux étudiées ne sont pas chlorurées, (Cl^- varie de $37,1 \pm 29,49$ mg/L dans les puits et $25,99 \pm 1,06$ mg/L dans le ruisseau). Pour les puits, la valeur en Cl^- se rapproche de celle observée par Yapo et al [3], comprise entre $52,1 \pm 13,9$ à $94,3 \pm 69,5$ mg/L, dans les puits des quartiers de Treichville et Port-Bouet à Abidjan en Côte d'Ivoire.

Concernant les Nitrates, l'étude montre une moyenne de $0,08 \pm 0,05$ mg/L sur les puits alors que la rivière donne une moyenne de $0,01 \pm 0,01$ mg/L en NO_3^- , ce qui témoigne d'une absence de ce polluant dans les eaux. Lorsqu'ils sont en excès, les ions Nitrates sont responsables de l'eutrophisation des cours d'eau. Pour les ions Sulfates (SO_4^{2-}), ils sont présents à $4 \pm 2,65$ mg/L dans les puits et quatre fois moins importants dans le ruisseau de Nzeng-Ayong Dragages ($SO_4^{2-} = 1$ mg/L), mais toujours en-dessous du seuil guide ($SO_4^{2-} \leq 400$ mg/L). Lagnika et al [28]. ont obtenu des valeurs nettement plus grandes ($6,62 \pm 7,26$ mg/L de SO_4^{2-}) dans les puits de la capitale béninoise.

La concentration moyenne en Fer varie entre $0,46 \pm 0,49$ mg/L pour l'eau de puits et $2,02 \pm 1,33$ mg/L pour l'eau de rivière. Donc de teneur très insignifiante par rapport à la norme de l'OMS, 200 mg/L de Fer. Des valeurs proches de 0,22 mg/L ont été trouvées par Ahoudi et al [21], dans les eaux souterraines au Togo.

Finalement, aucune pollution des eaux n'est traduite par ces espèces chimiques, les valeurs trouvées sont quasi acceptables, en lien avec les directives de l'OMS. Par contre, les polluants chimiques que sont le Baryum et les Orthophosphates sont en quantité élevée dans ces eaux. Pour le Ba^{2+} , la moyenne est de $4,75 \pm 1,71$ mg/L dans les puits et $4,33 \pm 1,15$ mg/L dans le cours d'eau (Cf. Figure 10). La valeur limite fixée par la norme étant de 0,7 mg/L pour le Ba^{2+} . En accord avec l'ouvrage référencé ci-contre [29], aucune preuve que le Baryum soit cancérigène ou mutagène. La pollution par cet ion serait d'origine naturelle et accentuée par des effets anthropiques. S'agissant des ions PO_4^{3-} , leur teneur moyenne vaut respectivement $1,31 \pm 1,13$ mg/L dans les puits et $2,77 \pm 2,07$ mg/L dans le ruisseau, donc deux fois plus (valeur guide de l'OMS, ≤ 1 mg/L de PO_4^{3-}). La qualité de l'eau est donc médiocre vis-à-vis du paramètre PO_4^{3-} . Comme précédemment énoncé, les "water-closets, la buanderie à ciel ouvert, la station de lavage de véhicules..." érigés à cet endroit, contribueraient fortement à augmenter la teneur en Orthophosphates (Cf. Tableau 1). Des précédentes études rapportent que des hautes teneurs en PO_4^{3-} peuvent être associées à l'utilisation d'engrais et des détergents, et induiraient ainsi de graves conséquences écologiques [29]. Ce qui signifie qu'un excès en cet élément pourrait avoir des répercussions plutôt désastreuses sur la santé humaine. À cela s'ajouteraient les défauts d'assainissement et de collecte des ordures ménagères, au transfert de polluants à partir des couches superficielles du sol, aux conditions de puisage et à la structure des ouvrages de collecte d'eau [2, 3]. In fine, pour ces deux indicateurs, les eaux du puits incriminé et le cours d'eau sont donc impropres à toute consommation avant traitement. Par conséquent, les populations locales utilisant les eaux provenant de ces ressources devraient en être avisées, quant aux conséquences encourues dans le long terme.

Les résultats d'analyses ont également montré que l'utilisation de l'eau de Javel a un effet positif sur la concentration de certains polluants: elle diminue aussi bien la teneur en cations (Cf. Figure 10/b) que celle des anions, tels que: PO_4^{3-} et SO_4^{2-} (Cf. Tableau 5), et concomitamment augmente le taux de minéralisation de l'eau (Cf. Figure 9/b). Par contre, pour les Matières en Suspension et les Nitrates (Cfs. Figure 8/b et Tableau 5), on remarque un effet plutôt négatif; effet se traduisant par une augmentation de la quantité de ces polluants suite à l'ajout de la Javel sur l'eau naturelle. D'autres auteurs [30, 1] ont étudié l'impact de la chloration sur l'étape de désinfection des eaux de puits. Ils se sont intéressés à la détermination de la demande en Chlore permettant d'obtenir un effet bactéricide, dose variant entre 0.6 et 3.5 mg/L de Chlore, selon l'article. En revanche, les auteurs n'ont pas mesuré la teneur en polluants chimiques après l'étape de chloration. Ce qui sans nul doute, ne permet pas d'établir des comparaisons avec les résultats donnés par la présente étude. L'effet 'négatif' de NaOCl sur la teneur en MES/Nitrates constitue donc une première approche qui pourra être enrichie par d'autres études, afin de mieux comprendre la différence observée.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'eau est un bien précieux indispensable à la survie des êtres vivants. Pourtant, cette ressource se trouve fortement menacée de jour en jour par la pollution dite anthropique. L'étude de la qualité des eaux a été évaluée en utilisant les paramètres globaux d'analyses physico-chimique. Elle révèle que la plupart des indicateurs de qualité physiques des eaux de puits et de la rivière parcourant le quartier de Nzeng-Ayong Dragages, sont conformes à la limite de qualité fixée par les normes environnementales. La moyenne de pH des eaux de puits a tendance à être acide tandis que celle des eaux du ruisseau dénote un caractère plutôt neutre. Les valeurs de Conductivité électrique et d'Oxygène dissous traduisent une eau de bonne qualité et particulièrement bien oxygénée.

Les Matières en Suspension et la Salinité de l'eau présentent des valeurs favorables à un état écologique acceptable et favorisant ainsi une minéralisation des eaux. Mais encore, les résultats de spectrophotométrie montrent que les eaux provenant de ces deux types de sources d'approvisionnement sont peu ou pas du tout polluées par les espèces chimiques que sont: Ca^{2+} , Cl^- , Fe , NO_3^- , PO_4^{3-} (trois puits sur les quatre échantillonnés) et SO_4^{2-} . Exception faite pour les ions Baryum, qui montrent une pollution six fois plus importante que la valeur de référence, et une pollution par les ions PO_4^{3-} , contenus à la fois dans la rivière et dans l'un des puits étudiés (puits N° 2). La teneur élevée en Ba^{2+} pourrait s'expliquer non seulement par la nature des couches géologiques du terrain, mais également par les rejets domestiques au niveau du site d'échantillonnage. Néanmoins, dans cette zone, des études plus approfondies avec un échantillonnage encore plus grand devraient être menées pour mieux comprendre cette augmentation de la concentration en ions Baryum. Pour les Phosphates, cela serait probablement dû à l'emploi des détergents et autres pesticides fortement utilisés lors des lessives et l'arrosage des sols potagers.

