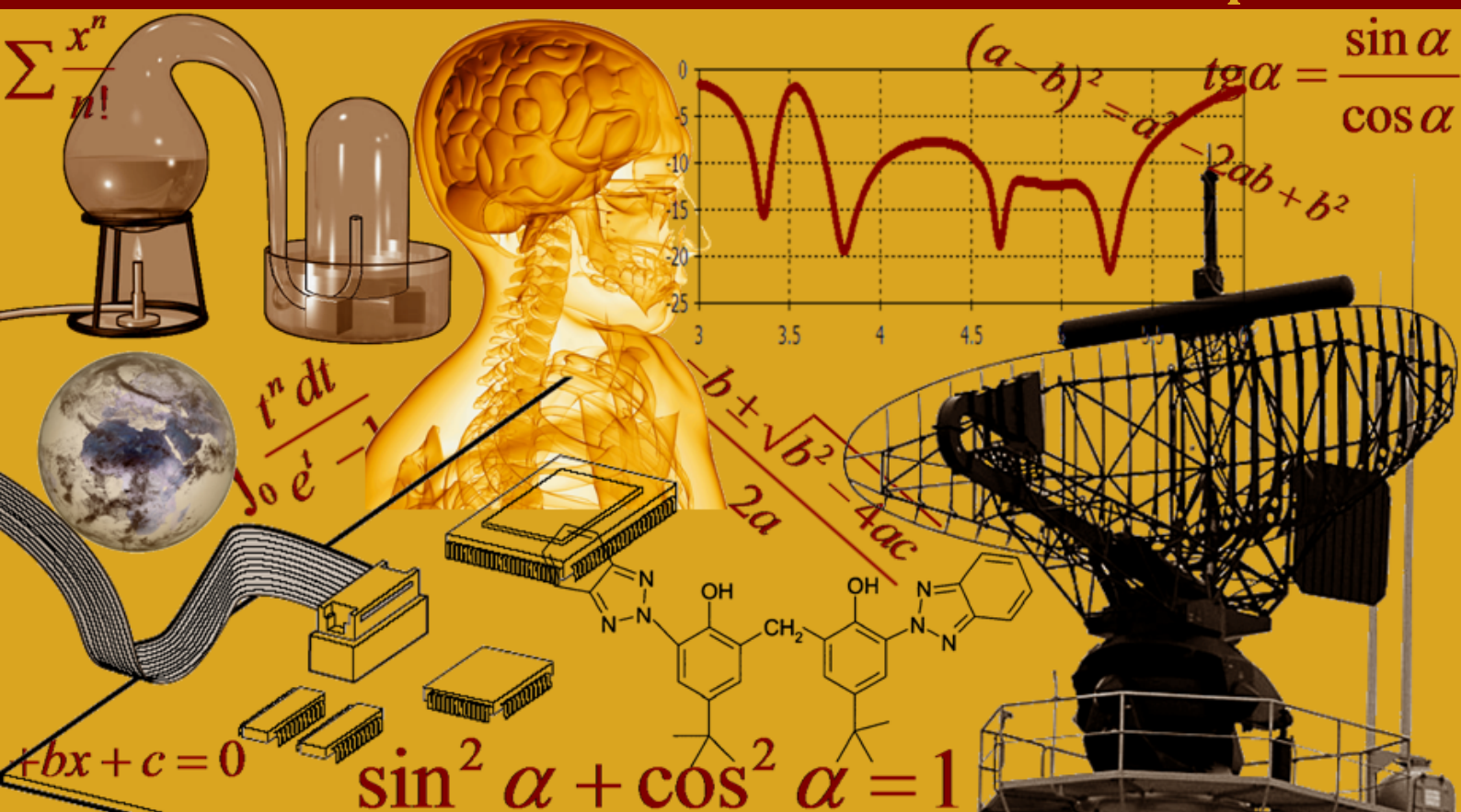


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 66 N. 1 April 2023



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

| | |
|--|---------|
| Profils biophysiques des fruits de l'anacardier (<i>Anacardium occidentale</i> L.) dans les zones de production au Centre, au Nord et à l'Est de la Côte d'Ivoire | 1-8 |
| <i>TRAORÉ Mohamed Sahabane, Coulibaly Lacina Fanlégué, Kouakou Kouakou Laurent, Bamba Dramane, and Abdoulaye Kossan Kader Pierre Modeste-Claver</i> | |
| Effet du tourteau de cajou sur les performances zootechniques des poulettes (ISA Brown) en phase croissance en Côte d'Ivoire | 9-24 |
| <i>Massé DIOMANDE, Ouattara Abdoulaye, Fofana Daouda, Adama OUATTARA, and Konate Ibrahim</i> | |
| Methods of attenuation for harmonics produced by variable speed drives used in a brewing company: Case of Bralima Kinshasa (RD Congo) | 25-33 |
| <i>Tangenyi Okito Marcien, Meni Babakidi Narcisse, and Kinyoka Kabalumuna God'El</i> | |
| Impact of harmonics on the power factor in an industrial network | 34-41 |
| <i>Tangenyi Okito Marcien, Meni Babakidi Narcisse, and Kinyoka Kabalumuna God'El</i> | |
| Enjeux et défis de couverture santé universelle en République Démocratique du Congo: Synthèse critique interprétative de la littérature | 42-56 |
| <i>Jean-Bosco Kahindo Mbeva, Mitangala Ndeba Prudence, Eric Tchouaket Nguemeleu, Mahamba Nzanzu, Levis Kahandukya Nyavanda, and Jean-Roger Syayipuma Kambere</i> | |
| Potentiel de la télédétection sur la cartographie des inondations de la haute vallée de la Medjerda | 57-67 |
| <i>Olfa HAJJI, Sahar ABIDI, Ahmed EZZINE, and Emna SILINI</i> | |
| Caractéristiques des écoles secondaires efficaces et leurs déterminants dans la ville de Kisangani | 68-79 |
| <i>ATALOKI SHAMBA S'arrive, N'SODI BIN DIYONGA Marc, KAMBA EYANGANUNGA Albert, UZINGA UNGO'Y Albertine, and Jean-Paul BELA Legono</i> | |
| Etude comparative des performances des bananiers et bananiers plantains du 3ème cycle cultivés dans les conditions des brûlis et non brûlis à Masako, Kisangani | 80-89 |
| <i>Okitangongo T'ese Patrick, Diongo Lowolo Raymond Albert, and Shako Okitambolo Marcel</i> | |
| Gestion et la dangerosité des déchets municipaux dans la ville de Likasi | 90-99 |
| <i>Lubenga Mpungu Serge and Diongo Lowolo Raymond Albert</i> | |
| « Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1 By Night » à Kara au Nord-Togo: Des espaces publics entre loisirs et sexe, quelles implications géographiques ? | 100-107 |
| <i>Agbeyadzi Kossi</i> | |
| Les NTIC face au développement de la communauté rurale: Cas de la cité de Katanda au Kasai Oriental | 108-112 |
| <i>Kalala Kabamba Marcel, Mutombo Muanabuta Félicien, Tuenda Mbombo José, and Mukendi Kadima Pierre</i> | |
| Les défenses à exécuter contre les ordonnances rendues par la juridiction présidentielle en contentieux d'exécution OHADA | 113-121 |
| <i>Pierre Malagano Kalongola Wa Maloani</i> | |
| Effet d'un traitement couplant la coagulation-floculation par la poudre des graines de <i>Moringa oleifera</i> Lam. et la filtration sur sable fin associé au charbon de bois sur la purification des eaux de la rivière Kalamu à Kinshasa | 122-131 |
| <i>Roger Kalonga Kalonga, Michel Mubiala Katala, and Daniel-Bienvenu Sifa Kwa Mungu</i> | |
| Etude diagnostic et amélioration du système de production d'un champignon aux vertus nutritionnelles reconnues, le <i>Pleurotus geesteranus</i> Singer (1961) | 132-143 |
| <i>KOUAME Adam Camille, OKA N'Zué Kouadio Christian, ADOU Marc, N'Dri Yao Denis, and Amani N'Guessan Georges</i> | |
| Variabilité pluviométrique et mise en valeur des bas-fonds dans le bassin versant de Gomba Haoussa (Sud-Zinder au Niger) | 144-149 |
| <i>Abdou Bagna Amadou</i> | |
| Typologie et distribution spatiale des prédateurs en culture de coton biologique au Bénin | 150-160 |
| <i>Saturnin Azonkpin, Chèpo Daniel Chougourou, Cocou Angelo Djihinto, H. Aimé Bokonon-Ganta, Esseh Léonard Ahoton, and Mansourou Mohamed Soumanou</i> | |
| Fonctionnement biologique des sols sous jachères de caféiers et cacaoyers dans le département de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) | 161-170 |

| | |
|--|---------|
| <i>Kacou Bony, Ferdinand Gohi Bi ZRO, and Martinez Arnauth Guéi</i> | |
| Variabilité des débits d'étiages « VCNd » dans un contexte climatique semi-aride: Cas du bassin versant de l'oued Srou, Haut Oum Er Rbi, Maroc | 171-184 |
| <i>Omar Ghadbane, Mohamed Chakir, Hassan Ouakhir, Jawad El Hawari, Aomar Achehboune, Othman Rahimi, Youness Bouhafa, and Mohamed El Ghachi</i> | |
| Les déterminants des normes sociales et des services d'appuis de l'esprit entrepreneurial des paysans ruraux en Afrique subsaharienne: Cas du Borgou au Bénin | 185-197 |
| <i>Adam Malla Issiou and Jacob Yabi</i> | |
| Le partage de la valeur ajoutée entre capital et travail | 198-206 |
| <i>Nabaoui Ahmed</i> | |
| Évaluation de la contamination en Élément Trace Métallique (Cuivre) dans l'eau et le Clarias gariepinus pêché dans le Pool Malebo: Cas des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa | 207-224 |
| <i>Mabaya Ndemba Ghyslain and Kalala Bolokango Gaétan</i> | |
| The Importance of Role-Playing Activities in Developing Students' Speaking Competence | 225-230 |
| <i>Abdessallam Khamouja, Mohamed Benmhamed, and Aziz El Ghouati</i> | |
| Evaluer l'oral au lycée marocain: S'agit-il d'un agir normé ? | 231-247 |
| <i>Mohamed Marouani</i> | |
| Contribution à la caractérisation mécanique des barres d'acier à haute adhérence recyclées au Rwanda et en Turquie à partir de la ferraille collectée à Goma et utilisées dans les constructions à Goma, Nord Kivu en République Démocratique du Congo (RDC) | 248-255 |
| <i>MUGANZA MUHEMBWA David, Amadou MOUNDOM, BISIMWA MUSHAGALUSA Sem, KOKO KATUMBI Pascal, Patient KUBUYA BINWA, KAMBALE MAGHAVIRO Jacques, François NGAPGUE, and Thomas TAMO TATIETSE</i> | |
| Implementation of an electronic system for the detection of non-technical losses in electrical power distribution systems | 256-263 |
| <i>Nimi Malonda Gauthier, Meni Babakidi Narcisse, Lidinga Mobonda Flory, CIMBELA KABONGO JOSEPH, and Pasi Bengi Masata André</i> | |

Profils biophysiques des fruits de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) dans les zones de production au Centre, au Nord et à l'Est de la Côte d'Ivoire

[Biophysical profiles of cashew (*Anacardium occidentale* L.) fruits in production areas in the Centre, North and East of Côte d'Ivoire]

Traoré Mohamed Sahabane¹, Coulibaly Lacina Fanlégué¹, Kouakou Kouakou Laurent², Bamba Dramane¹, and Abdoulaye Kossan Kader Pierre Modeste-Claver¹

¹UFR des Sciences Biologiques, Département de Biologie Végétale, Université Peleforo GON COULIBALY, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

²UFR des Sciences Naturelles, Département de Production Végétale, Université Nangui ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study aimed to establish a database that would allow the calibration of mechanisation tools for cashew nut collection in Côte d'Ivoire. It was conducted in three production areas: Toumodi (centre), Korhogo (north) and Bouna (east). In each of these localities, a representative plot of cashew orchards was selected, with 30 trees chosen for the biophysical fruit data survey. The results showed that the fruits are morphologically different from one locality to another for both nuts and apples. In Toumodi, the physical characteristics of the nuts and apples were more important than in the other two localities. In Korhogo, the fruits were distinguished by small nuts and in Bouna, the cashew produced had characteristics that are globally intermediate between those of the first two localities. Furthermore, the firmness of the apples dropped by half in three days at each of the study sites, indicating their vulnerability to external factors. However, Korhogo apples remained the firmest.

KEYWORDS: *Anacardium Occidentale* L, fruit, biophysical profiles, harvesting mechanisation, firmness.

RESUME: Le présent travail visait à constituer une base de données qui permettrait un calibrage des outils de mécanisation du ramassage de l'anacarde en Côte d'Ivoire. Il a été conduit dans trois zones de production: Toumodi (centre), Korhogo (Nord) et Bouna (Est). Dans chacune de ces localités, une parcelle représentative des vergers d'anacardiens a été sélectionnée, avec 30 arbres retenus pour le relevé des données biophysiques des fruits. Les résultats ont montré que les fruits sont morphologiquement différents d'une localité à une autre aussi bien au niveau des noix que des pommes. À Toumodi, les caractéristiques physiques des noix et des pommes ont été plus importantes que celles des deux autres localités. À Korhogo, les fruits se sont distingués par des noix de petite taille et à Bouna, l'anacarde produit, a eu des caractéristiques qui sont globalement intermédiaires entre celles des deux premières localités. Par ailleurs, la fermeté des pommes a chuté de moitié en trois jours, dans chacun des sites d'étude, témoignant de leur vulnérabilité aux facteurs extérieurs. Toutefois, les pommes de Korhogo ont demeuré les plus fermes.

MOT-CLEFS: *Anacardium Occidentale* L., fruits, profils biophysiques, mécanisation du ramassage, fermeté.

1 INTRODUCTION

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est une plante tropicale ([1], [2]), dont la culture occupe dans le monde environ 7,5 millions d'hectares, répartis dans 32 pays [3]. C'est une culture de rente en plein essor qui représente pour l'Afrique une grande opportunité d'exportation de ses noix [4]. Son fruit, le cajou, a de nombreuses utilisations, notamment dans les domaines de l'industrie automobile, le cosmétique, l'agroalimentaire et la médecine ([5], [6]). De ce fait, la culture de l'anacardier contribue au développement socio-économique de plusieurs pays du monde dont la Côte d'Ivoire [6]. En effet, grâce au regain d'intérêt de certains pays africains pour cette culture, la production mondiale de noix de cajou est passée en 2015 de 3 394 723 t à 4 180 990 t en 2020, soit une augmentation de 18,80 %. En Afrique, elle a progressé d'environ 27 %, en passant de 1 781 213 t à 2 440 286 t [7].

En Côte d'Ivoire, l'anacardier, de par ses caractéristiques intrinsèques de développement, de résistance et économiques, est devenu en 2010, le troisième produit agricole d'exportation, après le cacao et le caoutchouc [8]. La production nationale est ainsi passée de 703 000 t en 2015 à 848 700 t en 2020, faisant de la Côte d'Ivoire, le premier pays producteur et exportateur mondial de cette denrée [7]. Nonobstant, le rendement des vergers ivoiriens, compris entre 0,35 t et 0,5 t/ha, demeure toujours faible [9], comparativement à ceux de l'Inde et du Brésil qui sont de l'ordre de 1 à 5 t/ha [10]. Ce faible niveau de productivité des vergers ivoiriens pourrait être dû, entre autres facteurs, aux méthodes de récolte et post-récolte inadéquates [11]. En effet, la récolte de l'anacarde r encore entièrement manuelle si bien que les pertes de rendement liées aux noix non ramassées sont importantes. Elles sont de l'ordre de 30-40 % pour les plantations de moyennes et grandes superficies. Aussi, cette pratique affecte significativement l'état physique et sanitaire des producteurs ([12], [13]). La mécanisation ou la modernisation de la récolte s'avère alors l'une des solutions pour réduire ces externalités négatives [14].

La présente étude, a pour objectif général, d'établir les profils biophysiques des fruits de cajou des principales zones de production de la Côte d'Ivoire (Nord, centre et Est) afin de fournir une base de données pour le calibrage des outils de mécanisation. Il s'agira spécifiquement, au niveau des différents vergers d'anacardiers, d'établir les profils physiques (noix et pommes) et biologiques (pommes) des fruits récoltés.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Trois zones d'étude ont été retenues. Il s'agit de Toumodi, Korhogo et Bouna, représentant respectivement les zones écologiques de production de l'anacarde du centre, du Nord et de l'Est de la Côte d'Ivoire.

2.2 MATÉRIEL

Le matériel végétal utilisé dans cette étude a été constitué des anacardiers (*Anacardium occidentale* L.) des vergers des zones écologiques prospectées.

Pour le matériel technique, un pied à coulisse et un pénétromètre ont permis d'effectuer les mesures biophysiques. Aussi, des cordes et des piquets ont servi respectivement pour le marquage des pieds d'anacardier et la délimitation de la zone d'échantillonnage.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 MISE EN PLACE DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'étude a porté sur douze (12) plantations d'anacardiers en production, réparties dans les trois (3) zones écologiques à raison de quatre (4) plantations par zone. Une parcelle sur les quatre sélectionnées a été retenue en tenant compte non seulement de l'accessibilité, la disponibilité des fruits, l'état sanitaire, le niveau d'entretien, et le respect des écartements de plantation (10 m X 10 m) entre les pieds. Dans chaque parcelle retenue, une (1) sous-parcelle composée de trente (30) arbres a été délimitée, ce qui correspond à environ 0,3 ha d'un verger planté à la densité recommandée (100 arbres par hectare). Dans la sous-parcelle, le ramassage des fruits a été effectué de façon hebdomadaire et les paramètres biophysiques des fruits ont été évalués. Cette évaluation a porté sur les mêmes fruits, au nombre de six (6) par arbre, soit un total de 180 fruits utilisés.

2.3.2 PARAMÈTRES ÉVALUÉS

Les paramètres évalués concernent le profil biophysique des pommes et des noix des différents morphotypes du verger anacardier ivoirien. Ces données seront utiles pour le formatage physico-mécanique des pièces maîtresses permettant d'améliorer l'efficacité des équipements à mettre au point. Les mesures ont porté essentiellement sur la forme et la taille des pommes et des noix, de même que sur la fermeté des pommes. Ainsi, les dimensions des pommes et des noix de cajou, ont été évaluées, à travers leur diamètre et leur longueur. Les diamètres ont été mesurés à la fois, à la base et au sommet des organes, à l'aide d'un pied à coulisse. La fermeté des pommes a été évaluée à l'aide d'un pénétromètre sur les mêmes pommes pendant trois (3) jours successifs.

2.3.3 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les données des différents paramètres ont été traitées à l'aide du logiciel Excel pour construire des matrices. Par la suite, un test de normalité a été effectué pour vérifier la distribution des variables. En cas, de distribution anormale, les données ont subi une transformation racine carrée. Ensuite, une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel SAS, a été effectuée pour déterminer les valeurs moyennes des différents paramètres et d'éventuelles différences entre celles-ci. Le niveau de signification entre les moyennes a été estimé par le test de Newman Keuls au seuil de 5 %. Pour déterminer et visualiser les corrélations entre ces paramètres d'une part et entre les paramètres et les

différentes localités, d'autre part, le logiciel XLSTAT version 2014.5.03, a été utilisée pour effectuer une analyse en composantes principales (ACP).

3 RÉSULTATS

3.1 PROFIL PHYSIQUE DES FRUITS

3.1.1 ANALYSE DESCRIPTIVE DES RÉSULTATS PAR LOCALITÉ

L'analyse des paramètres physiques étudiés a révélé que les valeurs moyennes de ces variables ont été différentes ($P < 0,05$) au niveau des arbres observés (Tableaux 1, 2 et 3).

3.1.1.1 TOUMODI

Les résultats des paramètres physiques de l'anacarde dans la localité de Toumodi, sont présentés dans le tableau 1. Ces résultats ont montré que les noix récoltées, ont une longueur moyenne (LongN) de 3,66 cm avec un minimum de 2,16 et un maximum de 4,18 cm. Les diamètres moyens, des parties basales des noix (DNb), ont été compris entre 1,21 cm et 2,5 cm, avec une valeur moyenne générale de 1,95 cm. Le diamètre moyen des sommets des noix (DNh) a été de 2,58 cm, avec des valeurs minimale et maximale respectives de 2,02 cm et 3,11 cm. Au niveau des pommes, les longueurs (LongP) ont varié entre 4,63 cm et 10,12 cm, avec une valeur moyenne de 7,57 cm. Le diamètre moyen des sommets de ces pommes a été de 4,61 cm avec une valeur minimale de 2,86 cm, et maximale de 5,41 cm. Les diamètres à la base des pommes quant à eux, ont varié de 2,14 à 4,14 cm, avec une valeur moyenne de 3,23 cm.

Tableau 1. Valeurs moyennes des paramètres physiques des fruits de la localité de Toumodi

| Variables | Moy. | Mini. | Maxi. | Ec-type | CV | F | p |
|------------|------|-------|-------|---------|------|--------|--------|
| DNb (cm) | 1,95 | 1,21 | 2,50 | 0,30 | 5,07 | 50,01 | <.0001 |
| DNh (cm) | 2,58 | 2,02 | 3,11 | 0,22 | 2,32 | 81,56 | <.0001 |
| LongN (cm) | 3,66 | 2,16 | 4,18 | 0,34 | 2,49 | 81,31 | <.0001 |
| DPb (cm) | 3,23 | 2,14 | 4,14 | 0,57 | 4,04 | 110,76 | <.0001 |
| DPh (cm) | 4,61 | 2,86 | 5,61 | 0,62 | 3,14 | 107,54 | <.0001 |
| LongP (cm) | 7,57 | 4,63 | 10,12 | 1,43 | 1,77 | 690,66 | <.0001 |

DNb: diamètre à la base de la noix; DNh: diamètre au sommet de la noix; LongN: longueur de la noix; DPb: diamètre à la base de la pomme; DPh: diamètre au sommet de la pomme; LongP: longueur de la pomme; Moy: moyenne; Mini: minimum; Maxi: maximum; Ec-type: écart - type

3.1.1.2 KORHOGO

Dans la localité de Korhogo (Tableau 2), les noix ont eu une longueur moyenne de 2,9 cm. La valeur minimale de la longueur des noix a été de 2,26 cm et, la plus élevée de 4,06 cm. Les diamètres, au niveau de la base de ces noix ont été compris entre 1,01 cm et 3,4 cm avec une moyenne de 1,29 cm. Au sommet, la valeur moyenne a été de 1,75 cm et les diamètres ont varié de 1,42 à 2,09 cm. Au niveau des pommes cajou, leur longueur moyenne a été de 4,86 cm, avec des valeurs minimale et maximale respectives de 3,39 cm et 7,38 cm. Leurs diamètres moyens ont été de 5,08 cm, au niveau de la base, et de 3,94 cm, au niveau du sommet. Les diamètres à la base des pommes ont varié de 3,85 à 6,59 mm, alors qu'aux sommets de celles-ci, ils ont été compris entre 2,51 cm et 5,36 cm.

Tableau 2. Valeurs moyennes des paramètres physiques des fruits de la localité de Korhogo

| Variables | Moy. | Mini. | Maxi. | Ec-type | CV | F | p |
|------------|------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|
| DNb (cm) | 1,29 | 1,01 | 3,40 | 0,19 | 12,76 | 3,43 | <.0001 |
| DNh (cm) | 1,75 | 1,42 | 2,09 | 0,11 | 4,16 | 10,08 | <.0001 |
| LongN (cm) | 2,90 | 2,26 | 4,06 | 0,31 | 4,52 | 28,75 | <.0001 |
| DPb (cm) | 5,08 | 3,85 | 6,59 | 0,56 | 5,43 | 20,48 | <.0001 |
| DPh (cm) | 3,94 | 2,51 | 5,36 | 0,53 | 5,20 | 36,72 | <.0001 |
| LongP (cm) | 4,86 | 3,39 | 7,38 | 0,82 | 4,62 | 77,18 | <.0001 |

DNb: diamètre à la base de la noix; DNh: diamètre au sommet de la noix; LongN: longueur de la noix; DPb: diamètre à la base de la pomme; DPh: diamètre au sommet de la pomme; LongP: longueur de la pomme; Moy: moyenne; Mini: minimum; Maxi: maximum; Ec-type: écart - type

3.1.1.3 BOUNA

Les valeurs des paramètres physiques des noix et des pommes cajou évalués dans la localité de Bouna, sont consignées dans le tableau 3. Les noix récoltées ont été caractérisées par des longueurs variant entre 2,4 cm et 4 cm. Leur longueur moyenne a été de 3,24 cm, tandis que celle des pommes a été 4,75 cm. Les diamètres moyens, au sommet des noix, ont varié de 1,99 à 2,82 cm, alors que ceux de la base ont été compris entre 1,33 cm et 2,31 cm. Mais, les valeurs moyennes de ces diamètres ont été de 2,28 cm, au sommet et de 1,74 cm, à la base. Concernant les pommes, leurs longueurs ont été comprises entre 2,94 cm et 6,61 cm. Les diamètres, de leur partie basale ont oscillé entre 2,05 cm et 5,86 cm, avec une valeur moyenne de 3,25 cm. Ceux obtenus, au niveau de la partie sommitale de l'organe, ont été en moyenne de 3,99 cm, avec des valeurs minimale et maximale respectives de 2,62 cm et 5,53 cm.

Tableau 3. Valeurs moyennes des paramètres physiques des fruits de la localité de Bouna

| Variables | Moy. | Mini. | Maxi. | Ec-type | CV | F | p |
|------------|------|-------|-------|---------|------|-------|--------|
| DNb (cm) | 1,74 | 1,33 | 2,31 | 0,16 | 4,12 | 27,05 | <.0001 |
| DNh (cm) | 2,28 | 1,99 | 2,82 | 0,19 | 4,28 | 18,83 | <.0001 |
| LongN (cm) | 3,24 | 2,40 | 4,00 | 0,29 | 4,12 | 24,08 | <.0001 |
| DPb (cm) | 3,25 | 2,05 | 5,86 | 0,65 | 9,98 | 19,72 | <.0001 |
| DPH (cm) | 3,99 | 2,62 | 5,53 | 0,68 | 4,71 | 74,07 | <.0001 |
| LongP (cm) | 4,75 | 2,94 | 6,61 | 0,85 | 7,04 | 35 | <.0001 |

DNb: diamètre à la base de la noix; DNh: diamètre au sommet de la noix; LongN: longueur de la noix; DPb: diamètre à la base de la pomme; DPh: diamètre au sommet de la pomme; LongP: longueur de la pomme; Moy: moyenne; Mini: minimum; Maxi: maximum; Ec-type: écart – type

3.1.2 COMPARAISON DES VALEURS DES PARAMÈTRES PHYSIQUES DES TROIS LOCALITÉS

Les valeurs des paramètres physiques des fruits des trois localités d'étude sont présentées le tableau 4. L'analyse de variance a montré qu'il existe des différences significatives ($P < 0,001$) entre les localités, au regard des valeurs des paramètres physiques, excepté les diamètres au sommet des noix ($P < 0,838$).

L'examen de ces résultats a révélé que l'anacarde produit, dans la zone de Toumodi, est caractérisé par des noix dont la longueur (3,66 cm) et le diamètre à la base (1,95 cm) sont plus importants, comparativement aux deux autres localités d'étude. Les pommes de cette localité ont eu également une longueur (7,56 cm) et un diamètre au sommet (4,61 cm) plus importants. Dans la localité de Korhogo, il est ressorti que, l'anacarde s'est distingué par des noix de petite taille (2,9 cm), avec également de faible diamètre à la base (1,29 cm). En ce qui concerne la troisième localité d'étude (Bouna), l'anacarde qui y est produit, a des caractéristiques qui sont globalement intermédiaires entre celles des deux premières localités.

Tableau 4. Comparaison des valeurs moyennes des paramètres physiques des fruits des trois localités d'étude

| Localités | DNb (cm) | DNh (cm) | LongN (cm) | DPb (cm) | DPh (cm) | LongP (cm) |
|-----------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|
| Bouna | 1,74b | 2,28a | 3,23b | 3,25b | 3,99b | 4,75b |
| Korhogo | 1,29c | 2,77a | 2,90c | 5,08a | 3,93b | 4,85b |
| Toumodi | 1,95a | 2,57a | 3,66a | 3,23b | 4,61a | 756a |
| p | <0,0001 | 0,8381 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |

Dans une même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (SNK, 5%); DNb: diamètre à la base de la noix; DNh: diamètre au sommet de la noix; LongN: longueur de la noix; DPb: diamètre à la base de la pomme; DPh: diamètre au sommet de la pomme; LongP: longueur de la pomme; FermP: fermeté des pommes; Pertes: taux de perte de production de noix.

3.2 FERMETÉ DES FRUITS

3.2.1 ANALYSE DESCRIPTIVE PAR LOCALITÉ ET COMPARAISON DES VALEURS MOYENNES DE LA FERMETÉ DES FRUITS DES TROIS LOCALITÉS

Les résultats de l'analyse descriptive de la fermeté des fruits étudiés par localité (Tableau 5), ont montré qu'il existe des différences significatives entre les fermetés des différents fruits au sein d'une même localité ($p < 0,05$). À Bouna, la fermeté évaluée sur les pommes récoltées a été en moyenne de 0,69 N, avec des valeurs minimale et maximale qui ont respectivement été de 0,15 N et de 1,84 N. Dans la localité de Korhogo, elle a été en moyenne de l'ordre de 9,68 N pour des valeurs oscillant 3,65 N et 17,4 N. Le niveau de fermeté des pommes à Toumodi, a été situé entre 0,62 N et 3,55 N pour une valeur moyenne de l'ordre de 1,42 N. Cependant, les pommes de la localité de Korhogo ont les plus fermes (9,68 N; Tableau 6).

Tableau 5. Valeurs moyennes de fermeté des fruits des trois localités

| Localités | Variables | Moy. | Mini. | Maxi. | Ec-type | CV | F | p |
|-----------|-----------|------|-------|-------|---------|-------|------|---------|
| Bouna | Ferm (N) | 0,69 | 0,15 | 1,84 | 0,36 | 13,09 | 3,01 | <0,0001 |
| Korhogo | Ferm (N) | 9,68 | 3,65 | 17,40 | 2,89 | 13,79 | 1,83 | 0,01 |
| Toumodi | Ferm (N) | 1,42 | 0,62 | 3,55 | 0,81 | 19,2 | 1,6 | 0,04 |

Fermeté des pommes; Moy: moyenne; Mini: minimum; Maxi: maximum; Ec-type: écart - type

Tableau 6. Comparaison des valeurs moyennes de fermeté des fruits des trois localités

| Localités | Fermeté (N) |
|-----------|-------------|
| Bouna | 0,69 c |
| Korhogo | 9,68 a |
| Toumodi | 1,42 b |
| p | <0,0001 |

Les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Newman Keuls.

3.2.2 ÉVOLUTION LA FERMETÉ DES FRUITS DES TROIS LOCALITÉS

La fermeté des pommes de cajou a chuté de moitié en trois jours dans toutes les localités (Figure 1). À Korhogo, elle a régressé de 12,75 N à 6,72 N. À Toumodi et à Bouna, elle est passée respectivement de 2,23 N à 0,75 N et de 0,98 N à 0,466 N.

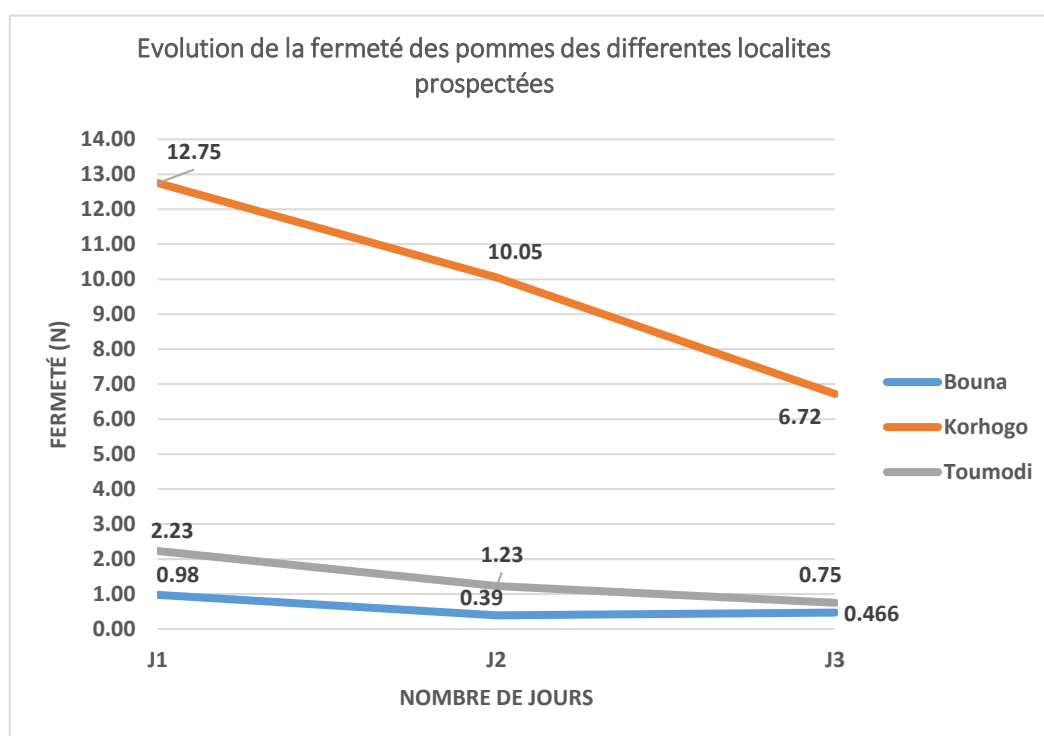


Fig. 1. Évolution de la fermeté des pommes des localités prospectées selon le temps

3.3 RELATIONS ENTRE VARIABLES ÉTUDIÉES ET LES SITES D'ÉTUDE

À partir de leurs coordonnées (Tableaux 7, 8 et 9), la projection des variables et des localités dans un plan biplot (Figure 2), a permis d'établir un lien entre les paramètres étudiés et les sites d'étude. Les fruits récoltés dans la localité de Korhogo ont présenté une meilleure fermeté et les plus grands diamètres à la base des pommes (DPb) et au sommet des noix (DNh). Ceux de Toumodi ont enregistré, les meilleures longueurs de pomme et de noix, avec également des diamètres importants au sommet des pommes.

Tableau 7. Corrélations entre les variables et les facteurs

| Variables | F1 | F2 |
|-----------|-------|-------|
| DNb | 1,00 | -0,04 |
| DNh | -0,55 | 0,83 |
| LongN | 0,97 | 0,24 |
| DPb | -0,94 | 0,34 |
| DPh | 0,82 | 0,57 |
| LongP | 0,77 | 0,64 |
| Ferm | -0,91 | 0,42 |

DNb: diamètre à la base de la noix; DNh: diamètre au sommet de la noix; LongN: longueur de la noix; DPb: diamètre à la base de la pomme; DPh: diamètre au sommet de la pomme; LongP: longueur de la pomme; FermP: fermeté des pommes.

Tableau 8. Cosinus carré des variables

| Variables | F1 | F2 |
|-----------|------|------|
| DNb | 1,00 | 0,00 |
| DNh | 0,31 | 0,69 |
| LongN | 0,94 | 0,06 |
| DPb | 0,89 | 0,11 |
| DPh | 0,67 | 0,33 |
| LongP | 0,59 | 0,41 |
| Ferm | 0,83 | 0,17 |

Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand; DNb: diamètre à la base de la noix; DNh: diamètre au sommet de la noix; LongN: longueur de la noix; DPb: diamètre à la base de la pomme; DPh: diamètre au sommet de la pomme; LongP: longueur de la pomme; FermP: fermeté des pommes.

Tableau 9. Cosinus carré des observations

| Localités | F1 | F2 |
|-----------|------|------|
| Bouna | 0,08 | 0,92 |
| Korhogo | 0,96 | 0,04 |
| Toumodi | 0,81 | 0,19 |

Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand

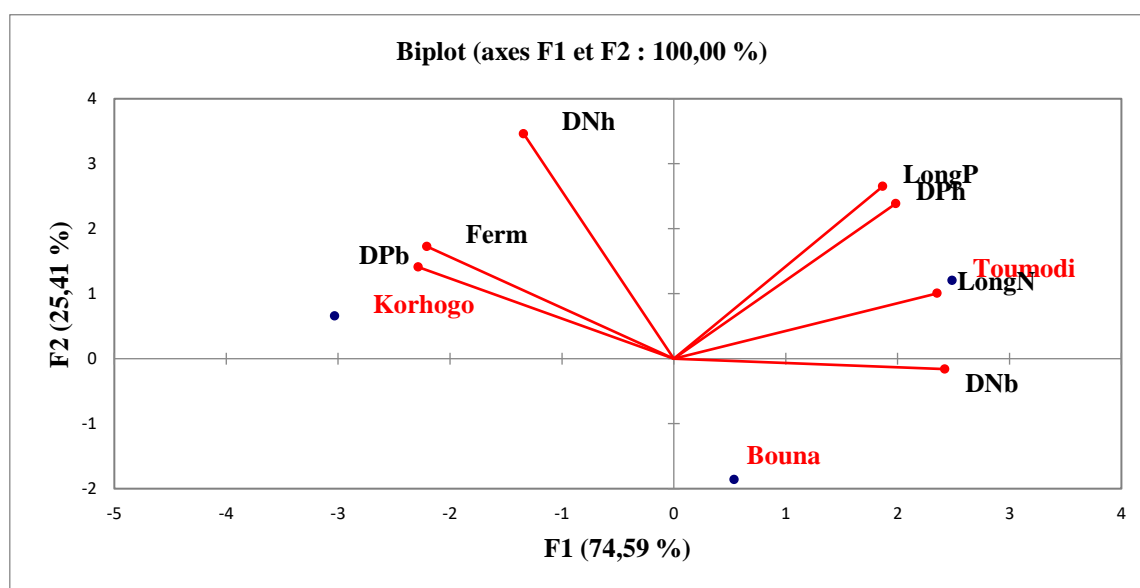


Fig. 2. Représentation des localités et des variables dans le plan biplot selon les axes F1 et F2

4 DISCUSSION

Notre étude avait pour but de poser les bases de la mécanisation de la récolte des fruits d'anacardiers en Côte d'Ivoire, à savoir: établir les profils biophysiques de ces fruits pour un calibrage adéquat des outils ou machines. Ainsi, les résultats de nos travaux ont montré que qu'il existe des différences significatives entre les paramètres physiques des fruits des trois localités d'étude, exceptés les diamètres au sommet des noix. Dans la zone de Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire), les noix ont été caractérisées par une longueur et un diamètre à la base plus importants, comparativement aux deux autres localités d'étude (zones Nord et Est). Il en a été de même pour les pommes au niveau de la longueur et du diamètre au sommet. Dans la localité de Korhogo (zone Nord), les noix de cajou ont été de petite taille, avec également un diamètre plus réduit à la base. En ce qui concerne la troisième localité d'étude (Bouna, zone Est), l'anacarde qui y est produit, a des caractéristiques qui sont globalement intermédiaires entre celles de Toumodi et de Korhogo. Cette différence observée au niveau des caractéristiques physiques des fruits pourrait être due au fait que les producteurs s'adonnent à des échanges et à l'utilisation de semences de façon incontrôlée, sans des conseils techniques au préalable ([15], [16]). Par ailleurs, des études menées par [17], dans la commune de Parakou (Bénin), ont montré que les caractéristiques du fruit pourraient varier selon d'autres caractères telle que la couleur de la pomme.

En ce qui concerne la fermeté de la pomme, des différences significatives ont été observées non seulement entre les fruits des différentes localités, mais aussi, au sein d'une même localité. Elle s'est dégradée de moitié en trois jours, après l'abscission des fruits. Cette dégradation rapide pourrait être due au fait que la pomme de cajou (faux-fruit) est un fruit non climatérique qui est caractérisé par une intensité respiratoire particulièrement élevée, supérieure à la plupart des fruits tropicaux. De plus, sa forte teneur en eau et son pH voisin de 4,2 sont assez favorables à la croissance microbienne. La détérioration de la qualité du produit est très rapide du fait de ses caractéristiques physiologiques. À cause de leur grande fragilité, les pommes de cajou doivent être récoltées immédiatement après l'abscission ou bien être cueillies à la main [18].

5 CONCLUSION

Les résultats de nos travaux dans le but d'établir le profil biophysique des fruits de l'anacardier dans les trois (3) zones écologiques de production, a montré que les fruits sont morphologiquement différents d'une localité à une autre.

À Toumodi (au Centre), les noix récoltées, ont une longueur moyenne (LongN) de 3,66 cm. Les diamètres moyens des parties basales et du sommet des noix sont respectivement de 1,95 cm et de 2,58 cm. Au niveau des pommes, les longueurs (LongP) sont en moyenne de 7,57 cm. Le diamètre haut moyen de ces pommes est de 4,61 cm celui à la base est de 3,23 cm.

Dans la localité de Korhogo (zone Nord), les noix ont une longueur moyenne de 2,9 cm, Le diamètre moyen, au niveau de la base de ces noix est de 1,29 cm et au sommet, de 1,75 cm. Au niveau des pommes, la longueur moyenne est de 4,86 cm, avec des diamètres moyens de 5,08 cm, au niveau de la base, et de 3,94 cm, au niveau du sommet.

Dans la zone Est de production d'anacarde (Bouna), les noix récoltées sont caractérisées par une longueur moyenne de 3,24 cm, tandis que celle des pommes a été 4,75 cm. Les diamètres moyens, au sommet et à la base des noix, sont de 2,28 cm et de 1,74 cm respectivement. Concernant le diamètre moyen, dans leur partie basale est de 3,25 cm et au niveau de la partie sommitale de l'organe, de 3,99 cm.