Mieux encore, on remarque que l'ajout d'eau de Javel à l'eau de la ressource, a un effet plutôt bénéfique sur la réduction de la concentration de certains ions (Ba^{2+} , Ca^{2+} , Fe , PO_4^{3-} et SO_4^{2-}). Ce traitement chimique est donc recommandé pour les ménages vivant dans les conditions où, l'adduction en eau potable par les services compétents, est encore une réelle utopie.

Par contre, pour les ions Chlorures et Nitrates (Cl^- et NO_3^-), on constate un effet inverse et additif. L'hypochlorure de sodium augmente la quantité de ces deux espèces ioniques dans l'eau. Ce qui ne s'avère pas du tout gênant pour les Chlorures, du point de vue de la nuisance sur la santé humaine. Cependant, il faut quand même dire qu'un excès en Cl^- aurait plutôt tendance à donner à l'eau une sensation de goût salé. Par contre, pour les Nitrates, une quantité trop élevée pourrait induire le phénomène bien connu d'eutrophisation des cours d'eau.

In fine, cet article qui s'est uniquement focalisé sur le volet physico-chimique des eaux de puits/ri vi ère, pourra être supplé menté par des tests microbiologiques complémentaires, en mettant l'accent sur les agents pathogènes retrouvés dans les milieux aquatiques. En tenant compte de l'augmentation du nombre d'échantillons d'un part, et de la variabilité saisonnière d'autre part, l'étude permettra une évaluation plus exhaustive des ressources en eau de la ville de Libreville, dans une optique de fournir à la population locale des données d'une eau de 'qualité saine'. Enfin, les résultats relevés par ce travail pourront être utiles aux pouvoirs publics gabonais dans sa prise de décision quant' à l'amélioration du cadre de vie de ses concitoyens; par la fourniture en temps réel, d'infrastructures d'adduction et d'assainissement en eau potable. Car, en dépit des valeurs des paramètres analysés, qui restent pour la plupart dans la fourchette des normes requises par l'Organisation Mondiale de la Santé, il n'en demeure pas moins que ces sources d'eau constituent des foyers potentiels d'une pollution en tout genre...

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique du Gabon, par l'entremise du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST) qui encadre les activités des Chercheurs. Que l'équipe de "*Environmental and Water Resources Engineering*" de l'Université de Michigan USA, trouve ici notre gratitude, pour ses conseils et son implication dans le domaine de recherche en qualité des eaux, au niveau des pays en voie de développement, notamment en territoire gabonais. Enfin, les auteurs remercient les collaborateurs du Département de Biologie de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM) et du Département de Chimie de l'École Normale Supérieure (ENS) pour leur relecture respective, indispensable à l'aboutissement de ce Manuscrit.

REFERENCES

- [1] L. Tampo, M. Ayah, T. Kodom, I. Tchakala, P. Boguido, L. Bawa, and B. Djaneye, "Impact de la demande en chlore et de la chloration sur la désinfection des eaux de puits des quartiers de Lomé: cas des quartiers de Démakpoé et d'Adbalépédogan (Togo)", *Journal of Applied Biosciences*, vol. 75, pp. 6272-6281, 2014.
- [2] J. P. Chippaux, S. Houssier, P. Gross, C. Bouvier, and F. Brissaud, "Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger", *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, vol. 95, no. 12, pp. 119-123, 2002.
- [3] O. B. Yapo, V. Mambo, A. Seka, M.-J. A. Ohou, F. Konan, V. Gouzile, A. S. Tidou, V. Kouame, and P. Houenou, "Évaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire): Koumassy, Marcory, Port-Bouet et Treichville", *International Journal of Biology and Chemistry Science*, vol. 4, no. 12, pp. 289-307, 2010.
- [4] M. L. Kapembo, A. Laffite, M. K. Bokolo, A. L. Mbanga, M. M. Maya-Vanga, and J. Oté, "Évaluation of water quality from suburban shallow wells under tropical conditions according to the seasonal variation, Bumbu, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo", *Exposure and Health*, vol. 8, no. 14, 2016.
- [5] P. I. Kilunga, J. M. Kayembe, A. Laffite, F. Thevenon, N. Devarajan, C. K. Mulaji, J. L. Mubedi, Z. G. Yav, J-P. Otamonga, P. T. Mpian, and J. Oté, "The impact of hospital and urban wastewaters on the bacteriological contamination of the water resources in Kinshasa, Democratic Republic of Congo", *Journal of the Environmental Science and Health*, vol. 51, no. 12, pp. 1034-1042, 2016.
- [6] P. M. Mwanamoki, N. Devarajan, and B. Niane, "Trace metal distributions in the sediments from river-reservoir systems: case of the Congo River and Lake Ma Vallée, Kinshasa (Democratic Republic of Congo)", *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22, no. 11, pp. 586-597, 2015.
- [7] E. Rochelle-Newall, T. M. Nguyen, O. Sengtaheuanghoung, and O. Ribolzi, "A short review of fecal indicator bacteria in tropical aquatic ecosystems: knowledge gaps and future directions", *Frontiers in Microbiology*, vol. 6, pp. 308, 2015.
- [8] J. I. Mubedi, N. Devarajan, S. L. Fauchneur, J. K. Mputu, E. K. Atibu, and J. Oté, "Effects of untreated hospital effluents on the accumulation of toxic metals in sediments of receiving system under tropical conditions: Case of South India and Democratic Republic of Congo", *Chemosphere*, vol. 93, no. 16, pp. 1070-1076, 2013.
- [9] J. Poté, L. Haller, J. L. Loizeau, A. Garcia Bravo, V. Sastre, and W. Wildi, "Effets of a sewage contaminants treatment plant outlet pipe extension on the distribution of contaminants in the sediments of the Bay of Vidy, Lake Geneva, Switzerland", *Bioresource Technology*, vol. 99, no. 115, pp. 7122-7131, 2008.
- [10] V. Gbohaida, D. C. P. Agbangnan, M. B. Ngossanga, S. E. Medoatinsa, L. F.-C. Dovonon, D. V. Wotto, F. Avlessi, and D. C. Sohounhloue, "Étude de la qualité physico-chimique de l'eau de boisson dans deux localités du Bénin: Cotonou et Dassa-Zoumé", *International Biology and Chemistry Science*, vol. 10, no. 11, pp. 422-434, 2016.
- [11] L. Matini, J.-M. Moutou, and M. S. Kongo, "Évaluation hydro-chimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-Ouest de Brazaville, Congo", *Afrique Science*, vol. 5, no. 11, 2009.
- [12] S. Hébert, and S. Légaré, "Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau", *Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement*, no. ENV-2001-0141, Rapport no. QE-123, p24, Québec, 2000.
- [13] AFNOR, *Guide de prélèvement pour le suivi de la qualité des eaux dans l'Environnement-Partie I: prélèvement d'eau de surface*, Agence Française de Normalisation, FD T90-523-1, 2008.
- [14] APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and wastewater*, 21st Ed. American Public Health Association, Washington DC, 2005.
- [15] J. Rodier, *L'analyse de l'eau*, 8th Ed. DUNOD, Paris, p1384, 1994.
- [16] D. Keddari, "Mise au point des techniques de mesure de la DBO5, des formes azotées et des paramètres physiques des eaux superficielles", *Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, Gestion durable des Écosystèmes et Protection de l'Environnement, Université des Frères Mentouri Constantine*, p53, 2015.
- [17] C. D. Creuse, "La qualité des eaux des cours d'eau en Creuse", *Conseil Départemental de la Creuse*, p48, 2017.
- [18] ABH, "Emergong issues in water and infectious disease", 2009.
- [19] WHO, "Guidelines for drinking water quality", 3rd Ed. Geneva, 2003.
- [20] B. Zouag et Y. Belhadj, "Analyse physico-chimique, bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta 'Tlemcen'", 2017.
- [21] H. Ahoudi, K. Gnandi, G. Tanouayi, and K. Ouro-Sama, "Caractérisation physico-chimique et état de pollution par les éléments de traces métalliques des eaux souterraines de Lomé (Sud Togo): cas du quartier Agoe Zongo", *Larhyss Journal*, vol. 12, no. 4, pp. 41-56, 2015.
- [22] J. O. Adejuwon, and C. J. Mbuk, "Biological and physicochemical properties of shallow wells in Ikorodu town, Lagos Nigeria", *Journal of Geology and Mining Research*, vol. 3, no. 16, pp. 161-168, 2011.