Des différences significatives ont également été enregistrées entre les fermetés des fruits par localité. Les pommes de la localité de Korhogo sont les plus fermes (9,68 N). À Bouna, la fermeté évaluée sur les pommes récoltées a été en moyenne avec 0,69 N. Dans la localité de Korhogo, elle a été en moyenne de l'ordre de 9,68 N. Le niveau de fermeté des pommes à Toumodi, est de l'ordre de 1,42 N. Aussi, cette fermeté des pommes de cajou chute de moitié en trois jours dans toutes les localités. À Korhogo, elle a régressé de 12,75 N à 6,72 N. À Toumodi et à Bouna, elle est passée respectivement de 2,23 N à 0,75 N et de 0,98 N à 0,466 N. L'analyse de cette fermeté de la pomme nous permet de réaliser que la pomme est très vulnérable aux facteurs extérieurs. De ce fait, pour un projet de mécanisation de ramassage ou valorisation de la pomme de cajou, il faut planifier un calendrier de ramassage sur un bref délai car sa rigidité pourrait faciliter sa capture par des machines de ramassage.

Les fruits récoltés dans la localité de Korhogo ont présenté une meilleure fermeté et les plus grands diamètres à la base des pommes (DPb) et au sommet des noix (DNh). Ceux de Toumodi ont enregistré, les meilleures longueurs de pomme et de noix, de même qu'un diamètre important au sommet des pommes.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions, à travers cette étude, adresser nos remerciements à tous les acteurs du programme national de recherche sur l'anacarde (PNRA), notamment ceux du projet de mécanisation des opérations de ramassage de la production de l'anacarde en Côte d'Ivoire (RAMECA).

REFERENCES

- [1] M. Abdul-Salam, N. Mohaoakumaran et P. P. Balasubramanian, «Cashew Cultivation-Science & Techniques», Directorate of Cashew & Cocoa Développement, *Cochin, Kerala, India*, 60 p, 1999.
- [2] C. D. Benido, «Analyse des déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de production de l'anacarde au Burkina Faso», *Mémoire de master de l'université de Laval (Canada)*, 93 p, 2017.
- [3] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, « Base des données de la FAO 2002», <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC> (novembre 2020).
- [4] E. S. Dedehou, J. Dossou et M. M. Soumanou, « Étude diagnostique des technologies de transformation de la pomme de cajou en jus au Bénin», *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (1): 371387, 2015.
- [5] C. Agboton, A. Onzo, F. Ouessou, G. Goergen, S. Vidal et M. Tamo, «Insect Fauna.
- [6] Associated with *Anacardium occidentale* (Sapindales: Anacardiaceae) in Benin, West Africa», *Journal of Insect Science*, 14: 229, DOI: 10.1093/jisesa/ieu 091, 2014.
- [7] H. Yougouda, D. Adoum, N. K. Orliane, M. N. Claudette, D. K. A. Jean-Marie et M. Pierre-Marie, «Effet du poids de noix et de la dose d'engrais sur la germination et la croissance de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae) dans la savane guinéenne du Cameroun», *Afrique Sciences* 15 (5): 302-312, 2019.
- [8] FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC> (novembre 2020).
- [9] M. Koné, «Analyse de la chaîne de valeur du secteur anacarde de la Côte d'Ivoire», *Initiative du Cajou Africain*, 76 p, 2010.
- [10] A. J-B. Djaha, A. K. N'Guessan, C. K. Ballo et S. Aké, «Germination des semences de deux variétés d'anacardiers (*Anacardium occidentale* L.) élites destinées à servir de porte-greffe en Côte d'Ivoire», *Journal of Applied Biosciences*, pp: 1995-2001, 2010.
- [11] FIRCA, «Atelier d'élaboration du programme national sur la recherche de l'anacardier», CNRA 2016-2026, 7p, 2016.
- [12] MINADER, «Plan de gestion des pestes et pesticides (pgpp) du projet d'appui à la compétitivité de la chaîne de valeur de l'anacarde en côte d'ivoire», *Projet d'appui au Secteur Agricole en Côte d'Ivoire*, 7 p, 2016.
- [13] M. Mlotech, L. Kuta, R. Stopa et P. Komarnichi, «The effect of manual harvesting of fruit on the health of workers and the quality of obtained produce», *Procedia Manufacturing*, 3: 1712 -1719, 2015.
- [14] R. K. K. Wibowo et P. Soni, «Farmers injuries, discomfort and its use in design of agricultural hand tools: a case study from cast Java, Indonesia», *Procedia Manufacturing*, 9: 323 -327, 2016.
- [15] P. Bhandari et D. Ghimire, «Rural Agricultural Change and Individual Out-migration», *Rural Sociology*, 81 (4): 572-600, 2016.
- [16] E. J. Lacroix, «Les anacardiers, les noix de cajou et la filière anacarde à Bassila et au Bénin, République du Bénin», *Projet Restauration des Ressources Forestières de Bassila, GFA terra Système*, 75 p. 2003.
- [17] A. J-B. Djaha, H. A. N'da., K. E. Koffi, A. N. Adopo et S. Aké, «Diversité morphologique des accessions d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) introduits en Côte d'Ivoire», *Revue Ivoirienne des Science et Technologie*, 23, 244-258, 2014.
- [18] N. W. Zoumarou, A. B. Moussa, Y. J. A. Arcadius, B. K. Cyrille, «Caractérisation morphologique d'une collection de fruits d'anacardier provenant de la commune de Parakou (Bénin)», *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (6): 2413-2422, 2016.
- [19] E. Lautié, M. Dornier, F. De Souza et M. Reynes, «Les produits de l'anacardier: Caractéristiques, voies de valorisation et marchés», *Fruits*, 56: 235-248, 2001.

Effet du tourteau de cajou sur les performances zootechniques des poulettes (ISA Brown) en phase croissance en Côte d'Ivoire

[Effect of cashew meal on the zootechnical performance of growing pullets (ISA Brown) in Côte d'Ivoire]

Diomande Massé¹, Ouattara Abdoulaye¹, Fofana Daouda¹, Ouattara Adama², and Konate Ibrahim¹

¹Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie et Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

²Soil Microbiologist, Plant Pathologist in Rice Program, Research Associate in National Center for Agricultural Research (CNRA), Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Côte d'Ivoire, protein feed in poultry farming is expensive. This study was conducted to develop new sources of vegetable protein (cashew cake) in the diet of pullets in the growth phase. For this, 216 ISA Brown pullets aged seven (7) weeks were selected and randomly distributed in four (4) compartments. These constituted batches were subjected to feed T0 (control, 0% cashew cake), T1 (100% cashew cake as the main source of vegetable protein), T2 (50% cashew cake) and T3 (95% cashew cake). Cashew cake-based feeds improved the zootechnical parameters but not significantly. In all batches, an increase in weight gain was observed ranging from 469.2g to 1325g. ADG varied from 8.51 ± 8.13 g/d (T1) to 12.90 ± 6.03 g/d (T0) while food intake (AI) varied from $2514.20 \pm 388, 50$ g (T3) to 2969.87 ± 478.54 g (T0). Also, the consumption index (CI) varied from 3.23 ± 0.60 (T3) to 3.43 ± 0.48 (T1). The incorporation of cashew cake in feed for growing pullets would be an alternative solution to reduce the cost of feed for laying hens in Côte d'Ivoire.

KEYWORDS: Cashew meal, pullet feed, weight growth, consumption index, Ivory Coast.

RESUME: En Côte d'Ivoire, l'alimentation protéique en élevage de volailles coûte chère. Cette étude a été menée afin de valoriser de nouvelles sources de protéine végétale (tourteau de cajou) en alimentation de poulettes en phase croissance. Pour cela 216 poulettes ISA Brown âgées de sept (7) semaines ont été sélectionnées et réparties de façon aléatoire dans quatre (4) compartiments. Ces lots constitués ont été soumis à des provendes T0 (témoin, 0% de tourteau cajou), T1 (100 % tourteaux de cajou comme principale source de protéine végétale), T2 (50 % tourteaux de cajou) et T3 (95 % tourteaux de cajou). Les provendes à base de tourteau de cajou ont amélioré les paramètres zootechniques mais pas de façon significative. Dans tous les lots, une augmentation de la croissance pondérale a été observée allant de 469,2g à 1325 g. Le GMQ a varié de $8,51 \pm 8,13$ g / j (T1) à $12,90 \pm 6,03$ g / j (T0) tandis que l'ingéré alimentaire (IA) a varié de $2514,20 \pm 388,50$ g (T3) à $2969,87 \pm 478,54$ g (T0). Aussi, l'indice de consommation (IC) a varié de $3,23 \pm 0,60$ (T3) à $3,43 \pm 0,48$ (T1). L'incorporation du tourteau de cajou dans les provendes destinées aux poulettes en phase croissance serait une solution alternative pour réduire le coût de provendes de poules pondeuses en Côte d'Ivoire.

MOTS-CLEFS: Tourteau de cajou, provendes de poulettes, croissance pondérale, indice de consommation, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le secteur avicole continue à se développer et à s'industrialiser dans de nombreuses régions du monde. La croissance de la population, l'urbanisation, ainsi qu'un plus grand pouvoir d'achat a été de puissants moteurs favorisant cette croissance [1]. De nos jours, l'élevage constitue une importante source de revenus pour une grande partie des populations dans les pays au Sud du Sahara. Associé à l'agriculture, il contribue de manière significative à la lutte contre la pauvreté dans les pays en voie de développement [1,2] où il détient plus de 30% du PIB (Produit Intérieur Brut) agricole [4]. Pour répondre aux besoins de plus en plus croissants des populations en protéines animales, l'Etat de Côte d'Ivoire a initié dès les années 1960, divers programmes de développement de ressources animales. Pour le secteur avicole, les premiers programmes ont porté essentiellement sur la création de centres d'élevage avicole dans certaines villes du pays (Bingerville, Bouaké, Daloa...) [5]. La filière avicole ivoirienne obéit à deux principaux axes. L'un est traditionnel et l'autre est moderne. L'élevage traditionnel couvre l'ensemble du territoire national alors que l'élevage moderne est concentré autour de grandes villes. Au niveau traditionnel, c'est près de 24 700 000 têtes de volailles de races locales qui sont produites chaque année, représentant ainsi 76 % de l'effectif total de volailles [6]. Au niveau de l'élevage moderne, la production est d'environ 7 600 000 têtes par an et représente 24% de l'effectif total. La filière avicole moderne est une activité orientée sur le marché. Dans sa fiche de présentation de l'aviculture ivoirienne [6] l'IPRAVI considère que 170 000 emplois sont créés par cette filière dont 50 000 emplois directs et 120 000 emplois indirects pour un chiffre d'affaires global de 150 Mrds F. La filière avicole ivoirienne couvre 96% des besoins des populations ivoiriennes en volailles [7].

Mais ce secteur nécessite une organisation et un système d'élevage plus performant au niveau traditionnel. Au niveau moderne, la contrainte majeure est liée à la qualité et au coût de l'aliment [8]. L'alimentation constitue la principale composante de l'aviculture; elle représente 70 à 80 % des coûts de production des poulets de chair ou d'œufs de consommation et joue un rôle prépondérant sur les performances et la qualité des produits [9, 10, 11, 12].

Or de nos jours, la satisfaction en intrants alimentaires est d'autant plus cruciaux qu'on assiste sur le marché international au renchérissement du coût des matières ordinaires, en particulier du maïs (principale source d'énergie et plus important en volume dans l'alimentation), mais aussi d'autres matières premières protéiques (soja, arachide, farine de poisson) qui du fait de la concurrence homme-animal, de leur détournement vers les biocarburants, pose des problèmes de disponibilité [13]. Aussi dans la plupart des pays subsahariens, les sources conventionnelles de protéines telles que les tourteaux de soja et d'arachide et la farine de poisson sont en effet rares et donc coûteuses [14]. Des masses croissantes de céréales et de soja sont importées du Nord, entraînant ainsi d'importantes sorties de devises [15]. Les fabricants ont parfois des difficultés à trouver du maïs en qualité et en quantité. Les tourteaux de coton et la farine de poisson achetés également sur place ne sont pas toujours disponibles créant des ruptures de stock. Le tourteau de soja qui est la troisième source de protéines, est importé [7]. L'équilibre protéique de l'aliment coûte cher alors qu'il est l'un des principaux déterminants du résultat technico-économique en production avicole. Quant aux nutritionnistes européens, ceci s'éloigne régulièrement du modèle "céréale-soja" en valorisant divers sous-produits et protéagineux [16].

Pour pallier toutes difficultés que rencontrent bon nombre d'éleveurs, la recherche et la valorisation de ressources alimentaires alternatives et disponibles localement dans l'alimentation des poulets devraient permettre d'améliorer leur productivité tout en maintenant les coûts des intrants et de production en dessous du niveau de l'inflation dans ce système de production avicole [17].

Cette étude vise comme objectif général, la valorisation du tourteau de cajou par incorporation dans la provende des poulettes en phase croissance. Spécifiquement, il s'agira de:

- Formuler et déterminer la composition physicochimique des provendes à base de tourteau de cajou;
- Evaluer les paramètres zootechniques des poules nourries aux provendes à base de tourteau de cajou

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 BÂTIMENT ET MATÉRIEL D'ÉLEVAGE

Il s'agit d'un bâtiment de 15/3 m qui a été aménagé en 5 compartiments séparés par des filets. Chaque compartiment avait une superficie de 9m² dans lequel était installé deux abreuvoirs et trois (3) mangeoires coniques. Quatre des cinq compartiments ont été utilisé pour les expérimentations et un a servi de magasin de stockage des matières premières et des

aliments. La ventilation du bâtiment est naturelle avec une orientation Nord-Sud. La litière faite de copeau de bois recouvrait le sol et était renouvelée toutes les trois (3) semaines. Deux balances ont été utilisées pour la pesée des matières premières, des oiseaux et des provendes distribuées et retirées. La balance de marque NAKKO, de capacité 100 kg et de précision 250 g pour la pesée des matières premières intervenant en grande quantité. Et une balance automatique de marque KE-5 de capacité 5 kg et de précision 1g pour la pesée des matières premières de petite quantité, des provendes (servies et retirées), des poulettes, et les produits vétérinaires.

2.1.2 MATÉRIEL BIOLOGIE

A partir de la 7^{ème} semaine, 216 poulettes ont été triées, pesées puis réparties en lot de 54. La répartition s’est faite de façon aléatoire. Elles ont été élevées pendant dix (10) semaines. Cette période d’élevage correspond à la phase croissance qui a durée de la semaine 7 à la semaine 16. Les oiseaux au-cours de cette phase sont soumis à une provende dite de croissance (Figure 1).



Fig. 1. Poulettes ISA Brown issue de l’expérimentation

2.2 METHODES

2.2.1 PRODUCTION DE TOURTEAU DE CAJOU

Le tourteau de cajou utilisé pour la réalisation de cette étude était produit à la ferme. D’abord, les co-produits (poudre d’amande et amandes brisées) et amandes déclassées (trop petites, immatures, perforées par les insectes...) ont été collectées auprès des entreprises impliquées dans la transformation des amandes de cajou en produits semi finis ou finis. Les co-produits et amandes de cajou ont été triés puis broyés. La poudre a été chauffée à l’aide d’un couscoussier (dispositif de cuisson à la vapeur de certains mets). L’huile contenue dans la matrice a été extraite à l’aide d’une machine à presse sans vis communément utilisée lors de la fabrication de l’attiéké en Côte D’Ivoire. Les blocs de tourteaux de cajou ont été concassé à la main puis étalés sur une surface propre (bâche noire) au soleil pendant 14 Heures. Le tourteau produit est alors prêt à être utilisé.

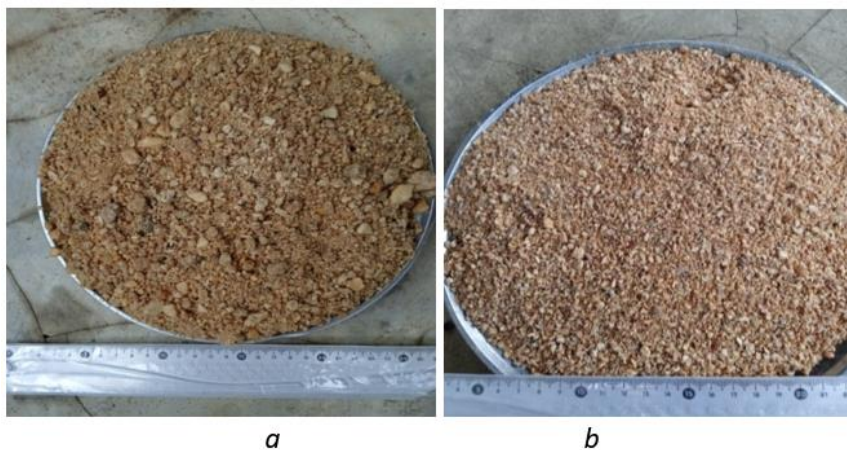


Fig. 2. Tourteaux de cajou (a) et de soja (b)

2.2.2 FORMULATION DES PROVENDES DISTRIBUÉES

Les provendes formulées contiennent des taux variables de tourteau de cajou. Le tourteau de cajou était produit à la ferme. Quant aux autres composants des formulations, les matières premières (maïs, son de blé, tourteau de soja et tourteau de coton et farine de poisson), compléments alimentaires (TNH ponte, coquille d'huitre) et additifs alimentaires (sel, toxo et fysal) sont choisis par rapport à leurs profils nutritionnels, leurs disponibilités et leurs accessibilités. Ainsi, la provende T0, avec un taux d'incorporation de 0 % de tourteau de cajou, était le témoin à partir duquel les autres provendes ont été formulées. La provende T1 était la substitution du tourteau de cajou au tourteau de soja. Dans cette provende, le taux d'incorporation du tourteau de cajou était de 100% comme principale source de protéine végétale. Les provendes T2 et T3 ont deux (2) sources de protéines végétales. Dans la provende T2, le tourteau de cajou est incorporé à hauteur de 50 %. Quant à la provende T3, le taux d'incorporation du tourteau de cajou était de 95 % (**Tableau 1**).

Tableau 1. Composition centésimale des provendes

| | M P (kg/100kg de provendes) | Provendes | | | |
|----------|-----------------------------|-----------|------|------|-------|
| | | T0 | T1 | T2 | T3 |
| S P | Tourteau de cajou | 19 | 0 | 9,5 | 0 |
| | Tourteau de soja | 0 | 19 | 9,5 | 18,05 |
| | Tourteau de coton | 0 | 0 | 0 | 0,95 |
| S E | Maïs jaune | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | Son de blé | 17,8 | 17,8 | 17,8 | 17,8 |
| Comp | CMV (TNH ponte) | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| | Coquille d'huitre | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Additifs | Sel (NaCl) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | Fysal | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | Toxo | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

M P (matières premières), T0 (témoin 0% tourteau de cajou), T1 (substitution tourteau de cajou au tourteau de soja 100% tourteau de cajou), T2 (provende avec 50% tourteaux de cajou), T3 (provende avec 95% tourteaux de cajou), S P (sources protéiques), S E (sources énergétiques), Comp (compléments), CMV (complexes minéraux et de vitamines équilibrés), NaCl (chlorure de sodium).

2.2.3 ANALYSES CHIMIQUES DES PROVENDES

La détermination de l'humidité et de la matière sèche a été effectuée selon la méthode AOAC [18]. Cette méthode consiste à évaporer l'eau contenue dans les échantillons de tourteau de cajou par séchage dans une étuve ventilée à 105 °C jusqu'à masse constante. La détermination des matières grasses a été faite par extraction au Soxhlet selon la méthode AOAC. 960.39 [19] en utilisant l'hexane comme solvant. La teneur en protéine des échantillons a été déterminée au Kjeldahl selon la méthode AOAC 979.09 [19], qui consiste à minéraliser l'azote protéique en ammoniac pour le doser ensuite par acidimétrie. La teneur en cellulose brute a été déterminée par la méthode décrite par Aubry [20] Le résidu est filtré dans un creuset en verre fritté, rincé abondamment, séché, pesé, calciné à 500°C puis repesé. La différence de poids correspond à la cellulose brute présente dans l'échantillon d'essai. La teneur en cendres a été déterminée selon la méthode AOAC 923.03 [19], qui consiste à incinérer 5 g de l'échantillon au four à 550°C, pendant 4 heures. L'énergie métabolisable a été calculé par la formule de Sibbald [21]: $EM (kcal/kg) = 3951 + 54,4 MG - 88,7 CB - 40,8 CE$. La teneur des minéraux du tourteau a été déterminée après minéralisation de l'échantillon selon la méthode décrite par Houba *et al* [22], Le profil et la quantité des acides aminés totaux a été déterminé par HPLC en phase inverse, en utilisant le système Pico-Tag décrit par Bindlingmeyer *et al* [23], La séparation, l'identification et le dosage des vitamines lipo et hydrosolubles sont réalisés par HPLC en phase inverse sur support de microsilice greffée en C18. Les vitamines hydrosolubles sont directement séparées.

2.3 ELEVAGE ET SUIVI DES POULETTES

Au départ, 1000 poussins futurs pondeuses et 250 poussins coquelets d'un jour sont élevés en bande unique. Ils ont été élevés dans les conditions classiques de poulettes futures pondeuses. A la fin de la 6^{ème} semaine, 216 poulettes ont été sélectionnées et repartir de façon aléatoire dans quatre (4) loges. A partir de la 7^{ème} semaine, elles ont été soumises aux

différentes provendes formulées. Les provendes distribuées contenaient un taux variable de tourteau de cajou. Ainsi, le lot témoin a reçu une provende dite T0. Dans cette provende, le taux d'incorporation du tourteau de cajou était de 0 %. Le lot T1, est une substitution du tourteau de cajou au tourteau de soja. Le taux d'incorporation du tourteau de cajou est de 100 %. Quant aux lots T2 et T3, deux sources de protéines végétales ont été utilisées. La provende T2, avec un taux d'incorporation du tourteau de cajou de 50 % et T3, avec un taux d'incorporation du tourteau de cajou de 95 % ont été soumises aux lots T2 et T3. Tous les lots ont bénéficié des mêmes prophylaxies (sanitaire et médicale).