- [23] F. Z. Mehennaoui-Afri, "Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents", Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, Gestion durable des Écosystèmes et Protection de l'Environnement, Université des Frères Mentouri Constantine, p68, 2015, 1998.
- [24] M. M. Ali, M. L. Ali, M. S. Islam, and M. Z. Rahman, "Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh", *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, vol. 5, pp. 27-35, 2016.
- [25] E. T. Gyamfi, M. Ackah, A. K. Anim, J. K. Hanson, L. Kpattah, S. Enti-Brown, Y. Adjei-Kyereme, and E. S. Nyarko, "Chemical analysis of potable water samples from selected suburbs of Accra, Ghana", *International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 118-127, 2012.
- [26] P. K. Mbaka, J. K. Mwangi, and C. K. Kiptum, "Assessment of water quality in selected shallow wells of Keiyo Highlands, Kenya", *African Journal of Science Technology Innovation and Development*, vol. 9, no. 3, pp. 1-10, 2017.
- [27] P. Lilly Florence, A. Paulraj, and T. Ramachandramoorthy, "Water quality index and correlation study for the assessment of water quality and its parameters of Yercaud Taluk, Salem District, Tamil Nadu, India", *Chemical Science Transactions*, vol. 1, no. 1, pp. 139-149, 2012.
- [28] M. Lagnika, M. Ibikounle, J.-P. C. Montcho, V. D. Wotto, and N. G. Sakiti, "Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'Ouest)", *Journal of Applied Biosciences*, vol. 79, pp. 6887-6897, 2014.
- [29] CAWST, "Introduction à l'Analyse Qualité de l'Eau de Boisson", Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, p197, 2013.
- [30] L. M. Bawa, L. Tchakala, and G. Djanéyé-Bouindjou, "Détermination de la demande en chlore des eaux de puits et de forages d'un quartier périurbain de la ville de Lomé: incidence sur la désinfection", *Journal des Sciences et Technologie*, vol. 7, no. 2, pp. 19-24, 2008.

Impact sociosanitaire du manque de l'eau de la regideso dans la commune de KADUTU

[Social and health impact of the lack of water in the regideso in the municipality of KADUTU]

Jackson Lwesso Ilundu

Institut Supérieur des Arts et Métiers ISAM, Bukavu, RD Congo

Copyright © 2020 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 water is very important in our life. We use water to prepare the meat; to wash our body; womens intime bath; to drink;

Water deficiency in Kadutu have several consequences like cholera, typhoid fever, womens infections. Also, girls and womens can be exposed to rape.

From this comes our main question, which sociosanitary incidence of the water deficiency of Regideso in the housekeeping of Kadutu ?

All the results confirm our hypotheses and lead us to say that the water deficiency in Kadutu have several consequence socio sanitary for the inhabitants.

KEYWORDS: Regideso, Kadutu, sociosanitary, impact, inhabitants, water, consequence.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLEMATIQUE

La problématique est le cadre théorique et empirique à l'intérieur duquel se situe l'objet. La problématique situe l'objet d'une recherche par rapport à des courants théoriques et à des résultats empiriques obtenus par d'autres recherches jugées pertinentes. (A. LAMOUREUX, 1992, P.15)

Certains prônent le développement durable ou la croissance durable, en gérant de façon parcimonieuse tout ce qui est ressources naturelles dont certaines pourraient se tarir ou se dégrader.

Cette gestion est certes nécessaire. L'économie moderne, dite économie post-industrielle, est devenue plus sophistiquée. Elle relève de l'économie du savoir, dont l'un des déterminants est l'éducation, l'information, le savoir-faire, l'innovation.

En fait, malgré l'avènement de l'économie du savoir, il s'avère que les pays développés continuent d'être dépendants des ressources naturelles. Les pays émergents vont de leur côté passer par une phase industrielle, et consommer davantage de ressources naturelles.

En tous cas, le développement durable est considéré comme un objectif pour l'humanité et il conditionne les conditions de vie des générations futures. Décroissance L'idée que l'humanité de "développe" en consommant des ressources limitées est ancienne en économie. Elle remonte au moins à Ricardo. La sonnette d'alarme avait été tirée dans les années 70 par le rapport du Club de Rome. (S.TREILLET, 2011, P.221)

Le secteur de l'eau est censé subvenir à des besoins sociaux, environnementaux et économiques. Devant la pénurie croissante de l'eau exacerbée par l'explosion démographique et l'urbanisation, la mauvaise affectation des ressources, la

dégradation de l'environnement et la mauvaise gestion des ressources en eau, le Groupe de la Banque et ses pays membres régionaux (PMR) font face à de nouveaux défis qui requièrent une nouvelle approche de la gestion des ressources en eau. L'eau est une ressource unique aux usages concurrents. L'expérience a amplement démontré que la gestion de l'eau est complexe, recouvre plusieurs niveaux et nécessite un cadre global. Ce cadre analytique facilitera l'examen des interactions entre l'écosystème et les activités socio-économiques dans les bassins fluviaux. Une approche intégrée devrait donc se substituer aux approches sectorielles ou sous-sectorielles en prenant en compte les objectifs sociaux, économiques et environnementaux, en évaluant les ressources en eau dans chaque bassin, en évaluant et en gérant la demande d'eau, et en cherchant à obtenir la participation des parties prenantes. Ce point de vue est largement partagé de nos jours. Compte tenu de cette reconnaissance et afin de s'assurer que les activités financées par la Banque dans le secteur de l'eau adoptent les principes de l'approche intégrée, la politique de prêt de l'institution encourage les emprunteurs à suivre et à mettre en œuvre une approche intégrée de la gestion des ressources en eau.