2.3.1 PLAN D'ALIMENTATION ET MESURES DES PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES

Les poulettes à partir de la 7^{ème} semaine ont été soumises aux nouvelles provendes produites. Ainsi, de la semaine 7 à la semaine 16, elles ont reçu une provende dite de croissance. Les poulettes ont été servies une fois par jour et à 15 heures.

2.3.2 PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES

Les poulettes ont été pesées en début d'expérimentation et chaque fin de semaine. Les restes d'aliments distribués ont été pesés. A la fin de l'expérimentation, les paramètres zootechniques pour chaque lot tels que le taux de mortalité, la consommation moyenne de nourriture, l'indice de consommation et la variation pondérale ont été évalués [24]. Quant à l'évaluation économique, elle a consisté à l'établissement des coûts de production et du produit d'exploitation.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats obtenus au cours cette étude ont été analysés grâce au logiciel SAS. Les valeurs moyennes par lot issues des critères d'études ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA), suivie d'une comparaison de moyenne selon le test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5 %. Les calculs numériques et la construction des graphiques ont été effectués avec le logiciel Excel.

3 RESULTATS

3.1 COMPOSITION BIOCHIMIQUE

Les taux d'humidité des provendes T0, T2, T1 et T3 sont respectivement $11,79 \pm 0,31$ %; $11,38 \pm 0,14$ %; $10,93 \pm 0,07$ % et $10,59 \pm 0,30$ %. Au plan statistique, les taux d'humidité des différentes provendes présentent une différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles. Cependant, entre T0 et T2 il n'y a aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles, également, entre T1 et T2, aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles n'est à signaler. Les meilleurs taux d'humidité sont enregistrés dans les provendes T3 et T1 (**Tableau 2**).

La matière sèche des provendes T3, T1, T2 et T0 étaient respectivement $89,40 \pm 0,30$ %; $89,07 \pm 0,07$ %; $88,61 \pm 0,14$ % et $88,20 \pm 0,31$ %. Au plan statistique, les proportions de matière sèche dans les différentes provendes présentent une différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles. Mais entre T3 et T1, il n'y a aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles. Les provendes T2 et T0 ne présentent aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre elles. Les meilleurs taux de matière sèche sont enregistrés avec les provendes T3 et T1 (**Tableau 2**). Le taux d'humidité et la matière sèche évoluent inversement.

La teneur en protéine des provendes T2, T0, T3 et T1 est respectivement de $20,04 \pm 0,07$ %, $19,57 \pm 0,53$ %, $19,39 \pm 0,17$ % et de $18,69 \pm 0,30$ %. Les analyses statistiques ont révélé que le taux de protéine de la provende T1 est significativement faible ($p < 0,05$) par rapport au taux observés dans les provendes T2, T0 et T3 (**Tableau 2**).

Le taux élevé des cendres est enregistré avec la provende T3 de $5,99 \pm 0,01$ %. Il est statistiquement ($P \geq 0,05$) supérieur à ceux des provendes T1, T2 et T3 respectivement de $5,22 \pm 0,12$; $5,20 \pm 0,14$ et $5,09 \pm 0,11$ % (**Tableau 2**).

La valeur élevée de matière grasse est obtenue avec la provende T3 ($11,64 \pm 0,49$ %) comparativement aux provendes T2 ($8,12 \pm 0,04$ %), T0 ($7,68 \pm 0,47$ %) et T1 ($6,30 \pm 0,19$ %). Toutefois la provende T1 a affiché le faible taux de matière grasse au seuil de 5 %. La teneur en cellulose de la provende T2 ($5,39 \pm 0,11$ %) est statistiquement supérieure à celles des provendes T0 ($4,94 \pm 0,07$ %), T3 ($4,78 \pm 0,09$ %) et T1 ($4,55 \pm 0,15$ %). La provende T1 donne la plus faible valeur au seuil de 5 % (**Tableau 2**).

L'énergie métabolisable résultante de la provende T3 ($3915,90 \pm 34,30$ Kcal / Kg de MS) est plus élevée que celles dans les provendes T0 ($3722,29 \pm 23,61$ Kcal / Kg de MS), T2 ($3702,74 \pm 13,02$ Kcal / Kg de MS) et T1 ($3677,22 \pm 2,40$ Kcal / Kg de MS). Au seuil de signification de 5 % selon le test de Student-Newman.

Tableau 2. Composition physicochimique des provendes

| Paramètres | Provendes | | | | F | Pr >F |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------|---------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | | |
| Humidité (g/100g de provendes) | 11,79±0,31 ^a | 10,93±0,07 ^b | 11,38±0,14 ^a | 10,59±0,30 ^b | 15,14 | 0,0012 |
| Matière sèche (g/100g MS) | 88,20±0,31 ^b | 89,07±0,07 ^a | 88,61±0,14 ^b | 89,40±0,30 ^a | 15,14 | 0,0012 |
| Protéine (g/100g MS) | 19,57±0,53 ^a | 18,69±0,30 ^b | 20,04±0,07 ^a | 19,39±0,17 ^a | 9,12 | 0,0058 |
| Cendres (g/100g MS) | 5,09±0,11 ^b | 5,22±0,12 ^b | 5,20±0,14 ^b | 5,99±0,01 ^a | 42,29 | <0,0001 |
| Matière grasse (g/100g MS) | 7,68±0,47 ^a | 6,30±0,19 ^c | 8,12±0,04 ^a | 11,64±0,49 ^a | 122,51 | <0,0001 |
| Cellulose (g/100g MS) | 4,94±0,07 ^b | 4,55±0,15 ^c | 5,39±0,11 ^a | 4,78±0,09 ^b | 31,27 | <0,0001 |
| EM (Kcal/Kg de MS) | 3722,29±23,61 ^b | 3677,22±2,40 ^b | 3702,74±13,02 ^b | 3915,90±34,30 ^a | 74,87 | <0,0001 |

a, b, c, d (les valeurs affectées de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes), T0 (0% de tourteau de cajou), T1 (100% tourteaux de cajou), T2 (50% tourteaux de cajou), T3 (95% tourteaux de cajou, EM (énergie métabolisable), MS (matière sèche)

3.2 COMPOSITION EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Les minéraux dosés dans les échantillons de provendes ont permis de ranger en deux grands groupes (macro et microéléments minéraux). Les teneurs sont exprimées en mg / 100 g de MS. Les teneurs en ces éléments minéraux ont été dosées dans le but de compenser le déficit à une période de la vie des animaux.

3.2.1 MACROÉLÉMENTS MINÉRAUX

La figure 2 présente les teneurs en macro-minéraux (Ca, P, Mg, Na et K) des provendes expérimentales (T0, T1, T2 et T3) distribuées. Les teneurs en ces minéraux ont varié. Ainsi, la teneur en Ca de la provende T3 (0,6 ± 0,01 mg / 100 g de MS) est la plus élevée au seuil de 5 %. Les provendes T0, T1 et T2 sont statistiquement identiques au seuil de 5 %. La provende T1 a eu les fortes teneurs en P (1,45 ± 0,03 mg / 100 g de MS), Mg (1,04 ± 0,01 mg / 100 g de MS), Na (1,05 ± 0,07 mg / 100 g de MS) et K (1,05 ± 0,03 mg / 100 g de MS). Dans la provende T2, le phosphore et le potassium sont à l'état de trace.

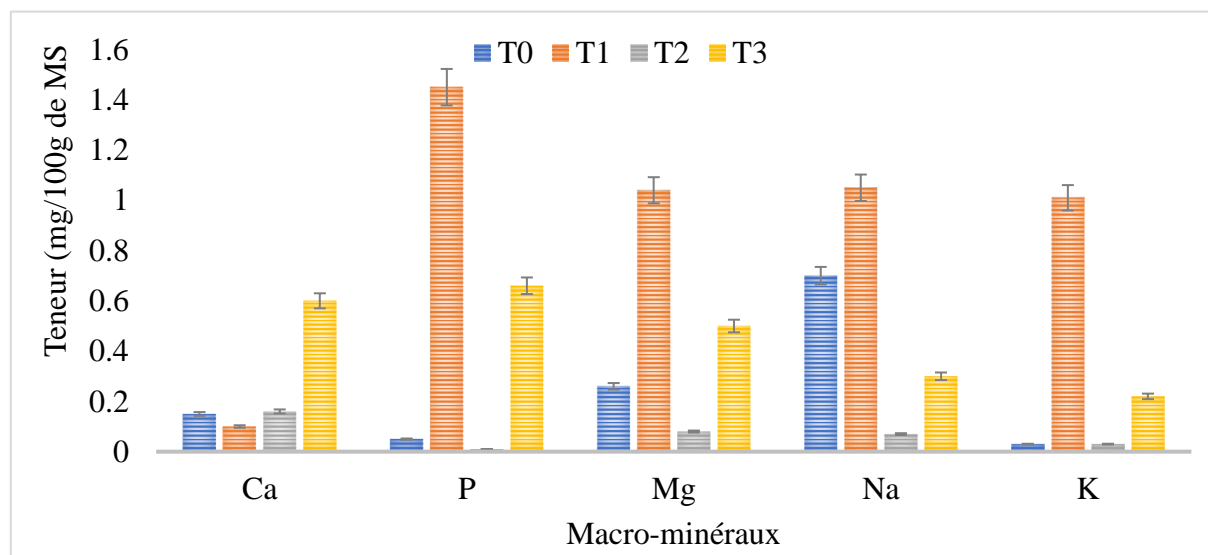


Fig. 3. Macro-minéraux comparés des provendes à la croissance

T0: provende avec 0% tourteau de cajou, T1: provende avec 100% tourteaux de cajou, T2: provende avec 50% tourteaux de cajou, T3: provende avec 95% tourteaux de cajou, Ca: calcium, P: phosphore, Mg: magnésium, Na: sodium, K: potassium

3.2.2 OLIGOÉLÉMENTS MINÉRAUX

Les oligo-éléments minéraux dosés dans les provendes expérimentales (T0, T1, T2 et T3) sont résumés par la **figure 3**. Dans l'ensemble, la provende T1 affiche les teneurs les plus élevées en Cu ($1,01 \pm 0,01$ mg / 100 g de MS), Mn ($1,03 \pm 0,01$ g / 100 g de MS), Fe ($1,09 \pm 0,03$ mg / 100 g de MS) et Zn ($1,01 \pm 0,02$ mg / 100 g de MS) au seuil de 5 %. Les plus faibles valeurs sont dosées dans la provende T2 au seuil de 5 %.

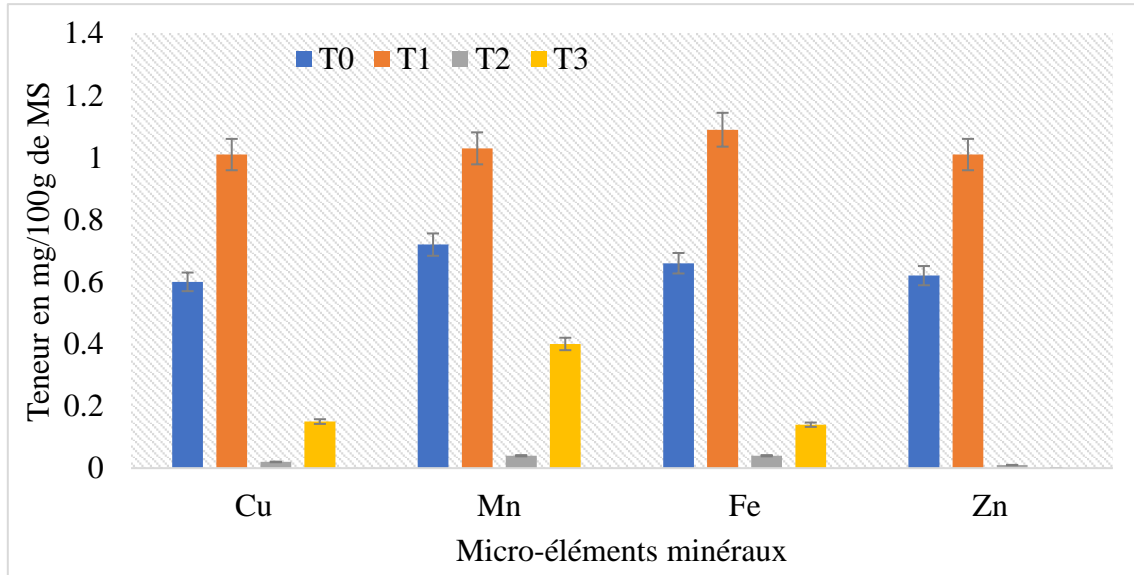


Fig. 4. Microéléments minéraux comparés des provendes

T0: provende avec 0 % tourteau de cajou, T1: provende avec 100 % tourteaux de cajou, T2: provende avec 50 % tourteaux de cajou, T3: provende avec 95 % tourteaux de cajou, Cu: cuivre, Mn: Manganèse, Fe: fer, Zn: zinc

3.3 COMPOSITION EN VITAMINE

Les résultats d'analyse vitaminique sont consignés dans le **Figure 4**. Ces résultats nous ont permis de scinder les vitamines en deux groupes. Les Vitamines hydrosolubles constituées des vitamines B1, B2, B9 et C et les vitamines liposolubles, la vitamine A. Les teneurs en vitamine ont varié d'une provende à une autre, aussi d'une phase physiologique à une autre. D'autres n'ont pas été détecté dans certaines provendes. Les vitamines B2 et C sont présentes dans toutes les provendes à toutes les phases physiologiques. Cependant, les vitamines B9 et A ne sont pas présentes dans toutes les provendes à toutes les phases physiologiques. Quant à la vitamine B1, elle fut détectée dans toutes les provendes à toutes les phases physiologiques sauf dans la provende T2 de la phase pré-ponte.

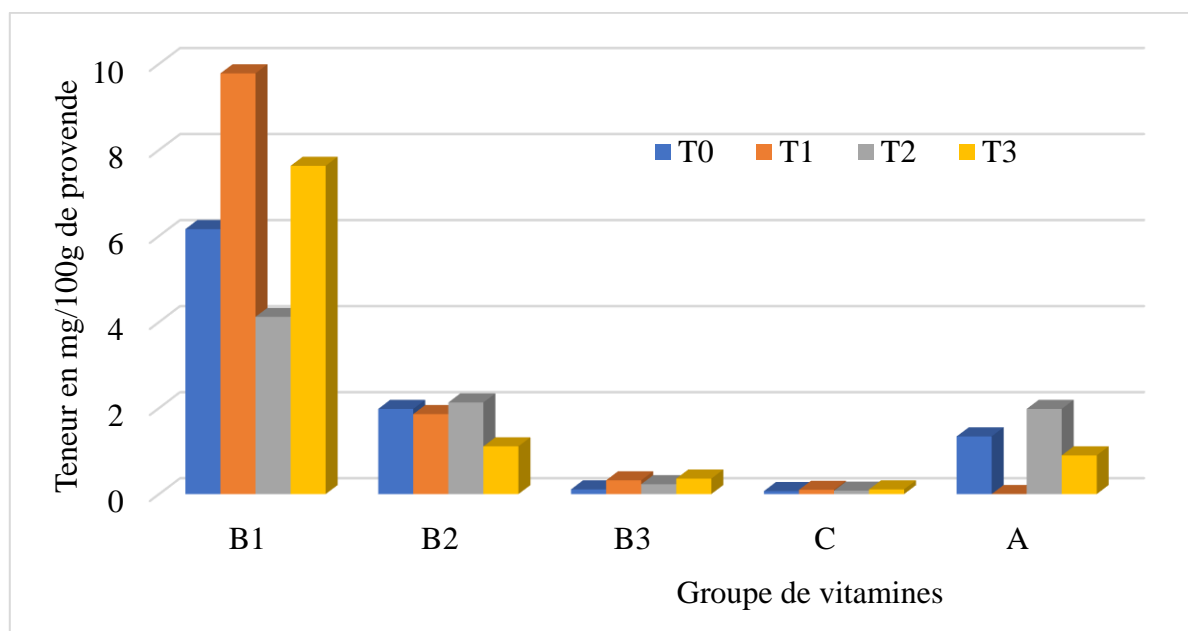


Fig. 5. Composition Vitaminique des provendes

T0: provende avec 0 % tourteau de cajou, T1: provende avec 100 % tourteaux de cajou, T2: provende avec 50 % tourteaux de cajou, T3: provende avec 95 % tourteaux de cajou.

3.4 AMINOGRAMME DES PROVENDES

Dans la provende T0, huit (8) AA ont été détectés. Dans les provendes T1, T2 et T3, les profils d'acide aminé affichent respectivement 7, 9 et 8 acides aminés (Figures 5, 6, 7 et 8).

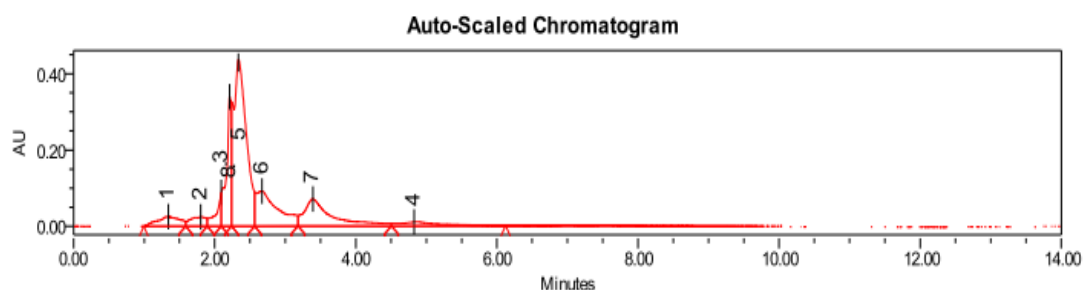


Fig. 6. Profil Chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de la provende T0

Pics détectés à 260 nm: 1 (Lysine 15,2491%), 2 (Alanine 0,7315%), 3 (Tryptophane 0,2420%), 4 (Méthionine 0,0656%), 5 (Proline 18,7815%), 6 (Valine 3,8401%), 7 (Arginine 6,0510%) et 8 (Tyrosine 0,5965%)

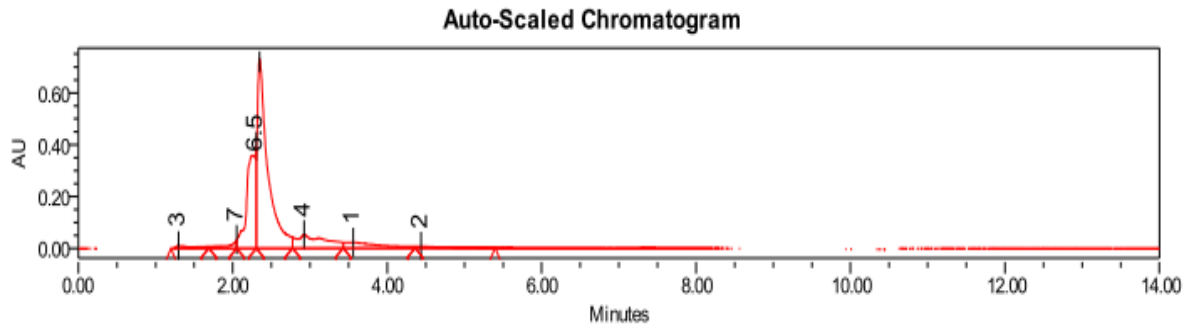


Fig. 7. Profil Chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de la provende T1

Pics détectés à 260 nm: 1 (Proline 2,3933%), 2 (Méthionine 0,0277%), 3 (Lysine 4,8161%), 4 (Tyrosine 0,5099%), 5 (Glycine 2,6319%), 6 (Tryptophane 3,9459%) et 7 (Alanine 0,4636%).

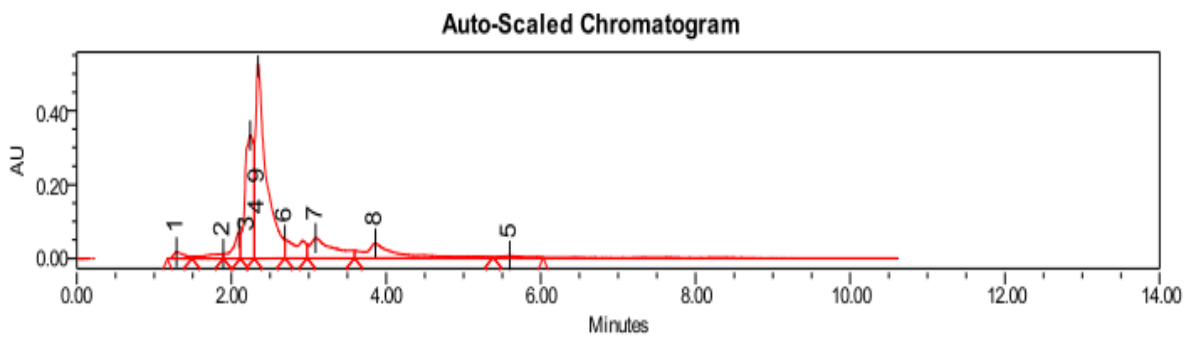


Fig. 8. Profil Chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de la provende T2

Pics détectés à 260 nm: 1 (Lysine 4,4696%), 2 (Alanine 0,4098%), 3 (Glycine 0,3644%), 4 (Tryptophane 1,4685%), 5 (Méthionine 0,0131%), 6 (Proline 3,9553%), 7 (Valine 2,2114%), 8 Arginine 3,5569%) et 9 (Tyrosine 1,9450%).