Pour une gestion efficace des ressources en eau, il importe de séparer les aspects d'aménagement et de réglementation des ressources en eau des fonctions de fourniture d'eau et d'assainissement. L'absence de séparation compromet les fonctions de contrôle et d'affectation qui sont indispensables à une répartition équitable et efficace entre les utilisations concurrentes. Une structure fournissant des services d'eau ne devrait pas également remplir le rôle de l'organisme chargé de gérer les ressources en eau. De même, ce dernier assurera la gestion générale de ces ressources et ne sera pas censé fournir des prestations directes aux consommateurs. (BAD, 2000, P.6)

De toute évidence, le mauvais état de l'environnement en RDC détruit considérablement la santé publique. A cet effet Evans note qu'environ 88% de toutes les contaminations de diarrhée dans le monde sont dues à un approvisionnement en eau insalubre, à l'absence des pratiques d'hygiènes saines et à des dispositifs d'assainissements rudimentaires (DSCR, RDC, 2008, P.25)

L'assainissement est le plus grand problème dans les zones à forte concentration démographique qui prend une allure vertigineuse. Des mesures correctives doivent être ainsi prises sur le plan institutionnel afin de juguler ce casse-tête notamment pour les autorités, mais aussi sur le plan technique dans les meilleurs délais et de durable dans ces zones. (A. LETSU, 2005, P.90)

Le thème de l'eau se décline tout au long de la scolarité obligatoire. On enseigne l'importance vitale de l'eau, son cycle, la nécessité de la protéger et de la partager, et jusqu'aux enjeux stratégiques dont elle est l'objet. (www.energie-environnement.ch)

L'eau est partout et concerne toutes nos activités. Pour la protéger, il nous faut la gérer collectivement.

L'eau est partout dans notre vie comme dans nos activités économiques. Selon l'usage que nous en avons (alimentation, irrigation, eau industrielle, loisirs...), nos préoccupations pour l'eau sont différentes. Le niveau d'exigence n'est pas le même selon que nous souhaitons boire l'eau, l'utiliser pour l'industrie, se baigner, pêcher...

Tous les secteurs d'activités sont concernés par l'eau. C'est pour cela que de nombreux acteurs interviennent dans sa gestion: communes, départements, régions, Etat et ses établissements publics, agences de l'eau... et il n'est pas toujours facile de se repérer.

Nous sommes concernés par notre utilisation quotidienne de l'eau. Nous pouvons aussi contribuer à mieux la gérer et la préserver.

99 % des Français sont aujourd'hui raccordés à un réseau de distribution publique de l'eau potable.

La plupart des réseaux d'alimentation ont été posés dans les années 50 à 90. La nature et la qualité des matériaux constitutifs des conduites ont varié au cours de ces années. Les réseaux sont donc généralement constitués de matériaux hétérogènes, dont la durabilité peut être très différente.

L'analyse des ruptures de conduites a mis en évidence une durée de vie très variable selon le matériau constitutif et le milieu environnant. Les conduites en PVC « collé » posées jusqu'à 1975 se sont notamment avérées très cassantes et vieillissent prématurément alors que des conduites plus anciennes en fonte grise sont moins altérées. (Ministère de l'écologie, développement durable et de l'Energie, 2013, P.1)

L'eau est un patrimoine commun précieux et fragile. Sa qualité, notamment celle de l'eau délivrée au robinet, est un enjeu majeur de santé publique. L'ensemble des acteurs publics se mobilise en permanence afin de préserver cette qualité ou de la restaurer lorsqu'elle est dégradée (Agence de l'eau Loire-Bretagne, P.1, 2013)

L'eau n'offre aucun inconvénient pour la santé. Elle doit être incolore, limpide, d'une saveur agréable ni fade, ni saumâtre (P. DUBREUIL, 2003, P.38)

La RDC fait face à des difficultés pour desservir sa population en eau potable bien qu'elle dispose d'énormes potentialités hydriques pouvant approvisionner toute l'Afrique. A ce jour, beaucoup de villes et territoires sont confrontés à une pénurie d'eau potable. Suivant les statistiques publiées par le ministère de l'Energie et le programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), le taux national de desserte, qui était de 69 % en 1990, est tombé à 22 % en 2005, avant de remonter à 26 %.

Bien que la République Démocratique du Congo (RDC) soit le pays d'Afrique possédant les ressources hydrologiques les plus importantes, elle doit aujourd'hui faire face à une crise aiguë de l'approvisionnement en eau potable. En effet, seuls 26 % de la population congolaise ont accès à une eau potable salubre, une estimation bien en dessous de la moyenne des 60% pour l'ensemble de l'Afrique subsaharienne.

En raison des infrastructures endommagées et fragilisées par des années de sous-investissement, de conflit et de la croissance rapide de la population, le taux de couverture de l'approvisionnement en eau a décliné jusqu'à récemment. Les conséquences sociales et sanitaires de la rupture des services d'eau sont considérables.

Les tranches les plus pauvres de la société sont touchées de façon disproportionnée par le déclin de la prestation des services et la hausse des prix de l'eau, cette situation a été observée dans les zones rurales mais également de façon croissante dans les villes connaissant une expansion rapide.

La situation sur l'approvisionnement en eau potable sur toute l'étendue de la République reste la même: la pénurie et le coût élevé de l'eau.

Dans certaines villes, la majorité de la population n'a pas accès à l'eau potable. A Kananga, au Kasai Occidental, le responsable provincial du service d'hydraulique rural affirme que 70% de la population sont privés d'eau potable. Au Bas Congo, la situation est pire: 6% seulement de la population boit de l'eau potable. Le thème retenu cette année pour la célébration de la journée mondiale de l'eau, « l'eau pour les villes », sonne creux dans de nombreuses villes de la RDC.

Dans la ville de Bukavu, notre milieu d'étude la majorité des coins de la ville ne sont pas approvisionnés en eau de la REGIDESO quelle que soit la saison, les habitants se déplacent d'une commune à l'autre à la recherche de l'eau. Ils peuvent se déplacer à plus de 20 km pour la recherche de l'eau, un bidon de 20 litres sera utilisé par une famille de plus de 5 personnes.

Quelques habitants de la ville s'approvisionnent à des bornes fontaine et à des sources non aménagées. Ceux qui ont la chance d'accéder au robinet, il faut plus de 10 minutes pour remplir un récipient de 20 litres sur une rangée de plus de 20 personnes en attente de puiser.

Taux de couverture en eau potable estimé à 26% et le taux de l'assainissement à 9% en 2011. La tendance de la couverture en eau diminue (augmentation de la population et dégradation des infrastructures) et devrait diminuer encore plus d'ici 2015.

Toutes les communes des villes de Bukavu ont des problèmes d'approvisionnement en eau potable et cela a des répercussions sur la santé des consommateurs de cette eau. (www.rdc-humanitaire.net)

Toute cette problématique, nous pousse à analyser l'incidence du manque de l'eau de la Regideso sur les conditions socio-sanitaires des habitants de Kadutu.

De là découle notre question principale, Quelle serait l'incidence socio sanitaire du manque de l'eau de la Regideso sur les ménages de Kadutu ?

1.2 HYPOTHESE DU TRAVAIL

L'hypothèse peut être envisagée comme une réponse anticipée que le chercheur formule à la question de sa recherche (G. MACE, 2004, p.41)

Le manque de l'eau de la Regideso a plusieurs conséquences socio sanitaires sur la population de kadutu notamment:

- Cholera et Fièvre typhoïde
- Infections urinaires chez les femmes et filles
- Consommation de l'eau de sources non aménagées
- Exposition de filles et femmes au viol et violences

1.3 METHODES

Le mot méthode, est défini comme étant l'ensemble des opérations intellectuelles par lesquelles une discipline cherche les vérités qu'elle poursuit (R., PINTO et al, 1971, p.950)

1.3.1 MÉTHODE ANALYTIQUE

Cette méthode nous permettra d'analyser la gestion et l'utilisation de l'eau par les ménages de Kadutu.

1.3.1.1 MÉTHODE DESCRIPTIVE

Cette méthode nous permettra de décrire la Regideso et la commune de kadutu.

1.3.1.2 TECHNIQUES

Elles nous permettront de rassembler les données dont nous avons besoin et les interpréter. Nous allons utiliser:

1.3.1.2.1 LA TECHNIQUE DOCUMENTAIRE

Elle nous paraîtra indispensable dans la consultation des divers documents relatifs à notre sujet. Les rapports et prévisions, les textes légaux, les écrits des doctrinaires et les notes des cours seront utilement exploités.

1.3.1.2.2 LA TECHNIQUE DE QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE

Elle nous sera utile dans nos entretiens avec le responsable du personnel de la société Regideso. A l'aide des questions préalablement conçues soumises à nos enquêtés, elle a permis d'avoir les documents nécessaires pour l'élaboration de notre travail. Les réponses formulées nous permettront d'asseoir une meilleure analyse de la gestion et de l'utilisation de l'eau par les ménages de la commune de Kadutu.

1.3.1.2.3 LA TECHNIQUE D'ÉCHANTILLONNAGE

Cette technique nous aidera à lancer un questionnaire d'enquête à une partie de la population de la ville de Bukavu qui nous servira d'échantillon.

2 PRESENTATION DU CADRE D'ETUDE

2.1 PRESENTATION DE LA SOCIETE REGIDESO

Dans ce chapitre, nous allons présenter La REGIDESO direction provinciale du Sud-Kivu sur le plan historique, géographique, mission ...

Une entreprise qui perd sa mémoire perd son histoire, son avenir, son savoir faire. L'amnésie est aussi désastreuse chez un être social que chez un être humain. La créativité, permettant de résoudre les problèmes étant fondée sur le raisonnement analogique, il est important de capitaliser ses connaissances, pour accroître son potentiel comme le fait le cerveau humain. Malheureusement de nombreuses organisations ne sont pas structurées pour prendre en main correctement cette fonction de mémorisation, qui nécessite le stockage des informations, mais également leur mise à disposition en cas de besoin. (M. Gillet et P. Gillet, 2010, P.27)

La REGIDESO est une société anonyme (S.A) qui a comme mission de fournir à la population de l'eau potable.

2.1.1 DENOMINATION, STATUT JURIDIQUE ET LOCALISATION

La Régie de Distribution d'Eau, REGIDESO en sigle est une société anonyme (REGIDESO S.A). Elle est représentée au Sud-Kivu par la Direction Provinciale. Elle a son siège sur l'Avenue Maniema n°38, dans la commune d'Ibanda dans la ville de Bukavu au Sud-Kivu en République Démocratique du Congo.

C'est une entreprise à caractère technique jouissant de la responsabilité juridique régie par la disposition de la loi n°78-002 portant disposition applicable aux entreprises publiques.

Cette institution avait comme mission:

- La réunification d'une entreprise nationale unique;
- La distribution d'eau potable et d'électricité;
- La protection la population contre les maladies;
- La promotion du développement à travers l'électrification de certaines régions;
- La lutte contre toute difficulté possible auxquelles pouvaient se heurter cette population lors de la recherche d'eau potable.

Cette entreprise avait comme objectif celui de l'exploitation de service de distribution d'eau et d'électricité du Congo – Belge et Ruanda – Urundi et de mener des études et travaux nécessaires à l'établissement et à l'extension de ces services relatifs à l'eau et à l'électricité.

La REGIDESO est installée à Bukavu en 1954 avec la construction de l'usine de MURHUNDU à KABARE, à peu près 28 km de la ville de Bukavu. Le siège de Bukavu à l'époque ne comptait qu'une seule agence et c'est celle d'Ibanda. Mais avec l'agrandissement de la ville suite à la surpopulation, elle compte maintenant 7 agences et 2 bureaux auxiliaires notamment: agence d'Ibanda (781), agence de Kadutu (782), agence de Bagira (783), agence de Panzi (787), agence de Muhungu (780), agence de Nguba (788)

Deux bureaux auxiliaires: BA Indépendance et BA CIMPUNDA

Agence Gros Compteurs et Clients Spéciaux: Ils s'occupent des abonnés dont la consommation en eau potable est à caractère lucratif. 785 et 786. Ils ont leur agence propre. Les utilisateurs sont des clients des grandes maisons à savoir: Hôtels, ONG, BRALIMA, PHARMAKINA, etc.

Agence Instances Officielles: 784 sont des abonnés dont leurs consommations sont payés par le gouvernement national, il s'agit de: écoles, camps militaires, services publics, etc.

Les centres: sont dans les territoires à savoir: KAMITUGA 741, KILIBA 716, UVIRA 715.

La REGIDESO a plusieurs modes de paiements notamment:

Le paiement au comptant en espèce Paiement par banque Paiement par compensation Paiement par chèque.

2.1.2 OBJECTIFS ET TECHNIQUES DE LA REGIDESO

2.1.2.1 OBJECTIFS

OBJECTIF SOCIAL

En vue d'alimenter en eau potable les populations de la RDC, la REGIDESO s'est fixé comme objectif social:

La production, la distribution et la commercialisation d'eau potable.

L'étude de l'exécution de travaux d'aménagement des ouvrages de production et de distribution d'eau potable.

Toutes les autres opérations, industrielles, commerciales et financières ainsi que mobilières et immobilières se rapportant directement ou indirectement à l'objet social ou susceptible d'en faciliter l'extension ou le développement. Elle pourra ainsi s'intéresser par voie d'apports, souscription, fusions, participation financière ou sous toute autre forme dans des sociétés ou entreprises ayant un objet similaire de nature ou développer directement ou indirectement ses activités.

OBJECTIF COMMERCIAL

La REGIDESO SA se fixe comme objectif commercial: Maximiser les recettes avec comme unique activité la vente de l'eau potable.