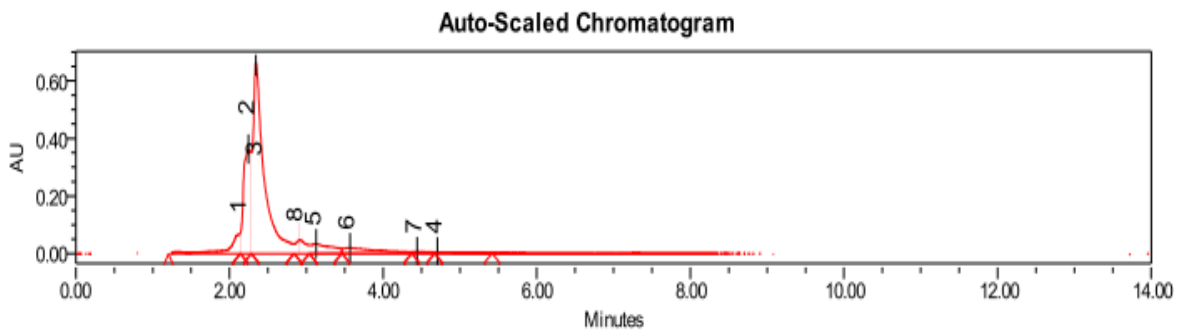


Fig. 9. Profil Chromatographique par HPLC des acides aminés dans l'extrait de la provende T3

Pics détectés à 260 nm: 1 (Lysine 19,0994%), 2 (Alanine 4,6359%), 3 (Tryptophane 3,8788%), 4 (Méthionine 0,0154%), 5 (Proline 2,1698%), 6 (Valine 1,1637%), 7 (Arginine 0,2655%) et 8 (Tyrosine 0,1698%).

4 PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES

4.1 CROISSANCE PONDÉRALE

Le poids moyen des poulettes nourries avec les provendes T0 (témoin) et T2 (50 % tourteaux de cajou) ont été significativement ($p \geq 5\%$) plus élevés que ceux des provendes T1 et T3. Cependant entre les provendes T0 et T2, aucune différence significative ($p \geq 5\%$) n'est observée de même entre les provendes T1 et T3 (**Figure 10**).

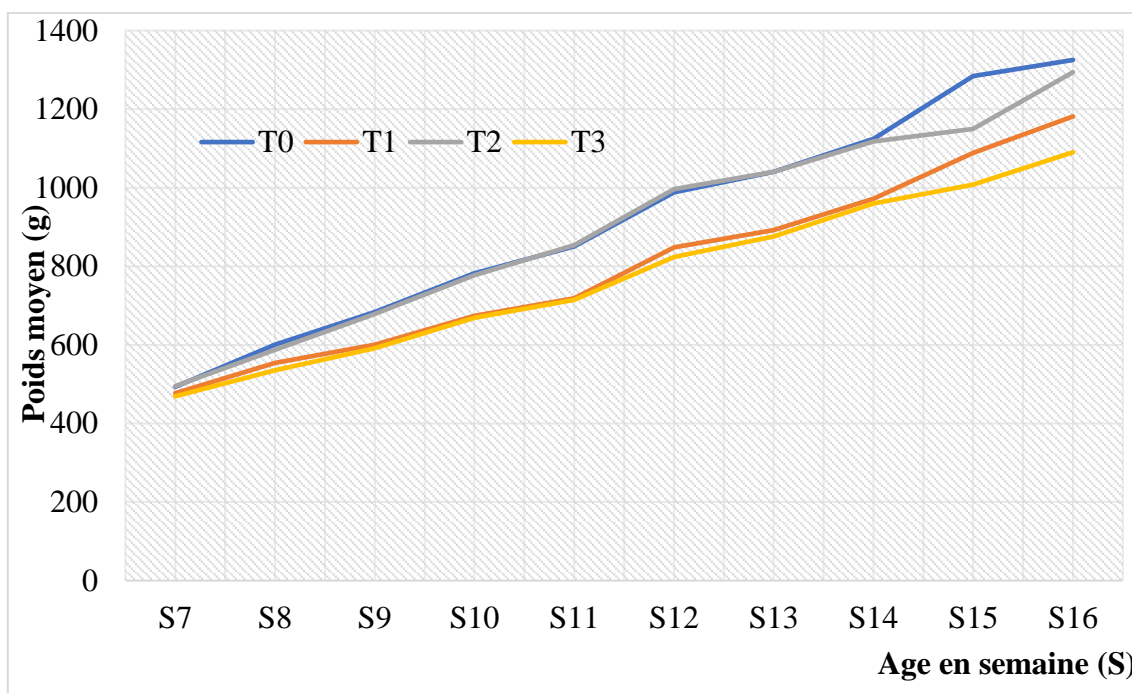


Fig. 10. Evolution du poids moyen des poulettes

T0: provende avec 0 % tourteau de cajou, T1: provende avec 100 % tourteaux de cajou, T2: provende avec 50 % tourteaux de cajou, T3: provende avec 95 % tourteaux de cajou

4.2 GAIN MOYEN QUOTIDIEN (GMQ)

Au cours de la phase de croissance, les gains moyens quotidiens (GMQ) enregistrés étaient de $12,90 \pm 6,03$ pour le lot nourri à la provende T0, $12,30 \pm 4,51$ pour le lot recevant la provende T2, $9,37 \pm 2,62$ pour les poulettes soumises à la provende T3 et $8,51 \pm 8,13$ pour les poulettes alimentées à la provende T1. L'analyse statistique a révélé que le GMQ des poulettes soumises aux provendes T3 et T1 étaient significativement ($p < 0,05$) inférieur à ceux des poulettes recevant les provendes T0 et T2 (Tableau 3).

4.3 INGESTION DES PROVENDES

L'ingestion des provendes des poulettes a été affectée statistiquement par la formulation durant la phase croissance ($p > 0,05$). Ainsi, les poulettes soumises aux provendes T0 (2969,87 g) et T2 (2936,70 g) ont une meilleure consommation des provendes comparativement aux provendes T1 et T3 respectivement de 2723,90 et 2514,20 g. La provende T3 a été la moindre consommée (Tableau 3).

4.4 INDICE DE CONSOMMATION

Au cours de la phase de croissance, les indices de consommation enregistrés étaient de $3,23 \pm 0,60$ pour le lot de poulette soumis à la provende T3, $3,30 \pm 0,68$ (T0), $3,35 \pm 0,92$ (T2) et $3,43 \pm 0,48$ pour les poulettes recevant la provende T1 (Tableau 3). Sur le plan statistique, les indices de consommation des différentes provendes ne présentent aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre eux.

4.5 TAUX DE MORTALITÉ

Au-cours de la phase croissance, dans l'ensemble aucune anomalie n'a été constaté quel que soit les poulettes soumises aux provendes. Aucune mortalité n'est enregistrée durant les essais (Tableau 3).

Tableau 3. Paramètres zootechniques mesurés

| Lots | Paramètres zootechniques mesurés | | | |
|------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------|
| | GMQ (g/j) | IA (g) | IC | Taux mort |
| T0 | 12,90 ± 6,03 ^a | 2969,87 ± 478,54 ^a | 3,30 ± 0,60 ^a | 0 |
| T1 | 8,51 ± 8,13 ^c | 2723,90 ± 424,19 ^b | 3,43 ± 0,48 ^a | 0 |
| T2 | 12,30 ± 4,51 ^a | 2936,70 ± 379,79 ^a | 3,35 ± 0,92 ^a | 0 |
| T3 | 9,37 ± 2,62 ^{bc} | 2514,20 ± 388,50 ^c | 3,23 ± 0,60 ^a | 0 |

a, b, c: les valeurs affectées de différentes lettres dans la même colonne sont significativement différentes, T0: témoin 0 % tourteau de cajou, T1: 100 % tourteau de cajou, T2: 50 % tourteaux de cajou, T3: 95 % tourteaux de cajou, GMQ: gain moyen quotidien, IA: ingestion alimentaire, IC: indice de consommation, g/j: gramme par jour

5 DISCUSSION

5.1 COMPOSITION CHIMIQUE DES PROVENDES

Le secteur de l'alimentation animale vise à fournir à l'élevage, des aliments concentrés et équilibrés répondant aux plus près des besoins spécifiques des différents stades physiologiques des animaux [25]. Les matières premières protéiques (tourteaux), énergétiques (maïs, son de blé), minérales (coquille d'huitre, CMV) et additifs (toxos, fusal, NaCl) sont utilisées pour la production des provendes expérimentales. Et leurs taux d'incorporation sont fonctions du stade physiologique. Les matières premières (grains de maïs) ont été broyées en fonction de la préhension des poulettes à cette phase physiologique. Une particule alimentaire peut se définir par sa taille, sa forme, sa ou ses couleur(s), sa dureté, sa densité, son élasticité, sa rugosité [26]. Les composantes des provendes sont mises ensemble puis soigneusement mélangées. Les particules alimentaires diffèrent par leurs tailles. Le tourteau de cajou, le maïs jaune, le tourteau de soja et le tourteau de coton sont gossiers par rapport au CMV TNH ponte, coquillage d'huitre, le sel (NaCl), toxo et le fusal qui sont encore plus fines. Aussi, la coloration des provendes est également observée. La coloration maronne du tourteau de cajou a eu un impact sur les provendes à base de tourteau de cajou. Allant du marron clair (T2) au marron foncé (T3).

Un aliment est aussi une substance qui doit fournir à l'animal l'énergie et les éléments nécessaires à son maintien en vie et donc couvrir les besoins d'entretien. Selon Périquet [27] une bonne alimentation est la première condition pour la réussite d'un élevage. Pour les animaux d'élevage, l'aliment devra en plus apporter assez de nutriments pour répondre aux besoins de production (œufs ou viande) [28]. L'humidité contenue dans les provendes a été déterminée. Ainsi dans la provende T0, le taux d'humidité est de 11,79 ± 0,31 %. Celles des provendes T2, T1 et T3 sont respectivement de 11,38 ± 0,14; 10,93 ± 0,07 et 10,59 ± 0,30 %. Les valeurs sont supérieures à celle de Touré [29] (9,90 ± 0,75 %) obtenue lors de leurs études. Parallèlement, la matière sèche des provendes a été calculée. La provende T0 affiche 88,20 ± 0,31 %. Les provendes T2, T1 et T3 affichent 88,61 ± 0,14; 89,07 ± 0,07 et 89,40 ± 0,30 % respectivement. Les résultats sont comparables aux résultats de Manassé [30] au cours de ses études. Pour cet auteur, ces résultats sont compris entre 88,76 et 89,19 %. Les teneurs en matières sèches des provendes analysées respectent les normes généralement admises pour les farines destinées à la consommation des poules. Selon cette norme, le taux d'humidité de devrait excéder 14 % et la matière sèche 86 % [31]. Les provendes peuvent être classées parmi les aliments très secs. Cet état de siccité est favorable à la conservation des provendes, puisque, dans les produits déshydratés ou fortement séchés, l'activité de l'eau atteint des valeurs suffisamment basses pour interdire le développement d'une forte proportion de micro-organismes [32]. Seules les spores et quelques formes végétatives peuvent persister. La stabilité et la sécurité des provendes sont donc notablement garanties. L'humidité et la matière sèche sont deux (2) facteurs limitants la conservation d'une provende. La teneur en humidité influe également sur la stabilité et la qualité des produits.

Le taux de protéine de la provende T0 est de 20,83 ± 0,17 %. Ceux des provendes T2, T1 et T3 sont respectivement de 20,42 ± 0,30; 18,43 ± 0,42 et 17,57 ± 0,59 %. Les provendes T0, T1 et T2 ont des taux de protéines supérieurs à celui trouvé par Touré *et al* en 2020 (17,78 ± 0,67 %). Quant à la provende T3, le taux de protéine se rapproche à celui des mêmes auteurs. Toutefois, les provendes T1 et T3 ont des teneurs en protéines qui se rapprochent de la norme recommandée par Chaloub [33] et Bedrane [34] qui est de 18 % pour une énergie métabolisable comprise entre 2300 - 2800 kcal / kg d'aliment. Quant à la norme O.C.C [31] les provendes T1 et T3 ont des teneurs en protéines qui concordent avec la norme. Elle fixe le taux de protéines pour les poules en phase croissance en 14 et 20%. La valeur nutritionnelle d'une protéine correspond au pourcentage d'azote ingéré effectivement utilisé pour la synthèse protéique.

Les cendres représentent l'ensemble des minéraux contenus dans les provendes. Le taux de cendres des provendes T0 (5,09 ± 0,11 %), T1 (5,22 ± 0,12 %) et T2 (5,20 ± 0,14 %) sont inférieurs à celui de la provende T3 (5,99 ± 0,01 %). Ces teneurs sont comparables à celle de l'aliment poulette unique (6-22 semaines) obtenus par Touré [29] pendant leurs études sur le

contrôle de la qualité granulométrique et nutritionnelle des aliments pour animaux à la Société Meunière et Avicole du Gabon (SMAG). Toutefois, ces valeurs restent inférieures à celle de la provende distribuée par Sidibé en 2013 qui est 12 % pendant ces expérimentations sur la comparaison de deux races de poules pondeuses. Le faible taux de cendres dans nos provendes traduit aussi une faible teneur en sels minéraux qui sont des éléments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et à la croissance des volailles.

La teneur en matière grasse des provendes T2, T1, T3 et T0 sont respectivement de $12,57 \pm 0,44$; $9,77 \pm 0,23$; $7,48 \pm 0,39$ et $7,28 \pm 0,36$ %. En dehors de la provende T2, les autres provendes (T0, T1 et T3) ont leurs teneurs en matière grasse inférieure à celle obtenue dans l'aliment ponte ($11,34 \pm 0,00$ %) obtenue par Ponka *et al* [35] de leurs études sur l'évaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord-Ouest Cameroun. Cependant, toutes ces valeurs sont supérieures à la Norme 052/ 4-1 (6 %) (O.C.C, 1998). Aussi, ces valeurs sont supérieures à la recommandation de Novogen Brown [36] (3,0 - 4,5 %) en période de croissance. Ces fortes valeurs peuvent être expliquées par la présence du tourteau de cajou dans les provendes du fait de la technique de production du tourteau de cajou. Le procédé est techniquement complexe et ses effets sont parfois aléatoires, car l'échauffement dépend de nombreux paramètres parfois difficiles à maîtriser et à optimiser. Les graines riches en huile ne s'échauffent pas suffisamment et doivent être associées à une céréale ou une légumineuse riche en amidon [37] ou à des matières premières absorbantes comme le son. Cette forte teneur en matière grasse des provendes est bénéfique pour la production des poules pondeuses car les matières grasses ont des propriétés lubrifiantes recherchées sur le plan technique pour la fabrication des aliments composés. Elles permettent notamment de réduire le coût énergétique et l'usure du matériel et améliore leur palatabilité [38]. La graisse possède un effet extra calorique qui réduit la vitesse du transit digestif de la ration, en améliorant ainsi l'absorption du reste des nutriments. Les provendes à base de tourteau de cajou sont donc une bonne source d'énergie pour les poulettes du fait de la proportion élevée de matière grasse.

La cellulose est un polysaccharide constitué de longues chaînes non ramifiées de β 1,4-glucopyranose. La teneur en cellulose des provendes T2, T1, T3 et T1 sont respectivement de $6,09 \pm 0,20$; $5,95 \pm 0,20$; $4,85 \pm 0,14$ et $4,49 \pm 0,21$ %. Ces taux sont tous inférieurs à la recommandation (7 %) [39,40]. Selon ITAB [39], la teneur maximale de cellulose dans l'alimentation des poulettes âgées de plus de 7 semaines et des poules pondeuses en période de ponte ne devrait excéder 7 %. Le taux de cellulose a varié d'une provende à une autre et d'une source de protéine à une autre. Ceci peut être dû à la variabilité des teneurs en cet élément dans les matières premières employées. Selon Malumba [41] la variabilité de la cellulose peut être dû soit à la variabilité des teneurs en cet élément dans les matières premières employées ou encore à une variabilité au niveau des méthodes d'analyses mises en œuvre. En effet, la cellulose brute dosée dans un échantillon quelconque est le résultat des méthodes arbitraires d'analyses. Elle ne représente pas une mesure définie d'une substance ou d'un groupe spécifique [42]. Ces faibles teneurs dans les provendes seront bénéfiques pour le secteur de la production animale (poules pondeuse) puisque le niveau de cellulose dans une ration va d'une part tendre à abaisser la quantité d'énergie métabolisable et d'autre part va jouer sur la digestibilité de l'aliment ainsi que sur sa vitesse de transit dans le tube digestif [43]. L'énergie métabolisable des provendes T0, T1, T2 et T3 est de $3533,53 \pm 6,04$; $3664,83 \pm 17,37$; $3659,90 \pm 7,88$ et $3610,46 \pm 35,08$ Kcal / kg de provende respectivement. Ces valeurs sont supérieures au besoin en énergie (2 750 kcal d'E.M par Kg d'aliment) [44], (2600 Kcal / kg d'aliment) [45] de leurs études sur les besoins alimentaires des volailles en milieu tropical selon les catégories et les périodes d'élevage. Des résultats similaires (3619,28 et 3705,15Kcal/Kg de provende) sont obtenus par Manassé [30] de son étude contribution à l'étude des effets de l'augmentation des taux de graine de soja dans les aliments des poules pondeuses, souche commerciale SHAVER 777, sur la production d'œufs. L'aliment riche en énergie, bien qu'il soit bénéfique pour les oiseaux (améliore) les performances zootechniques), augmenterait le coût de la production.

Un aliment est une substance qui doit fournir à l'animal l'énergie et les éléments nécessaires à son maintien en vie et donc couvrir les besoins d'entretien. Pour les animaux d'élevage, l'aliment devra en plus apporter assez de nutriments pour répondre aux besoins de production (œufs ou viande) [28].

La teneur en calcium de la provende T3 est de 0,60 %. Celle des provendes T0, T1 et T2 sont de 0,15; 0,10 et 0,16 % respectivement. Ces valeurs sont inférieures à celles de certains auteurs; la norme (0,68 – 1,20 %) [31]. Selon Anselme [46] les poulettes en phase croissance ont besoin de 1 % de calcium dans l'aliment. Le calcium est le minéral le plus abondant au sein de l'organisme. Il est l'un des éléments essentiels dans la fabrication du squelette de l'animal en croissance. Bien qu'en pratique une déficience modérée en calcium n'affecte de façon sensible la croissance que chez le très jeune animal, chez l'animal plus âgé la déficience ne ralentit guère la croissance mais diminue la minéralisation des os, surtout ceux qui sont en phase de croissance intense au moment où survient la déficience [47]. Toutefois, la teneur en calcium de la provende T3 montre une approche satisfaisante par rapport aux autres provendes. Le calcium joue un rôle majeur dans la constitution du squelette. La carence de sodium dans un aliment pourrait entraîner la réduction de l'assimilation des protéines au niveau des cellules intestinales, le picage et la diminution de l'appétit et de la croissance [25]. Snowdon [49] a recommandé une incorporation de

0,5 % de sel dans la ration. Le phosphore est un sel minéral essentiel à presque toutes les réactions chimiques à l'intérieur des cellules. La teneur en phosphore de la provende T1 (1,45 %) et T3 (0,66 %) sont supérieures à celle obtenue par Leborgne *et al* [50] (0,40 %) de leurs études nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Celle des provendes T2 (0,01 %) et T0 (0,05 %) sont sous forme de trace. La forte teneur en phosphore de la provende T3 se justifierait par l'ajout de tourteau de coton dans la formulation T3. Selon Pointillart [51], la quantité de phosphore phytique dans le tourteau de coton serait comprise entre 7,0-9,20 g/Kg. L'ajout de tourteau de coton dans notre provende T3 aurait une répercussion sur la proportion de phosphore présent à cet effet. Une grande proportion du phosphore est présente au niveau du squelette, mais il joue également un rôle essentiel dans les phénomènes énergétiques cellulaires puisque ceux-ci sont dépendants de réactions de phosphorylation-déphosphorylation. Le phosphore intervient aussi dans de nombreux systèmes enzymatiques. La carence en phosphore se traduit par une perte d'appétit, un ralentissement de la croissance, des troubles locomoteurs graves et de la mortalité.