2.1.2.2 DÉNOMINATION

La société prend la dénomination suivante: Régie de Distribution d'Eau de la RDC en abrégé « REGIDESO SA ». Ainsi tous les actes et documents émanant de la société et des tiers, la dénomination sociale devra toujours être précédée ou suivie de la mention « Société Anonyme » SA en sigle, du numéro d'identification nationale, du numéro d'immatriculation au nouveau registre de commerce ainsi que des indications requises par la loi et les règlements en vigueur.

2.1.2.3 STRUCTURE ORGANISATIONNELLE ET FONCTIONNELLE DE LA REGIDESO SUD-KIVU

En vue d'atteindre avec efficacité les objectifs de l'entreprise et pour assurer la satisfaction des abonnés, la REGIDESO s'efforce de fournir régulièrement de l'eau potable à la population aussi bien urbaine que rurale.

Pour ce faire, la mise en œuvre d'une bonne structure au sein d'une entreprise s'avère indispensable pour qu'il y ait un meilleur rendement, un meilleur suivi, les facteurs de production étant réunis et harmonieusement constitués.

C'est dans ce sens que la gestion de la REGIDESO a procédé depuis longtemps à l'autonomie de gestion pour rendre plus aisée l'indépendance d'exécution et prise des décisions de ceci à faire naître la structure de la société générale ayant son siège central à Kinshasa, aux centres d'exploitations situés dans différentes villes à l'intérieur du pays via les représentants provinciaux ayant leurs sièges aux chefs-lieux de provinces.

La Direction Provinciale (DP) du Sud-Kivu ayant son siège à Bukavu et les centres d'exploitation de KAMITUGA, UVIRA et KILIBA.

2.2 SITUATION ADMINISTRATIVE DE LA COMMUNE DE KADUTU

Tableau 1. Situation administrative de la commune de Kadutu

COMMUNE	QUARTIERS	AVENUES
KADUTU	CIMPUNDA	ELILA NYAMULAGIRA SAKE
	KAJANGU	BUSOKA BURHALAGA
	KASALI	RUKUMBUKA ULINDI
	MOSALA	BUHOLO FUNU (KARHUNVA) FUNU
	NKAFU	CLINIQUE KARHALE KAWA
	NYAKALIBA	KAHUZI TELEVISION (CAMP.TV
	NYAMUGO	BYASI LOMAMI NURUBYASI LOMAMI NURU

Source: Mairie de Bukavu/2015

La commune de KADUTU est constituée de sept quartiers à savoir: CIMPUNDA, KASALI, MOSALA, NKAFU, NYAKALIBA, KAJANGU, NYAMUGO.

2.3 REPARTITION DE LA POPULATION DE LA VILLE DE BUKAVU

Tableau 2. Répartition de la population de Bukavu par Commune

SUBDIVISIONS ADMINISTRATIVES	HOMMES	FEMMES	GARCONS	FILLES	TOTAL
BAGIRA	38 833	45 119	74 792	84 001	242 745
IBANDA	98 402	112 740	137 822	151 466	500 430
KADUTU	90 628	91 781	125 078	132 907	440 395
TOTAL	227 863	249 641	337 692	368 374	1 183 570

Source: division de l'intérieure de la Mairie de Bukavu/2017

Tableau 3. Répartition de la population de Bukavu par commune

	Quartiers	Hommes	Femmes	Garçons	Filles	Total
Commune de BAGIRA	KASHA	25.343	29.615	38.883	46.612	140.453
	LUMUMBA	6.434	6.919	10.080	10.675	34.108
	NYAKAVOGO	6.173	6.002	8.394	8472	29.041
	Total commune	37.950	42.536	57.357	65.759	221.307
Commune d'Ibanda	NDENDERE	26.196	29.349	33.42	40120	129.067
	NYALUKEMBA	7.675	7.778	10.864	11.498	37.815
	PANZI	18.514	21.451	25.027	29.512	94.504
	Total commune	63946	73580	83906	95169	316601
Commune de Kadutu	CIMPUNDA	6.764	6.939	10.970	13326	35.999
	KAJANGU	2.679	2.916	5.573	5.573	16.327
	KASALI	4.263	4.283	5.326	5.326	19.057
	MOSALA	15.872	16.140	17027	17.488	66.527
	NKAFU	13.059	12.832	15.332	15.254	56.477
	NYAKALIBA	6.521	6.598	8.961	9.663	31.743
	NYAMUGO	14.034	14.255	19.679	20.251	68.219
	Total commune	63.192	63.963	82.313	84.881	377.883

Source: rapport annuel INS/ Bukavu 2014

3 ANALYSE DES DONNEES ET INTERPRETATION DES RESULTATS.

Pour mener à bien ce travail, nous avons fait recours à la technique d'enquête par questionnaire pour recueillir les données.

3.1 APPROCHE METHODOLOGIQUE

Le mot méthode, est défini comme étant l'ensemble des opérations intellectuelles par lesquelles une discipline cherche les vérités qu'elle poursuit (R.Pinto et al. 1971, p.950)

Pour mener à bien notre recherche et répondre aux différentes questions, nous avons recouru à la technique d'échantillonnage et à l'enquête par questionnaire.

3.1.1 POPULATION ET ÉCHANTILLON D'ÉTUDE

En 2014, la population de la commune de la commune de Kadutu s'élève à 294349 habitants répartis de la manière suivante:

Tableau 4. Population de la commune de Kadutu

Commune	Quartiers	Homme	Femme	Garçon	Fille	Total
Kadutu	CIMPUNDA	6.764	6.939	10.970	13326	35.999
	KAJANGU	2.679	2.916	5.573	5.573	16.327
	KASALI	4.263	4.283	5.326	5.326	19.057
	MOSALA	15.872	16.140	17027	17.488	66.527
	NKAFU	13.059	12.832	15.332	15.254	56.477
	NYAKALIBA	6.521	6.598	8.961	9.663	31.743
	NYAMUGO	14.034	14.255	19.679	20.251	68.219
	Total commune					294349

Source: rapport annuel INS/ Bukavu 2014

Notre échantillon a été extrait par la technique d'échantillonnage stratifié qui consiste à subdiviser la population en sous-groupes relativement homogènes ou strates. Ensuite, on extrait de chaque strate un échantillon aléatoire. Nous avons constitué des échantillons stratifiés en respectant les proportions des strates dans la population (F. Dépelteau, 2000, P.217). Nous avons seulement considéré toute la population de Kadutu, soit une population de 294349 unités.

Compte tenu de la taille de notre population et du manque de moyens financiers pour mener une recherche de grande envergure, nous avons choisi proportionnellement un échantillon de 480. Nous avons procédé au tirage aléatoire de ce groupe cible. En utilisant cette technique d'échantillonnage aléatoire simple, nous avons présumé que chaque unité de la population mère aurait la même chance qu'une autre d'être choisie au sein de l'échantillon.