Les protéines sont des composants structurels des tissus comme les plumes et les muscles. Les volailles utilisent les acides aminés qui sont les constituants élémentaires des protéines. Une protéine brute donne peu d'information sur la composition en acides aminés et / ou leur biodisponibilité. La spécificité d'une protéine repose sur sa composition en acides aminés. La teneur en lysine des provendes T3 (19,0994 %), T0 (15,2491 %), T1 (4,8161 %) et T2 (4,4696 %) sont supérieures à la norme ISA [52] en croissance (0,98 %) et au développement (0,74 %) des poulettes. La proportion de méthionine dans la T0 (0,0656 %), T1 (0,0277 %), T2 (0,0131 %) et T3 (0,0154 %) sont inférieures à la recommandation (0,5 %) en phase croissance [53]. La proportion de tryptophane de la provende T0 est de 0,2420 %. Celle des provendes T1, T3 et T2 est de 3,9459 %, 3,8788 % et de 1,4685 % respectivement. Ces teneurs sont supérieures à la recommandation ISA en phase croissance (0,21 %) et développement (0,16 %) [54]. Les acides aminés apportés par l'aliment ne correspondant pas forcément aux besoins de production, la poule les transforme pour reconstituer ceux dont elle a besoin. Mais certains acides aminés ne peuvent être fabriqués par la poule à partir des apports alimentaires, ce sont les « acides aminés limitant » ou « essentiels ». Ils doivent obligatoirement être apportés tels quels dans l'aliment pour une croissance normale des poulets ou pour la production d'œufs. Leur carence entraîne des retards de croissances et des chutes de ponte [55]. La concentration en protéine d'un aliment ne signifie rien, seul compte l'équilibre de la composition en acides aminés des protéines. Il faut également tenir compte de la digestibilité des acides aminés indispensables, certains traitements des matières premières comme par exemple le traitement des tourteaux par une chaleur trop forte vont réduire la digestibilité de la lysine [55]. Les provendes pour la plupart sont une bonne source d'acide aminé du fait de la diversité des matières premières qui la compose.

5.2 PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES DES POULETTES

La phase croissance a duré de la semaine 7 à la semaine 16. Au cours de cette phase, les poulettes expérimentales sont alimentées avec des provendes dites de croissance. Les caractéristiques de ses provendes sont décrites un peu plus haut. Les paramètres zootechniques des poulettes nourries avec les provendes ont été évalués. Ainsi, selon Silué *et al*. [16], la croissance ou la production d'un animal s'apprécie par son gain de poids et ses performances au cours de son cycle de vie. La ration journalière est la quantité moyenne de provende consommée par chaque lot de poulettes. Elle a été calculée. Ainsi, l'ingestion des provendes des poulettes a été affectée statistiquement par la formulation durant la phase croissance ($p > 0,05$). Les poulettes soumises aux provendes T0 ($2969,87 \pm 478,54$ g) et T2 ($2936,70 \pm 379,79$ g) ont une meilleure consommation des provendes comparativement aux provendes T1 et T3 de $2723,90 \pm 424,19$ et de $2514,20 \pm 388,50$ g respectivement. La provende T3 a été la moindre consommée. Le faible niveau d'ingestion des provendes T1 et T3 pourraient s'expliquer en partie par un défaut de production des provendes. Dans ces provendes le taux d'incorporation du tourteau de cajou dépassant les 95 %, a développé un comportement de triage du fait de l'appétence du tourteau de cajou. Selon Ganchrow *et al* [56] des goûts marqués peuvent néanmoins modifier le comportement alimentaire. Aussi, le refus des deux lots était en partie bondés de maïs ce qui justifierait les tris adoptés par les poulettes. La coloration et le goût du tourteau de cajou ont eu à modifier le comportement alimentaire de nos poulettes.

L'efficacité alimentaire se traduit essentiellement par l'évaluation de l'indice de consommation (IC). L'indice de consommation enregistré du lot T3 est de $3,23 \pm 0,60$. Ceux des lots T0, T2 et T1 sont de $3,30 \pm 0,68$; $3,35 \pm 0,92$ et de $3,43 \pm 0,48$ respectivement. Sur le plan statistique, les indices de consommation des différentes provendes ne présentent aucune différence significativement ($P \geq 0,05$) entre eux. Ces indices constituent de bons indicateurs d'une alimentation équilibrée au niveau de tous les nutriments nécessaires à la santé et au bon développement des volailles.

La croissance pondérale des poulettes a été évaluée. Le poids moyen des poulettes nourries avec les provendes T0 (témoin) et T2 (50% tourteaux de cajou) ont été significativement ($p \geq 5\%$) plus élevés que ceux des poulettes alimentées avec les provendes T1 et T3. Cependant entre les lots T0 et T2, aucune différence significative ($p \geq 5\%$) n'est observée de même entre les lots T1 et T3. Les poids moyens corporels de nos poulettes ayant subi différent traitement ont augmenté chaque semaine au-cours de la phase croissance (S7 à S16). Allant de 493,27 à 1325,17 g (T0), de 495,01 à 1293,94 g (T2), de 477,16 à 1091,44

g (T1) et de 469,16 à 1090,15 g (T3). Ces résultats sont inférieurs à la recommandation ISA Brown (1370 à 1470 g). Toutefois, les résultats des lots T0 et T2 sont supérieurs à ceux obtenus par Toussou *et al* [57] avec les souches Harco (1243g), ISA Brown (1177g) et Lohman (1142g). Quant aux lots T1 et T3 les résultats sont comparables à celui obtenu par Enouheran [58]. Cet auteur a obtenu à S15 (1033 à 1171,50g) pour des niveaux d'incorporation de la poudre des feuilles de moringa *oléifera* dans les rations de poules pondeuses ISA Brown. Les faibles résultats enregistrés avec les lots T1 et T3 pourraient s'expliquer par le faible niveau de consommation des poulettes de ses respectifs lots. Selon Beaumont *et al* [59] l'alimentation de la poulette influence sa courbe de croissance et donc son poids vif et sa composition corporelle au moment de l'entrée en ponte. Les poulettes n'ayant pas consommées le maximum de provende ont eu une courbe d'évolution plus faible par rapport aux poulettes ayant consommées le plus de provende chaque jour. Ainsi, l'alimentation de la poulette a une influence sur la croissance pondérale de celle-ci.

Le gain moyen quotidien (GMQ) sert tout d'abord à évaluer la croissance d'un animal à différents moments de sa vie. Les GMQ ont varié d'un traitement à l'autre. Les GMQ des poulettes soumises aux provendes T0 ($12,90 \pm 6,03$ g / j) et T2 ($12,30 \pm 4,51$ g / j) sont supérieurs aux valeurs 10,0 g / j (ESPOIR) et 9,0 g / j (SR21 et CPAVI) trouvées par Hien *et al* [60] de leurs études effets d'une ration à base de la variété de maïs « Espoir » sur la productivité des poulettes. Quant au lot T3 ($9,37 \pm 2,62$ g / j) et T1 ($8,51 \pm 8,13$ g/j), ils sont voisins des résultats SR21 et CPAVI (9,0 g / j) [60]. Le GMQ sert à comparer les performances des races entre elles. Il est un indicateur de croissance des animaux. La croissance des poulettes nourries avec les provendes T0 et T2 expriment une bonne réaction des formulations mises à leur disposition comparativement aux lots nourris avec les provendes T1 et T3.

Aucun cas de mortalité n'a été enregistré quelle que soit le traitement. Ce résultat corrobore ceux de Silué *et al* [16]. Ces auteurs n'ont enregistré de mortalité pendant leur expérimentation, lorsqu'ils soumettent aux poules pondeuses de souche ISA Brown différents régimes expérimentaux (R10, R15 et R20) composé respectivement 10; 15 et 20 % tourteaux de cajou. Le tourteau d'amandes de noix de cajou ne contiendrait pas de facteurs antinutritionnels létaux pour la volaille. Selon certains travaux, les tourteaux contiennent une quantité intéressante de substances nutritionnelles excellentes telles que les acides aminés pour la viabilité des poules aussi bien en cage qu'au sol [16]. Le tourteau de cajou contient des facteurs chimiques (bromatologiques, vitaminiques, minéraux, acides aminés etc.) pour la viabilité des poulettes.

6 CONCLUSION

L'objectif de la présente étude était d'évaluer les effets du tourteau de cajou (*Anacardium occidentale* L) sur les performances zootechniques des poulettes en phase croissance. Les résultats ont montré que les provendes à base de tourteau de cajou ont amélioré les paramètres zootechniques mais pas de façon significative. Dans tous les lots, une augmentation de la croissance pondérale a été observée allant de 469,2g à 1325 g. Le GMQ a varié de $8,51 \pm 8,13$ g / j (T1) à $12,90 \pm 6,03$ g / j (T0) tandis que l'ingéré alimentaire (IA) a varié de $2514,20 \pm 388,50$ g (T3) à $2969,87 \pm 478,54$ g (T0). Aussi, l'indice de consommation (IC) a varié de $3,23 \pm 0,60$ (T3) à $3,43 \pm 0,48$ (T1).

En sommes, nous recommandons l'incorporation du tourteau de cajou dans les provendes destinées aux poulettes en phase croissance comme une source alternative de protéines en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [1] FAO, Passerelle sur l'aviculture et les produits avicoles. FAO.org/poultry-production. Consulté le 18/07/2020, 2020.
- [2] V. Autissier, Jardins de villes, Jardins des champs: maraîchage en Afrique de l'Ouest du diagnostic à l'intervention, Edition GRET 295 p, 1994.
- [3] P. Moustier, O.David, Le maraîchage périurbain dans quelques situations africaines, 2001.
- [4] J. Bruinsma, World Agricultural: Towards 2015/2030, An FAO Perspective, Rome, FAO, Earthscan, 2003.
- [5] FIRCA, Acte 8 la filière avicole; N°8 du 2ème trimestre 2011.
http://www.firca.ci/images/sw_journaux/09052013143535.pdf, 2011. Consulté le 10 mai 2014.
- [6] IPRAVI, Statistiques de production, importation et commercialisation de produits avicoles de 2000 à 2013.
<http://www.ipravi.ci/presentation/20/Statistiques>, 2014.
- [7] H. Ducroquet, P. K. TillieLouhichi, et S. Gomez-Y-Paloma, L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la loupe état des lieux des filières de production végétales et animales et revue des politiques agricoles, 2017.
- [8] CNRA., Programme production d'élevage
<http://www.cnra.ci/descprog.php?id=14&prog=Productions%20d%27%E9levage> et act=present, 2014.
- [9] T. Baksh, African Farming and Food Processing (Egg Production) 112 – 113, 1998.

- [10] M. Larbier et B. Leclercq, Nutrition et alimentation des volailles. INRA, Paris, 355 p, 1989.
- [11] Y. Thiemoko Effet de l'incorporation de la farine basse de riz dans l'alimentation des poulets de chair. Bull. Anil11. Hlth. Prod. Afr., 40, 161 – 165, 1992.
- [12] Diallo, Elevage intensif: perspectives après dévaluation; le déficit de l'alimentation avicole. Afrique agriculture, 221, 20 – 40, 1994.
- [13] F. Doumbia, L'approvisionnement en intrants de la filière avicole moderne au Sénégal. Thèse: Méd. Vét: Dakar; 27p, 2002.
- [14] M. Dahouda, S.S. Toleba, M. Senou, A.K. Youssao, A. Hambuckers et J. Hornick, Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique: valeurs nutritionnelles et contraintes. Ann. Méd. Vét., 153: 5-21, 2009.
- [15] M. Picard, B. Sauveur, F. Fenardji, I. Angulo, Et P.Mongin, Ajustements technico-économiques possibles de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. INRA productions animales, 6 (2): 87103, 1993.
- [16] F.E Silue, H. Ouattara, A. Meite, K.D.V. N'goran, C. Veronique, C.S Kati. Performances Zootechniques, Économiques et Qualité Physique des Œufs Des Poules Soumises À des Régimes Alimentaires Apportant Différentes Concentrations De Tourteau D'amandes de Noix de Cajou (Côte d'Ivoire). European Scientific Journal January 2020 edition Vol.16, No.3 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. 17 p, 2020.
- [17] B. E. Sonaiya et E.L.H.F. Gueye, Bulletin RIDAF. (3), 1998.
- [18] A.O.A.C, Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC, Etats Unis, pp 200-210, 1990.
- [19] AOAC, Official Methods of Analysis Chemists. Washington D.C. 808-1113, 1999.
- [20] I.M. Aubry, Détermination de la teneur en cellulose brute dans les aliments pour animaux version date d'application. In Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire (Vol. 7, pp. 1–8), 2012.
- [21] INRA, L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA, 2^{ème} éd. Paris, 282p, 1989.
- [22] V.J Houba, I. Walinga, J.J. Van der Lee, W. Van Vark, Plant analysis procedure (part 7, chapter 2. 3). Wageningen, The Netherlands. Department of Soil Sciences and plant Analysis, 1980.
- [23] B.A. Bindlingmeyer, S.A. Cohen, T.L. Tarvin, Rapid analysis of amino acids using precolumn derivitization. In J. Chromatogr.336, 1984.
- [24] R. Larid, Valorisation des sous-produits de tomates en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille (Cas des poules pondeuses). Master. Université M'hamed Bougara Boumerdes, Boumerdes, 174 p, 2012.
- [25] C. Peyronnet, J.P. Lacampagne, P.L. Cadre et F. Pressenda, Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail en France : la place des oléoprotéagineux. OCL 21, D402, 2014.
- [26] INRA., Caractéristiques granulométriques de l'aliment: le « point de vue » (et de toucher) des volailles. 14p, 2000.
- [27] A. Périnet Pesticides, risques et sécurité, Comité Sécurité Alimentaire d'Aprifel, toxicologie, Aprifel, Paris.p2016, 2004.
- [28] M. Fabrice, Cahier technique, alimentation des volailles en agriculture biologique. Chapitre 04. Généralités sur la conduite de l'alimentation. 68p, 2015.
- [29] J. Toure, Contrôle de la qualité granulométrique et nutritionnelle des aliments pour animaux à la Société Meunière et Avicole du Gabon (SMAG). 12p. Appl. Biosci, 2020.
- [30] F.V.H. Manassé, Contribution à l'étude des effets de l'augmentation des taux de graine de soja dans les aliments des poules pondeuses, souche commerciale SHAVER 777, sur la production d'œufs. Mémoire de fin d'étude, Université d'Antanarivo Ecole Supérieure de Sciences Agronomiques Département: ELEVAGE. 140p, 1999.
- [31] O.C.C, Norme 052/ 4-1 Relatif au contrôle des aliments dérivés des farines, 1998.
- [32] G. Leyral et E. Vrielling, Microbiologie et toxicologie des aliments: Hygiène et sécurité alimentaires. 2 éd. DOIN, pp.81-162, 1997.
- [33] Y. Chaloub, Guide pratique d'alimentation des monogastriques porcs-lapins-poules. Centre de Recherche Agronomique de Foulaya (Guinea), Centre technique de Coopération Agricole et rural, Wageningen, Pays-Bas, 18p, 1984.
- [34] M.A. Bedrane, Alimentation et besoins alimentaires des poules pondeuses, agronomie Info, 9 p. www.google.com/amp/s/agronomie.info/fr/alimentation-besoins-alimentaires-de-poule-pondeuse/amp/, 2016.
- [35] R. Ponka, A. Goudoum, A. Chami Tchougouelieu et E. Fokou, Evaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord-Ouest Cameroun Int. J. Biol. Chem. Sci. 10 (5): 2073-2080, 2016.
- [36] Novogen. Guide d'Élevage poules commerciales. Tél. + 33 (0) 2 96 58 12 60 - Fax + 33 (0) 2 96 58 12 61 contact@novogen-layers.com /www.novogen-layers.com, 2015.
- [37] J. P. Melcion, La granulométrie de l'aliment: Principe, mesure et obtention. *Inra Prod. Anim*, 13 (2): 81- 97, 2000.
- [38] C. Dragoul, G. Raymond, J. Marie-Maeleine, J. Roland, L. Marie-Jacqueline, M. Brigitte, M. Louis et T. Andre, Nutrition et alimentation des animaux d'élevage Tome 2. Page 34-35. Educagri Edition, Dijon. ISBN 978-2-84444-347-2, 2004.
- [39] ITAB, Cahier Technique - Produire du poulet de chair en AB. Disponible sur le site de l'ITAB <http://www.itab.asso.fr/downloads/fiches-elevage/cahier-poulets-web.pdf>, 2009.

- [40] ITAB, Cahier technique - Produire des œufs biologiques. Disponible sur le site de l'ITAB <http://www.itab.asso.fr/downloads/cahiers-élevage/cahier-pondeuses-web.pdf>, 2010.
- [41] K.P. Malumba, Une approche programmatique dans la formulation des aliments complets pour volaille. Mémoire présenté et défendu en vue de l'obtention du grade d'Ingénieur Agronome. Agronomie générale; Orientation: Chimie et Industries Agricoles. 72p, 2000.
- [42] W. Vervack, Guide de laboratoire de biochimie de la nutrition: analyse des aliments. LOUVAIN LANEUVE. pp.10-40, 1982.
- [43] D. Thierry, Contribution A L'étude De La Qualité -Nutritionnelle Des Aliments Et Matières Premières Utilises En Aviculture Dans La Zone Péri-Urbaine De Dakar. Mémoire De Diplôme D'études Approfondies. Université Cheikh Anta Diop – Dakar. 30 p, 2005.
- [44] Y. Franck, La formulation des aliments volailles. ITAVI. 12p, 1978.
- [45] R. Parent, A. Dulgen, P. Steyaert, D. Legrand, Guide pratique d'aviculture moderne en climat sahielo-soudanien de l'Afrique de l'Ouest, 1989.
- [46] B. Anselme, L'aliment composé pour la volaille au Sénégal: situation actuelle, contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales. Thèse. Méd. Vét.: Toulouse; 87p, 1987.
- [47] M. Larbier et B., Leclercq, Nutrition et alimentation des volailles. INRA, Paris, 349 p1992.
- [48] S.N. Nga Ombede, Effet de la nature des céréales et de la taille particulière sur les performances zootechniques des poulets de chair, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Thèse pour le grade de Docteur Vétérinaire, 117p, 2009.
- [49] M. Snowdon, Alimentation du bétail avec le soja entier, Bulletin sur la nutrition, Brunswick, Canada, p95.1. <https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/10/agriculture/content/betail/bovins/soja.html>, 1995.
- [50] M-C. Leborgne, C. Bréchet, L. Delteil, E. Fournier, Nutrition et alimentation des animaux d'élevage: l'alimentation des monogastriques; l'alimentation des polygastriques. Tome2, Educagri, 356p, 2013.
- [51] A. Pointillart, Phytates, phytases: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *Point Vél.*, 25 (7): 877-884, 1994.
- [52] normes ISA., ISA BROWN guide nutritionnel des pondeuses commerciales, 23p. www.isapoultry.com, 2011.
- [53] INRA, Alimentation des volailles: le poulet de chair -5ème ed.- Versailles: Edition INRA.-25p, 1992.
- [54] H. N. International GmbH, brown nick pondeuses à œufs roux. Nouveau guide d'élevage. 77p. E-mail: info@hn-int.com | Internet: www.hn-int.com, 2020.
- [55] F.J. Dayon. et B. Arbelot, Guide d'élevage des volailles au Sénégal. 113p, 1997.
- [56] J.R. Ganchrow, J.E. Steiner, A. Bartana, Behavioral reactions to gustatory stimuli in young chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Dev. Psych.*, 23, 103-117, 1990.
- [57] E. Tossou, Développement de nouveaux composites hybrides renforcés par des fibres de carbone et de lin: mise en oeuvre et caractérisation mécanique. Mécanique des matériaux [physics.class-ph]. Normandie Université. Français. Thèse pour obtenir le diplôme de doctorat. Spécialité mécanique des solides, génie mécanique, productique, transport et génie civil. 232p, 2019.
- [58] M. H. M. Enouheran, Effets de la poudre de feuille de *MORINGA Oleifera* incorporée à l'aliment du GVS sur les performances de croissance chez les poulettes ISA Brown. Rapport de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Licence professionnelle 66p, 2017.
- [59] C. Beaumont, F. Calenge, H. Chapuis, J. Fablet, F. Minvielle, M. Tixier-Boichard, Génétique de la qualité de l'œuf. In: Numéro Spécial, Qualité de l'œuf. Nys Y. (Ed). Inra Prod. Anim., 23, 123-132, 2010.
- [60] O.C. Hien, B. Diarra et Y. Coulibaly, Effets d'une ration à base de la variété de maïs « Espoir » sur la productivité des poulettes. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11 (2): 806-816, 2017.

Methods of attenuation for harmonics produced by variable speed drives used in a brewing company: Case of Bralima Kinshasa (RD Congo)

Tangenyi Okito Marcien², Meni Babakidi Narcisse¹, and Kinyoka Kabalumuna God'El²

¹Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Electronic section, Kinshasa, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale, Faculty of Sciences, Department of Physics and Applied Sciences, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 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 article encompasses a technical and mathematical description of the six-pulse drives used in industry and the verification of the percentage of current harmonics produced by each of them. An analysis of the total harmonic content produced by the six-pulse drives commonly used at Bralima RD Congo will be carried out, for this purpose the harmonic spectra given by the drive manufacturer are simulated in ETAP software to subsequently run a harmonics stream and assess compliance with technical service quality indices. In the event of non-compliance, the harmonic mitigation techniques will be plated and verified. The result includes analyzes and simulations based on real Bralima data and a technical guide for mitigating the harmonic currents produced by six-pulse drives is presented.

KEYWORDS: Six-pulse drives, load, harmonic content, power quality, harmonic content mitigation.

1 INTRODUCTION

One of the main concerns in industrial processes is the quality of energy, which is directly related to the payment on the electric bill, whether due to penalties for low power factor, current harmonic distortion, or unexpected electrical consumption as a result of the operation of nonlinear charges. These non-linear loads include among others: soft starters, variable speed drives, computers, UPS and other electronic devices such as lighting, welding material and uninterruptible power supplies [1]. Most non-linear loads used in different types of electronic systems can increase harmonic disturbances by injecting current harmonics directly into the distribution network. These loads generate harmonics that produce losses in the electrical distribution network.