Pour y parvenir, nous avons utilisé la formule suivante:

$$P = n/N$$

où

P= proportion

n= nombre de cas favorables ou personnes enquêtées

N= nombre de cas possibles

$$P = 480 / 294349 = 0,00163$$

Cimpunda: $35\,999 \times 0,00163 = 58,6 = 59$ enquêtés

Kajangu: $16\,327 \times 0,00163 = 26,6 = 27$ enquêtés

3.2 QUESTIONS ADRESSEES AU CHEF D'AGENCE DE LA REGIDESO KADUTU

3.2.1 QU'EST-CE QUI EST À LA BASE DE LA RARETE DE L'EAU DE LA REGIDESO À KADUTU ?

Le manque du courant électrique, les constructions anarchiques et l'exode rural sont à la base de la rareté de l'eau de la Regideso à Kadutu.

3.2.2 QUELLES SONT LES DIFFICULTES AUXQUELLES LA REGIDESO FAIT FACE ?

La Regideso se heurte au problème d'impayement des factures. Les abonnés ne paient pas régulièrement les factures mensuelles de l'eau consommée. Cette situation met la Regideso dans l'incapacité de desservir les abonnés en eau potable.

3.2.3 LA REGIDESO A COMBIEN D'ABONNÉS À KADUTU ?

La regideso a 5 292 abonnés dans la commune de Kadutu.

3.2.4 COMBIEN D'ABONNES SONT DESSERVIS EN EAU DE LA REGIDESO À KADUTU ?

La Regideso desservit seulement 2 569 abonnés dans la commune de Kadutu. $2569/5292 \times 100 = 48,54$. En faisant ce petit calcul nous constatons que la Regideso desservit ses abonnés à 49%. C'est un échec.

3.2.5 LES ABONNES DESSERVIS EN EAU DE LA REGIDESO PAYENT MENSUELLEMENT LEURS FACTURES ?

Certains abonnés de la regideso ne paient pas régulièrement les factures.

3.2.6 TOUS LES QUARTIERS DE KADUTU SONT DESSERVIS EN EAU DE LA REGIDESO ?

Tous les quartiers de la commune de kadutu ne sont pas desservis en eau de la Regideso. A kadutu, il y a un problème d'altitude. L'eau ne monte pas, il faut de l'énergie électrique pour faire fonctionner les machines pouvant faire monter l'eau dans les quartiers se trouvant sur une haute altitude comme Cimpunda, Mosala, ...

3.2.7 QUELLES SONT LES POLITIQUES DE LA REGIDESO POUR LUTTER CONTRE LA RARETE DE L'EAU À KADUTU ?

La Regideso a amorcé le projet de construction d'une petite usine à Mazigiro pour suppléer l'usine de Murhundu. Cette usine sera inaugurée au mois d'Août 2018.

Tableau 5. Répartition des enquêtés par commune

Quartiers	Effectif	Pourcentage
Cimpunda	59	12
Kajangu	27	6
Kasali	31	6
Mosala	108	23
Nkafu	92	19
Nyakaliba	52	11
Nyamugo	111	23
TOTAL	480	100

Source: nos enquêtes

Ce tableau montre que 12% de nos enquêtés proviennent du quartier Cimpunda, 6% proviennent du quartier Kajangu, 6% proviennent du quartier Kasali, 23% proviennent du quartier Mosala, 19% proviennent du quartier nkafu, 11% proviennent du quartier Nyakaliba et 23% proviennent du quartier Nyamugo.

Tableau 6. Répartition des enquêtés par sexe

Sexe	Effectif	Pourcentage
Masculin	100	21
Féminin	380	79
Total	480	100

Source: Nos enquêtes

Le résultat de ce tableau montre que 21% de nos enquêtés sont du sexe Masculin et 79% sont du sexe Féminin.

Tableau 7. Répartitions des enquêtés suivant leurs tranches d'âges

Tranche d'âge	Effectif	Pourcentage
20 à 25 ans	460	96
26 à 31 ans	20	4
32 à 37 ans	0	0
38 et plus	0	0
Total	480	100

Source: Nos enquêtes

Il ressort de ce tableau que 96% de nos enquêtés leur tranche d'âge varie entre 20-25 ans et 4% de nos enquêtés leur tranche d'âge varie entre 26-31 ans

Tableau 8. Répartition des enquêtés selon leur Etat civil

Etat civil	Effectif	Pourcentage
Marié (e)	100	21
Célibataire	380	79
Veuf (ve)	0	0
Total	480	100

Source: Nos enquêtes

En ce qui concerne l'Etat civil, 21% de nos enquêtés sont mariés et 79% sont célibataires.

Tableau 9. Répartition des enquêtés selon leur niveau d'étude

Niveau d'étude	Effectif	Pourcentage
Primaire	200	42
Secondaire	110	23
Universitaire	50	10
Sans étude	120	25
Total	480	100

Source: Nos enquêtes

Le tableau ci-dessus montre que 42% de nos enquêtés ont le niveau d'étude primaire, 23% ont le niveau d'étude secondaire, 10% ont le niveau d'étude universitaire, et 25% n'ont pas étudié (analphabète)

3.3 QUESTIONS ADRESSEES A LA POPULATION DE KADUTU

3.3.1 ETES-VOUS ABONNES À LA REGIDESO ?

Tableau 10. Abonnement à la Regideso

Réponse	Effectif	Pourcentage
Oui	300	62
Non	180	38
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

62% de nos enquêtés sont abonnés à la Regideso et 38% ne sont pas abonnés.

3.3.2 PAYEZ-VOUS LA FACTURE DE COMBIEN À LA REGIDESO

Tableau 11. Montant des factures

Montant en FC	Réponse	Pourcentage
2500	100	21
5000	80	17
8000	200	42
15000	50	10
20000	50	10
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

21% de nos enquêtés payent 2500Fc mensuellement à la Regideso, 17% payent 5000Fc, 42% payent 8000Fc, 10% payent 15000Fc et 10% payent 20000Fc.

3.3.3 RECEVEZ –VOUS L’EAU DE LA REGIDESO COMBIEN DE FOIS PAR SEMAINE ?

Tableau 12. Approvisionnement en eau de la Regideso

Fréquence	Réponse	Pourcentage
1	100	21
2	80	17
3		
4		
L'eau n'arrive jamais	300	62
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

21% de nos enquêtés reçoivent l'eau de la Regideso une fois par semaine, 17% reçoivent l'eau de la regideso deux fois par semaine et 62% ne reçoivent plus l'eau de la Regideso.

3.3.4 EN CAS DE PENURIE D’EAU DE LA REGIDESO, OU APPROVISIONNEZ-VOUS EN EAU ?

Tableau 13. Approvisionnement en eau en cas de pénurie d'eau de la Regideso

Source	Réponse	Pourcentage
Kaduru	30	7
Kido	150	31
Funu	200	42
Mulehe	50	10
Autres	50	10
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

7% de nos enquêtes s'approvisionnent en eau à la source de Kaduru en cas de pénurie d'eau de la Regideso, 31% s'approvisionnent en eau à la de Kido, 42% s'approvisionnent en eau à la source de Funu, 10% s'approvisionnent en eau à la source de Mulehe et 10% s'approvisionnent en eau à d'autres sources.

3.3.5 VOTRE SOURCE EST-ELLE AMENAGEE ET PROTEGEE ?

Tableau 14. Aménagement et protection des sources

Réponse	Effectif	Pourcentage
Oui	100	21
Non	380	79
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

21% de nos enquêtés ont confirmé l'aménagement et la protection de leurs sources et 79% ont confirmé que leurs sources ne sont ni aménagées ni protégées.

3.3.6 L'EAU DE VOTRE SOURCE N'EST-ELLE PAS À L'ORIGINE DE CERTAINES MALADIES DANS VOTRE FAMILLE ?

Tableau 15. Maladies hydriques

Maladie	Réponse	Pourcentage
Cholera	100	21
Fièvre typhoïde	230	48
Infections urinaires chez les femmes et filles	150	31
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

21% de nos enquêtés ont confirmé que l'eau de leurs sources est à l'origine de la cholera, 48% de nos enquêtés ont confirmé que l'eau de leurs sources est à l'origine de la fièvre typhoïde et 31% ont confirmé que l'eau de leurs sources est à l'origine des infections urinaires chez les femmes et filles.

3.3.7 A COMBIEN ACHETEZ-VOUS UN BIDON ?

Tableau 16. Prix d'un bidon de 20L

Prix d'un bidon de 20L	Réponse	Pourcentage
50FC	250	52
100FC	150	31
150FC	80	17
200FC		
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

Il ressort de ce tableau que 52% de nos enquêtés achètent un bidon de 20L à 50Fc, 31% de nos enquêtés achètent un bidon de 20L à 100Fc et 17% achètent un bidon de 20L à 150Fc.

3.3.8 L'EAU DE VOTRE SOURCE EST-ELLE POTABLE ?

Tableau 17. Eau potable

Réponse	Effectif	Pourcentage
Oui	100	21
Non	380	79
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

Le résultat de ce tableau montre que 21% de nos enquêtés consomment l'eau potable tandis que 79% consomment l'eau qui n'est pas potable.

3.3.9 PAYEZ-VOUS LE TRANSPORT?

Tableau 18. Paiement du transport à la recherche de l'eau

Réponse	Effectif	Pourcentage
Oui	80	17
Non	400	83
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

17% de nos enquêtés paient le transport à la recherche de l'eau tandis que 83% ne paient pas le transport.

3.3.10 ETES-VOUS EXPOSE À LA VIOLENCE SEXUELLE ET VIOL EN PARCOURANT LE LONG TRAJET À LA RECHERCHE DE L'EAU ?

Tableau 19. Exposition à la violence et viol

Réponse	Effectif	Pourcentage
Oui	280	58
Non	200	42
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

58% de nos enquêtés ont confirmé qu'ils sont exposés à la violence sexuelle et viol, en parcourant le long trajet, à la recherche de l'eau parfois la nuit tandis que 42% sont épargnés.

3.3.11 DE CHEZ VOUS À LA SOURCE, PARCOUREZ-VOUS COMBIEN DE KM ?

Tableau 20. Distance parcourue

Distance à parcourir	Réponse	Pourcentage
1km	100	21
2km	200	41
3km	100	21
4km	80	17
Plus		
TOTAL	480	100

Source: Nos enquêtes

21% de nos enquêtés parcourent une distance de 1Km à la recherche de l'eau, 41% parcourent une distance de 2Km, 21% parcourent une distance de 3Km et 17% parcourent une distance de 4Km

4 CONCLUSION GENERALE

Notre travail porte sur l'impact sociosanitaire du manque de l'eau de la regideso dans la commune de Kadutu.

Notre préoccupation était d'analyser l'incidence du manque de l'eau de la Regideso sur les conditions socio-sanitaires des habitants de Kadutu.

Quatre hypothèses ont guidé notre étude à savoir:

- La première hypothèse était que la rareté de l'eau de la Regideso est à l'origine des maladies hydriques (cholera et fièvre typhoïde).
- La deuxième hypothèse montre que la rareté de l'eau de la Regideso est à l'origine des infections urinaires des filles et femmes.
- La troisième hypothèse montre l'exposition des filles et femmes au viol et violences.
- La quatrième hypothèse montre que la rareté de l'eau de la Regideso pousse les habitants de Kadutu à consommer l'eau des sources non aménagées.

Pour vérifier ces hypothèses, nous avons utilisé les méthodes analytique et descriptive.

Comme technique, nous avons utilisé la technique documentaire, le questionnaire d'enquête et la technique d'échantillonnage.

Le travail s'est articulé sur trois chapitres. Le premier chapitre a fait un aperçu général sur la rareté de ressource en eau, le chapitre deuxième a présenté la Société Regideso, le troisième chapitre quant à lui, a parlé de l'enquête, de l'analyse de données et de l'interprétation des résultats.

A l'issue de nos analyses, nous avons constaté ce qui suit:

- 21% de nos enquêtés ont confirmé que l'eau de leurs sources est à l'origine de la cholera,
- 48% de nos enquêtés ont confirmé que l'eau de leurs sources est à l'origine de la fièvre typhoïde
- 31% ont confirmé que l'eau de leurs sources est à l'origine des infections urinaires chez les femmes et filles.
- 79% de nos enquêtés ont confirmé que leurs sources ne sont ni aménagées ni protégées.
- 58% de nos enquêtés ont confirmé qu'ils sont exposés à la violence sexuelle et viol, en parcourant le long trajet, à la recherche de l'eau parfois la nuit.

La Regideso desservit ses abonnés à 49%. C'est un échec.

Tous ces résultats confirment nos hypothèses et nous poussent à dire que la rareté de l'eau de la Regideso à plusieurs conséquences sur les conditions socio-sanitaires de la population de Kadutu.

Nous ne prétendons pas épuiser la matière. De ce fait, nous lançons un appel aux autres chercheurs de nous compléter.

REFERENCES

- [1] GORDON, M. (2004), Guide d'élaboration d'un sujet de recherche en sciences Sociales, Bruxelles, De bock université.
- [2] GILLET, M. et al. (2010), Système d'informations des ressources humaines, Paris, Dunod.
- [3] PINTO, R. et al (1975), Méthodes des sciences sociales, Paris, 4^e Edition Dalloz.
- [4] TREILLET, S. (2011), L'économie du développement, Armand colin.
- [5] LAMOUREUX, A. (1992), Une démarche scientifique en sciences humaines, Laval, Etudes vivantes.
- [6] DUBREUIL, P. (2003), La science hydrologique du service des colonies à l'aide au développement: Essai historique, Paris, Ed. L'harmattan.
- [7] LETSU, A. (2005), La problématique de l'assainissement dans le pays du tiers monde: perspectives de remédiation, Accra, Ed. BIET.
- [8] DEPELTEAU, F. (2000), La démarche d'une recherche en sciences humaines, Bruxelles, De Boeck Université.
- [9] www.rdc-humanitaire.net consulté le 03/05/2018 à 13h.
- [10] www.energie-environnement.ch consulté le 2/02/2018 à 16h.
- [11] Ministère de l'écologie, développement durable et de l'énergie, 2015.
- [12] DSCR, RDC, 2008.
- [13] Rapport annuel INS, Bukavu, 2014.
- [14] Mairie de Bukavu, 2015.
- [15] Division de l'intérieur de la mairie de Bukavu, 2017.