Industries use variable speed drives of six, twelve and twenty four pulses to be able to control the speed of their rotating electrical machines. The six-pulse drive is the most economical for speed control applications and therefore is the most widely used equipment for production processes, either for starting motors or for speed regulation in processes. The power electronics present in these variable speed drives make them important non-linear loads present in power systems. At present there are severe international standards referring to electromagnetic compatibility, as well as local regulations to be complied with both by the companies providing electrical service and by the users themselves [2, 3].

In an effort to reduce costs in their equipment acquisition processes, industries select the six-pulse drive because it is the most economical, without taking into account its low performance and its significant contribution of harmonic content to the electrical network, this affects the users close to the industry's common point of attachment. The objective of this article is to carry out an analysis of the harmonic content produced by six-pulse drives in the industry and to determine an adequate method of mitigation.

2 FOUNDATIONS

Harmonic distortion in an electrical system is mainly caused by the connection of devices and non-linear loads in which the current is not proportional to the applied voltage. Figure 1 illustrates this concept, a sinusoidal voltage can be applied to a non-linear resistor, the voltage and current will vary according to the curve shown, that is, a small variation in voltage can cause large increases in current, in addition, It is observed that while the applied voltage is perfectly sinusoidal the resulting current is distorted due to the non-linear element.

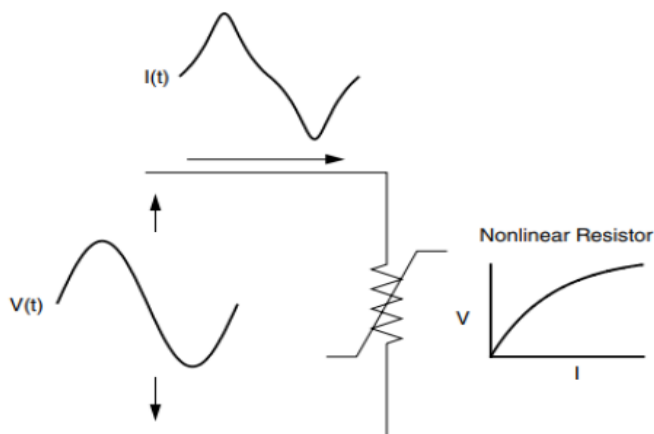


Fig. 1. Current distortion caused by non-linear elements [3]

2.1 STATIC POWER CONVERTERS

Static power converters are used in the industry to carry out the conversion process from alternating current to direct current through rectifiers, which are commonly six and twelve pulses. The order of the characteristic harmonic currents produced by a rectifier is given by the expression [4]:

$$h = k \cdot p \pm 1 \quad (1)$$

Where:

h = harmonic order

p = number of rectifier pulses (6 or 12)

k = integer number (1,2,3...)

And the magnitude of the harmonic currents is obtained by:

$$I_h = \frac{I_1}{h} \quad (2)$$

Where:

I_h = harmonic current of order h .

I_1 = magnitude of the fundamental current.

Figure 2 illustrates the spectrum of characteristic harmonics for the six-pulse rectifier, where it is observed that the fifth and seventh order harmonic currents are the largest.

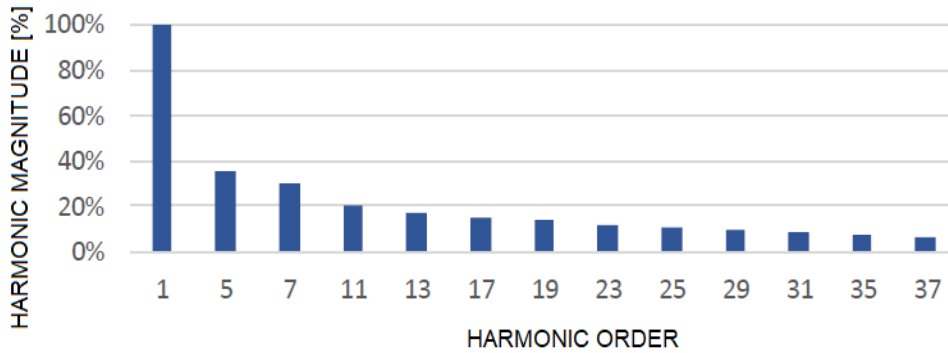


Fig. 2. Characteristic harmonic spectrum - six pulse rectifier

2.2 IEE 519-1992 “RECOMMENDATIONS AND REQUIREMENTS FOR THE CONTROL OF HARMONICS IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS” [5, 6]

This guide will be used in the design of power systems with nonlinear loads. The limits established in this document are for steady-state operation and it is advisable to assume "the worst conditions". Transient conditions may be encountered that exceed these limits. In any case, the limit values indicated in this document are recommendations, there is a certain ideology that should not be taken into account in certain cases.

This standard must be applied at the connection points between the distribution system and the users. The limits of this standard are intended for application at the point of common coupling (PCC) between the distribution system and the user, where the PCC is generally the closest point to the distribution system where it offers its service to the most users.

2.2.1 RECOMMENDED HARMONIC VOLTAGE LIMITS

At the PCC, the distribution system or users must limit the line-to-neutral voltage harmonics in such a way that they comply with Table 1:

Table 1. Value of currents per harmonic order.

| Individual voltage at the PCC | Individual Harmonic (%) | THD (%) |
|-------------------------------|-------------------------|---------|
| $V \leq 1.0$ kV | 5.0 | 8.0 |
| 1 kV $< V < 69$ kV | 3.0 | 5.0 |
| 69 kV $< V < 161$ kV | 1.5 | 2.5 |
| 161 kV $< V$ | 1.0 | 1.5 |

2.2.2 RECOMMENDED CURRENT DISTORTION LIMITS FOR SYSTEMS RATED 120 V TO 69 Kv

The limits in this standard apply to users connected to systems where the nominal voltage at the PCC is from 120 V to 69 kV. At the PCC, users must limit their harmonic currents according to Table 2.

Table 2. Current distortion limits for systems rated 120 V to 69 kv.

| Maximum harmonic current distortion in percent of IL * | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Individual harmonic order (odd harmonics) ** | | | | | | |
| Isc/IL | 3<=h <11 | 11<=h<17 | 17<=h<23 | 23<=h<35 | 35<=h<50 | THD [%] |
| <20*** | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5.0 |
| 20<50 | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 8.0 |
| 50<100 | 10.0 | 4.5 | 4.0 | 1.5 | 0.7 | 12.0 |
| 100<1000 | 12.0 | 5.5 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 15.0 |
| >1000 | 15.0 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.4 | 20.0 |

3 METHODOLOGY

3.1 PRACTICAL GUIDE FOR THE MITIGATION OF HARMONICS IN THE INDUSTRY

The description of the processes carried out by an industry is necessary to have an idea of the electrical elements that interact within each of the processes and the electrical effects that occur when executing them.

3.1.1 DESCRIPTION AND GEOGRAPHICAL LOCATION OF THE INDUSTRY

The geographic location of the industry is useful for modeling and simulation of the industry, based on the location, the Thevenin equivalent is requested at the point of connection to the energy distribution company that supplies energy to the sector where the facilities operate.

3.1.2 MEDIUM VOLTAGE DATA

This data is provided by the distribution company that provides energy to the region where the industry operates. The main connection starts from the distribution transformer closest to the industry and ends at the high voltage terminals of the transformer that will supply the industry's demand.

3.1.3 LOW VOLTAGE DATA

The secondary connection begins from the low voltage terminals of the transformer that will supply the demand of the industry in question, and ends at the entrance of the equipment used for the energization or de-energization of electrical equipment in the industry (Switchgear), equipment used for motor control (MCC).

3.1.4 VARIABLE SPEED DRIVES

Variable speed drives are systems that are located between the electrical power supply and the electric motors. They are used to regulate the speed of rotation of alternating current (AC) motors. The plate data necessary for the simulation of an industry that has variable speed drives are:

- Rated voltage [V]
- Rated current [A]
- Current harmonic spectrum [%]

3.2 MODELING AND SIMULATION

To carry out the simulation of an industry, it is necessary to use software which must be friendly when entering data, performing power flows, calculating short circuits, harmonic flows and dynamic simulations in each of the scenarios required by the user.

The ETAP 19.0.1 simulation software is a friendly software, it has the necessary modules to carry out: harmonic flows, short-circuit analysis, power flows, electric arc analysis, etc.

3.2.1 INDUSTRY DESIGN

In order to make an ideal and representative diagram of an industry in ETAP 19.0.1, it is necessary to have as a reference a single-line diagram of the industry in detail, in which the plate data collected previously has been specified: thevenin equivalent, main connection, transformer, secondary connection, switchgears, MCC's, variable speed drives and high power loads.

3.2.2 DATA ENTRY IN THE SOFTWARE ETAP

With the single-line diagram of the industry modeled in ETAP, the collected data is entered, one of the most important data is the value of the Thevenin equivalent.

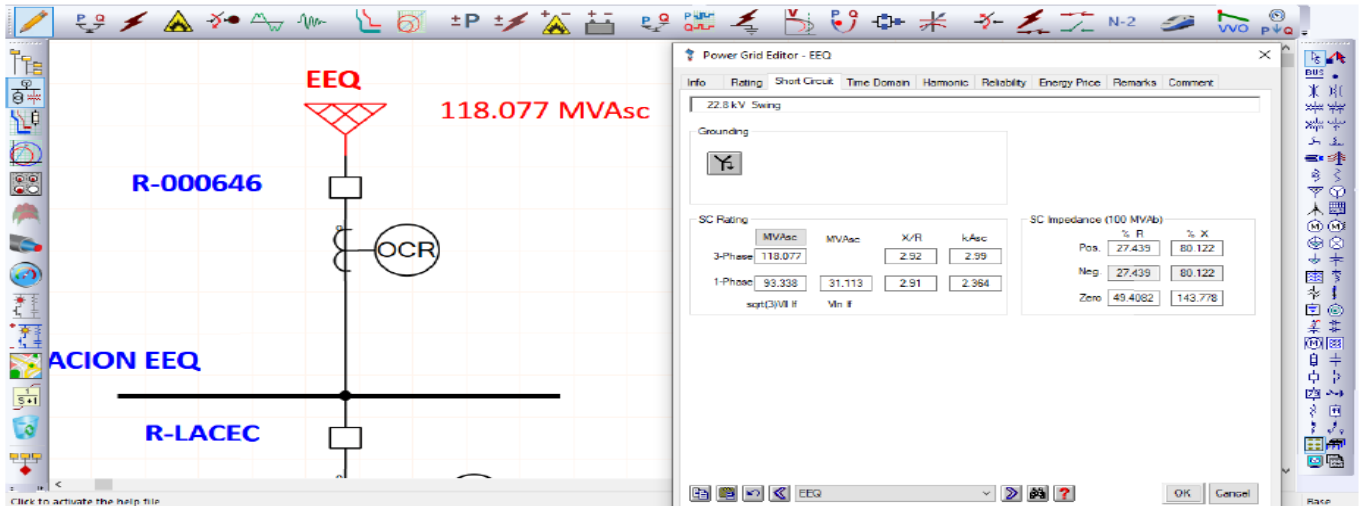


Fig. 3. Thevenin equivalent data entry

Figure 2.4 details the data requested by the equivalent module of thevenin (power grid editor) in ETAP, these are:

- Information (info): this tab is used to include all the information about the network to which it is connected, identification, type of network, etc.
- Classification (rating): this tab is used to include the nominal value of the voltage that thevenin equivalent will deliver to the industrial user.
- Short circuit: this tab is used to include the information provided by the power distribution company in order to model the electrical network as a source for studies of short circuits, harmonic flows, power flows, motor starting, transient stability, coordination of protections, etc.

The tabs detailed above are the most important for modeling the network to be studied.

3.3 DESIGN OF THE HARMONIC FILTER FOR THE MITIGATION OF CURRENT HARMONICS

The design of a harmonic filter requires information about the power system and the environment in which the harmonic filter will be installed. This information includes system characteristics such as the nominal line-to-line voltage of the system, the typical BIL of the equipment for the system voltage level, and the fundamental frequency. Environmental data, such as ambient temperature, wind load, etc., must be available. The owner must make decisions, such as the location of the equipment (interior or exterior) and operating restrictions, before the design begins, since these decisions will affect certain aspects of the design. A clear understanding of the equipment's current duty cycle and switching repetition rates is also important for design.

On-site harmonic measurements are the most accurate means of obtaining harmonic information if loads are already installed. Otherwise, the equipment manufacturer must provide the harmonic characteristics.

3.3.1 STEPS TO DESIGN HARMONIC FILTER

STEP 1: DETERMINATION OF REACTIVE POWER FOR THE HARMONIC FILTER

In addition to harmonic filtering, the filtering equipment will provide the system with capacitive reactive power that will improve power factor and help maintain voltage under high demand conditions.

Power flow schedules are often used to determine capacitive reactive power requirements. Factors that should be considered when conducting these studies are:

- Number of steps of the harmonic filter capacitor to be switched.
- System voltage variation range.
- Load variation range.
- Power system configurations: normal and contingency, existing and planned.

STEP 2: SELECTING THE HARMONIC FILTER TO TUNE

Based on the generation of harmonics, an initial estimate of the tuning of the harmonic filter will be made. Tuning is done to reduce harmonic voltage and current distortion to meet this goal, the harmonic filter will normally be tuned to the lowest frequency of the most significant harmonics.

STEP 3: OPTIMIZING THE FILTER DESIGN

Harmonic studies will make it possible to determine the quantity, tuning and location of harmonic filters based on compliance with established or regulated harmonic content limits. Factors to consider when conducting these studies are summarized below:

- Number of harmonic filter steps to be switched
- Interruption of a harmonic filter, if more than one harmonic filter is used
- System voltage variation range
- Range of load variation
- Normal and contingency power system configurations
- Detuning of the harmonic filter due to changes in the system frequency, component manufacturing tolerance range, capacitance variation with severe temperatures and harmonic filter capacitor unit outages
- Characteristic and non-characteristic harmonics
- System background harmonics

If the distortion levels are still too high, it may be because the addition of a harmonic filter has caused a new parallel resonance with the system near one of the lower frequency harmonics. In this case, it may sometimes be appropriate to retune the harmonic filter to the lower harmonic frequency. If not, multiple tuned harmonic filters may be required.

STEP 4: CLASSIFICATION OF THE COMPONENTS

Once the performance of the harmonic filter is optimized, the component ratings are determined. Sometimes the process is iterative, requiring adjustments to the harmonic filter design if component standards cannot be met.

4 RESULTS

4.1 APPLICATION OF THE DESIGN GUIDE FOR THE MITIGATION OF HARMONIC CONTENT IN THE BRALIMA INDUSTRY

4.1.1 MAIN DATA OF THE BRALIMA INDUSTRY

The information for the determination of the Thévenin equivalent at the connection point of the BRALIMA industry is provided in Table 3 where the values of the connection point are detailed.

Table 3. Thévenin equivalent at the connection point Bralima Industry

| Substation/ Primary | Voltage Level (kV) | Type of fault | Ikss (kA) | Skss (MVA) | Ip (kA) | R1 (ohm) | X1 (Ohm) | R0 (ohm) | X0 (ohm) |
|------------------------|-----------------------|---------------|-----------|------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 58A | 22.8 | Triphasic | 2.96 | 68.12 | 7.28 | 15.88 | 46.51 | N/A | N/A |
| | | Single Phase | 2.34 | 31.15 | 5.74 | 15.88 | 46.51 | 28.78 | 83.33 |

4.1.2 MAIN CONNECTION

The BRALIMA industry is interconnected with the electrical system of the SNEL Company at the medium voltage level (20 kV) in the 58 A primary from the HC-2000 pole with an OID-214081 knife-type disconnector in series with a recloser; From here, a three-phase feeder of caliber ASCR-4/0AWG for the phase and ASCR-1/0 for the neutral starts, with an approximate length of 398 m up to the PC12-500 pole. The OID-214082 disconnector is located at this point and starts a derivation with a distance of 80 m towards the T-175648 150kVA-20 kV/220V transformer.

4.1.3 SPEED VARIATORS

The variable speed drives installed in the industry are of different powers since they are associated with different motors in each of the work areas. Table 4 presents the most important data of the industry's variable speed drives.

Table 4. Thévenin equivalent at the connection point Bralima Industry.

| FC speed variator | Nominal Voltage [V] | Nominal Current (ND) [A] | Nominal Current (HD) [A] |
|-------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| FC110003T4OFAYZ | 380-400 | 13.5 | 11 |
| FC110038T4OFAYZ | 380-400 | 88 | 71 |
| FC110088T4OFAYZ | 380-400 | 211 | 180 |
| FC110370T4OYZ | 380-400 | 370 | 312 |
| FC110477T4OYZ | 380-400 | 398 | 286 |

The equipment used in the Bralima industry in the different production areas generate current harmonics of order 5, 7, 11, 13, 17, 19, etc.; Figure 4 indicates the characteristic harmonic spectrum of these equipment referenced to the standard.

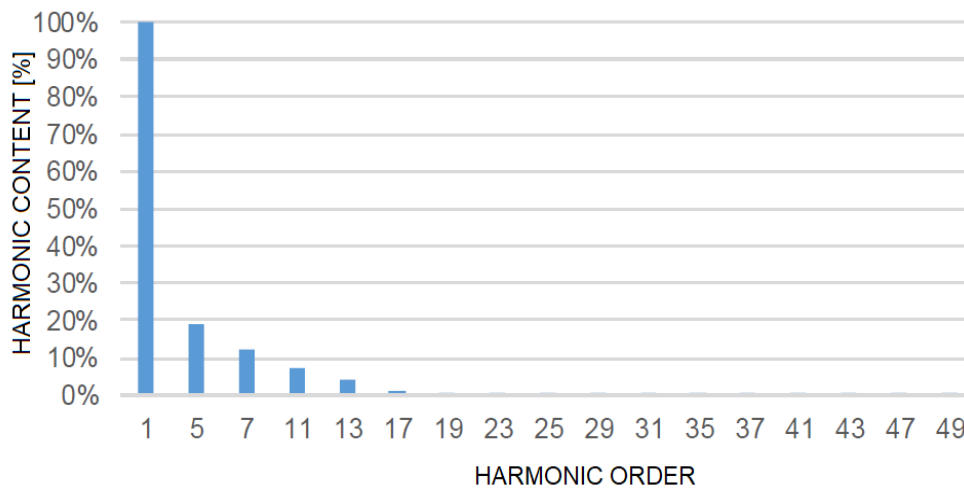


Fig. 4. Harmonic spectrum for six-pulse FC drives

Based on measurements obtained from a network analyzer installed in the FC110307T4OYZ drive for a period of 6 minutes at 20-second intervals, the data of the generated harmonic content was obtained, which is presented in Figure 5.

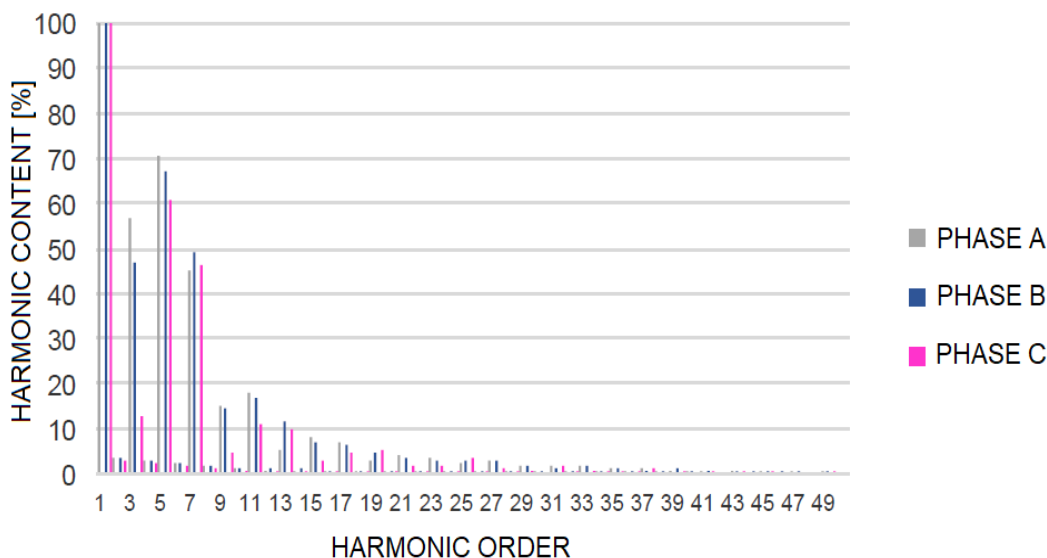


Fig. 5. FC110307T4OYZ current harmonic spectrum

4.2 HARMONIC FILTER DESIGN

The harmonic content generated by the six-pulse drives installed in the industry is very high and this generates a large consumption of unnecessary electrical energy and distortion in the voltage and current waves throughout the industry. An alternative to reduce unnecessary consumption and improve the quality of the waves is the installation of passives filters.

In the case of the Bralima industry, there are data on the harmonic flow obtained from the simulation, on this basis the design of the harmonic filter that mitigates the harmonic content of the industry is carried out.

Therefore, we proceed to model the active filter in the Etap software and verify if it mitigates the disturbances that are present in the industry.

At the time of incorporating the filter in the simulation, the values of the ICC/IL and TDD ratio change, Table 5 has the values obtained in the simulation without the incorporation and with the incorporation of the harmonic filter.

Table 5. Individual current THD and voltage THD on the industry PCC

| COMPARISON | UNFILTERED | WITH FILTER |
|------------|------------|-------------|
| ICC/IL | 37.450 | 42.090 |
| TDD [%] | 23.808 | 12.976 |

5 ANALYSIS

The simulations carried out in this article consider a detailed modeling that allows creating operating scenarios that adequately approximate the real operating conditions of the industry under analysis, in this way it is possible to obtain more real values of power flows and harmonic flows in the different operating scenarios. To carry out a power quality analysis in an industry that has non-linear loads, it is necessary to have extensive knowledge about the electronic and electrical equipment that generate disturbances and what are the possible solutions that can be applied to reduce the harmonic content generated.

6 CONCLUSION

In this article, for the evaluation of the current harmonic content produced by the industry, the TDD indicator was used, with which a general evaluation of all the harmonic content was made, thus allowing to avoid making an individual comparison of the harmonic content. The filters, calculated to reduce the harmonic content, are of simple characteristics and have a resonant impedance at low frequency. The harmonic spectrum of variable speed drives typically used in the industry, obtained

through measurements, does not resemble the one provided by the manufacturer. It is important to be clear about the concept of PCC (common coupling point) since there is a lot of confusion between the place of installation of the filter and the place of measurement of the harmonic content. In the first case, the load where the highest content is being generated is sought. harmonic, to install the filter near that place, and in the second case, it is the place or site where the distribution company measures the harmonic content, generally in medium or high voltage.

ACKNOWLEDGMENTS

We have the obligation to fulfill a pleasant duty, that of thanking all the people who have contributed from far or near to the writing of this article.

REFERENCES

- [1] Moradi, Arash, Jalil Yaghoobi, and Firuz Zare. «A Precise Model of DC-Link Current in Adjustable Speed Drives for the Harmonic Analysis of Electrical Networks.» *IEEE Access* 10 (2022): 45663-45676.
- [2] Ali, Qasim, Syed Sabir Hussain Bukhari, and Shahid Atiq. «Variable-speed, sub-harmonically excited BL-WRSM avoiding unbalanced radial force.» *Electrical Engineering* 101.1 (2019): 251-257.
- [3] Dugan, Roger C., et al. «Electrical Power Systems Quality.– McGraw-HillCompanies.» Inc., NY, USA (2012).
- [4] Martinez-Velasco, Juan A., ed. *Transient Analysis of Power Systems: A Practical Approach*. John Wiley & Sons, 2020.
- [5] Imam, Amir A., R. Sreerama Kumar, and Yusuf A. Al-Turki. «Modeling and simulation of a PI controlled shunt active power filter for power quality enhancement based on PQ theory.» *Electronics* 9.4, 637, 2020.
- [6] Kebir, Ahmed Amine, Mouloud Ayad, and Saoudi Kamel. «Effects of harmonics and voltage unbalance on the behavior of a five-phase permanent magnet synchronous machine.» *Archives of Electrical Engineering*, 471-488, 2022.

Impact of harmonics on the power factor in an industrial network

Tangenyi Okito Marcien¹, Meni Babakidi Narcisse¹, and Kinyoka Kabalumuna God'El²

¹Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Electronic section, Kinshasa, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale, Faculty of Sciences, Department of Physics and Applied Sciences, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 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: Today the power quality of industrial systems is a growing concern for electrical and electronics engineers. The main reason for deteriorating power quality is the high level of harmonics. Harmonics in industry are produced from many sources, primarily variable speed drives and rectified loads. The injection by non-linear loads of harmonic currents contributes significantly to the degradation of the power factor resulting in an increase in reactive power and apparent power. In this study, the analysis of harmonics will be presented in the brewing industry case of Bralima DR Congo using a PEL 103 meter. The measured THD values for voltage and current will be used to analyze their impact on the power factor. Some solutions are proposed for the reduction of harmonics and the correction of the power factor (PFC) at the same time in order to reduce the reactive and apparent powers and also to reduce the energy consumption impacting on the expenses due to the billing of electrical energy.

KEYWORDS: Harmonic analysis, power factor, voltage measurement, power quality, industries.

1 INTRODUCTION

The electrical energy mainly distributed by a three-phase system in the sinusoidal form makes it possible to supply the power necessary for the equipment and materials of electrical engineering. It is particularly the sinusoidal aspect of the original voltage that it is necessary to preserve, in order to preserve its essential qualities for the transmission of the useful power to the terminal equipment. When the voltage waveform is no longer sinusoidal, it is said to be harmonic distortion produced by nonlinear loads; disturbances then appear which generate malfunctions and overheating of the receivers and equipment connected to the same power supply network or harmonic pollution [1].

Harmonic pollution is a disturbance defined as a distortion of the waveform of a pure sinusoidal signal. On the electrical network, waveform disturbances are mainly due to the presence of non-linear loads. In terms of functions, the current and the voltage represent the waves or sinusoidal functions whose disturbance is manifest. Harmonics are sinusoidal signals whose frequencies are multiples by natural numbers (n) of the fundamental frequency [2].

Non-linear loads represent many industrial and domestic equipment, are distributed in many industrial sectors. These devices have an input system for converting energy in a given form into another form in line with the desired use. It is static converters which are implemented and which can be listed in four families [3]:

- AC-DC converters, this represents all the rectifiers,
- DC-DC converters, choppers and switching power supplies,
- DC-AC converters, voltage or current inverters,
- AC-AC converters, dimmers, frequency converters or cyclo-converters.

These polluting devices are classified according to their power and therefore the level of disturbance they cause.

For all of these polluting loads, an additional criterion must be taken into account, namely the utilization factor. Indeed, the quantification of the harmonic rate depends on the duration and simultaneity of the operation of these nonlinear loads.

It should be noted that there are also disturbances on harmonic orders that are not an integer multiple of the fundamental. These are called inter or infra harmonics. Interharmonics are sinusoidal components that are not whole frequencies of that of the fundamental

Our article analyzes and proposes some solutions for the reduction of harmonics and the correction of the power factor (PFC) in order to reduce the reactive and apparent powers impacting on the expenses due to the billing of electrical energy.

2 FOUNDATIONS

The electric wave (voltage or current) is a periodic function of period 2π , so it is, according to the Fourier series expansion, an infinite sum of terms [4].

$$f(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t) \tag{1}$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} f_n(t) = a_0 + a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) + \dots + a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)$$

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t) dt \tag{2}$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos(n\omega t) dt \tag{3}$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin(n\omega t) dt \tag{4}$$

For an even function the coefficient b_n is zero just as for an odd function the coefficients a_0 and a_n are zero.

We know that the sum of 2 sinusoids with the same pulsation is a sinusoid with the same pulsation. So, let's write that:

$$a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t) = C_n \sin(n\omega t + \varphi_n) \tag{5}$$

2.1 HARMONIC VOLTAGES AND CURRENTS

By definition, the effective value of a periodic current $i(t)$ is:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt}$$

After developing the instantaneous current, we conclude that:

$$I_{eff} = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + \sum_{n=2}^{+\infty} I_n^2} \tag{6}$$

$$V_{eff} = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + \sum_{n=2}^{+\infty} V_n^2} \tag{7}$$

2.1.1 EFFECTIVE VALUE OF HARMONICS

This is the effective value of all the harmonics:

$$I_H = \sqrt{\sum_{n=2}^{+\infty} I_n^2} \tag{8}$$

$$V_H = \sqrt{\sum_{n=2}^{+\infty} V_n^2} \tag{9}$$

2.1.2 HARMONICS DISTORSION RATE (THD)

Harmonic currents flowing through electrical system impedances cause harmonic voltage dips, observed as voltage harmonic distortion. One of the solutions intended to detect the presence of harmonics is the calculation of the THD, rate of harmonic distortion.

$$\text{THD}_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{+\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (10)$$

$$\text{THD}_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{+\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (11)$$

2.1.3 POWERS IN THE PRESENCE OF HARMONICS

The active power P consumed by the load is the average over a period of the instantaneous power [5-7]:

$$P = \frac{1}{T} * \int_0^T v(t) * i(t) dt$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \left[v_0 + v_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + \dots + \sum_{n=2}^{+\infty} v_n \sin(n\omega t + \varphi_n) \right] \left[i_0 + i_1 \sin(\omega t + \theta_1) + \dots + \sum_{n=2}^{+\infty} i_n \sin(n\omega t + \theta_n) \right] dt$$

$$P = V_0 I_0 + V_1 I_1 \cos \varphi_1 + \sum_{n=2}^{+\infty} v_n i_n \cos \varphi_n \quad (12)$$

The reactive power P

$$Q = V_1 I_1 \sin \varphi_1 + \sum_{n=2}^{+\infty} v_n i_n \sin \varphi_n \quad (13)$$

The apparent power of the load is by definition:

$$S = V \times I \quad (14)$$

It is recalled that in the presence of harmonic the apparent power is composed of three terms of which we note the presence of the component D, resulting from the influence of the harmonic currents:

$$S^2 \neq P^2 + Q^2$$

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$$

$$D^2 = S^2 - (P^2 + Q^2) \quad (15)$$

2.1.4 POWER FACTOR EXPRESSION

The presence of harmonics adds a distorting power in the expression of the apparent power.

$$\text{PF} = \frac{P}{S} = \frac{V I_1 \cos \varphi_1}{\sqrt{V^2 I_1^2 \cos^2 \varphi_1 + V^2 I_1^2 \sin^2 \varphi_1 + V^2 I_1^2 \text{THD}_I^2}}$$

$$\text{PF} = \frac{\cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \text{THD}_I^2}} \quad (16)$$

REMARK:

- When the current harmonic distortion rate (THDi) increases, the power factor decreases and the term.
- The term $\cos \varphi_1$ is also called displacement factor (DPF: Displacement Power Factor).

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 MATERIALS

To confirm our approach, we considered the following materials: linear loads (asynchronous motors: P=18 kW; U=400 /690 V; N=1800 rpm; f=50 Hz) associated with non-linear loads (variable speed drives) where we carried out measurements of the electrical parameters.

These recordings were made using a PEL 103 meter with the following characteristics:

- Ambient temperature 23±2°C;
- Relative humidity [45% RH; 75% RH];
- Voltage No DC component in the AC, no AC component in the DC (< 0.1 %);
- Current No DC component in the AC, no AC component in the DC (< 0.1%);
- Phase voltage [100 Vrms; 1000 Vrms] without DC (< 0.5%);
- Input voltage of current inputs (except AmpFlex® / MiniFlex®) [50 mV; 1.2 V] without DC (< 0.5%) for AC measurements, without AC (< 0.5%) for DC measurements;
- Network frequency 50 Hz ± 0.1 Hz and 60 Hz ± 0.1 Hz;
- Harmonics < 0.1%;
- Voltage unbalance 0%.

3.2 METHODS

This section describes the measurements of the Bralima plant phase power system with non-linear load using the PEL103 meter. The Bralima plant used a load of approximately 3.13 MW and the operating load is 18 kW. It is powered from a 20 kV electrical network. The analysis was derived from measurements of THD current and voltage values due to the rectified load in the plant. The power analyzer can measure voltage sag, swell, unbalance, THD value of current, voltage and power as well.

4 RESULTS

To understand the impact that harmonics can have on the power factor, a series of measurements were taken on a load group made up of asynchronous motors and variable speed drives.

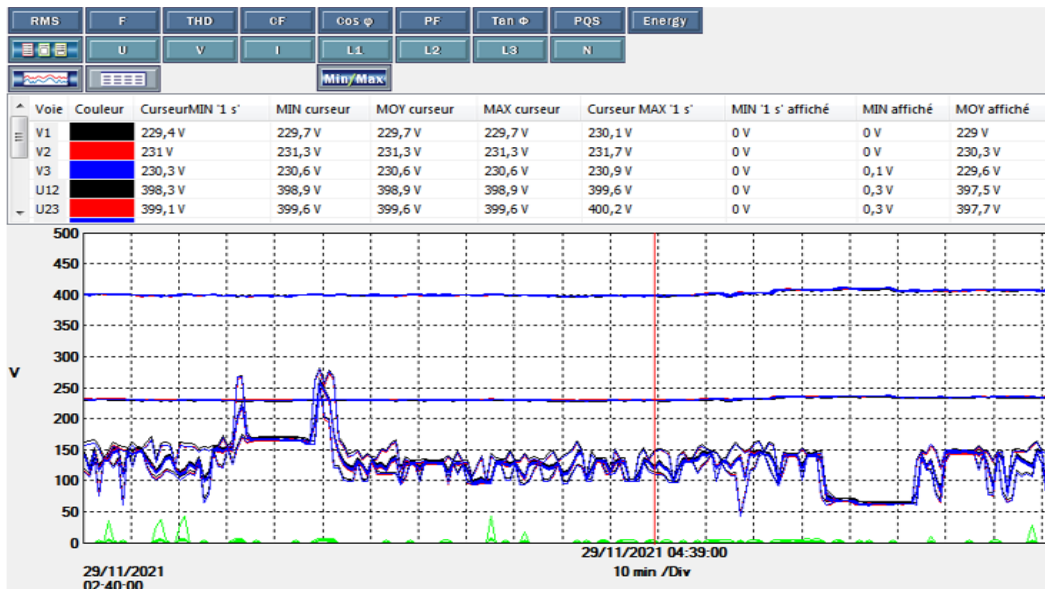


Fig. 1. Enregistrement de la tension de charge

From this figure (Fig.1) we can observe that despite the voltage variations, the average value has remained approximately that of the nominal operating voltage 230 V and 400 V.

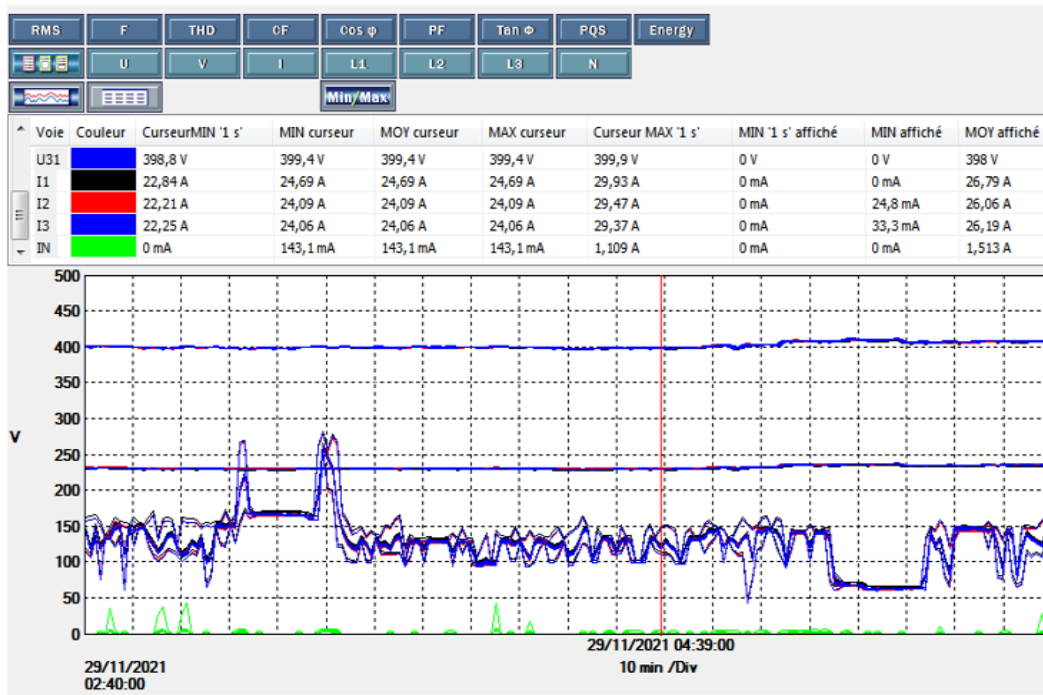


Fig. 2. Current of load taken as sample

The figure (Fig.2) shows that the load seems not to be purely balanced for the simple reason of the presence of a small current in the neutral.

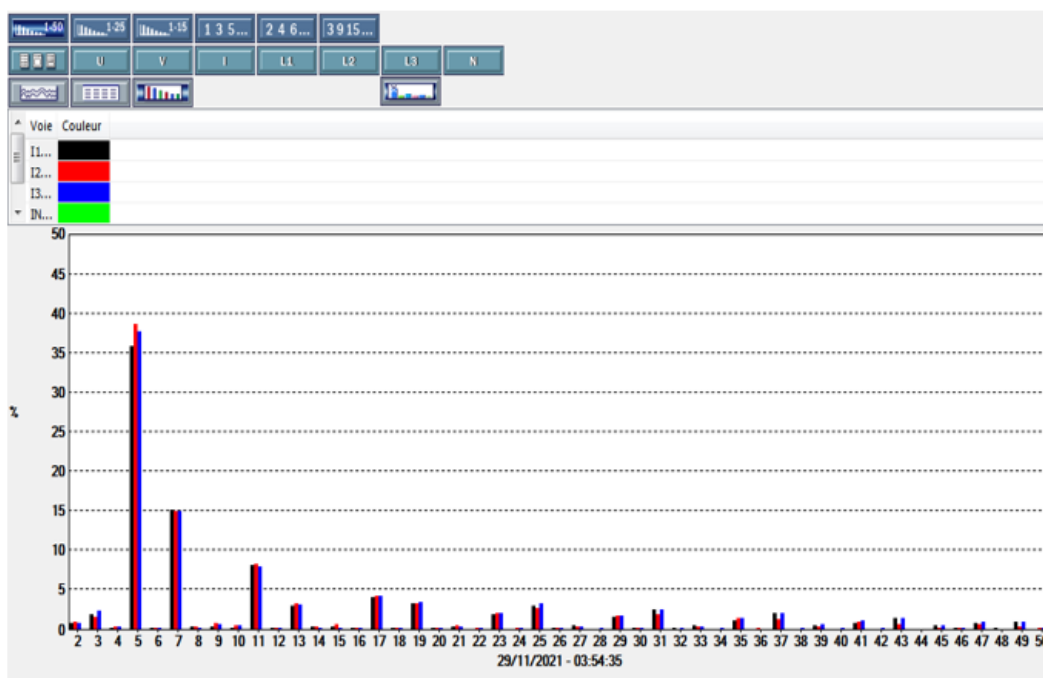


Fig. 3. Current harmonic spectrum of our sample load

The spectra presented in figure (Fig.3) indicate the predominance according to their percentages is that of harmonics of odd order not multiple of three.

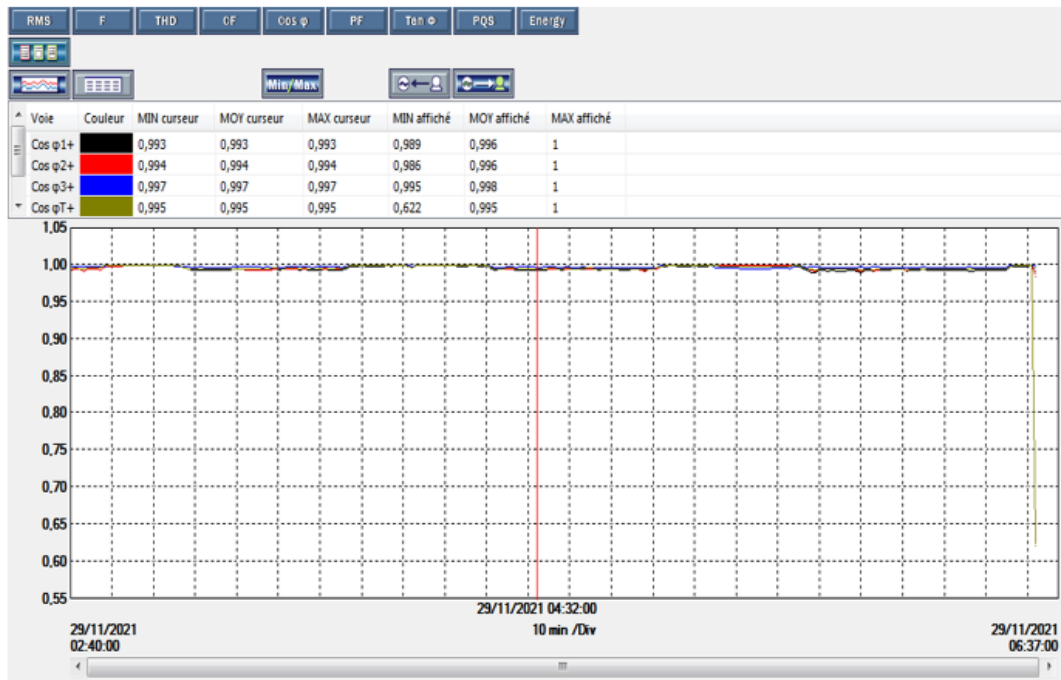


Fig. 4. *Cosφ of our model load*

The $\cos \varphi$ presented by figure 44 is very good, it is 0.995. We recall that the $\cos \varphi$ in the harmonic domain no longer represents the power factor, the latter will be calculated by considering the current distortion rate of each phase.

In summary, the measurements gave us the following characteristics measured on the fundamental wave:

$$V_r = 230 \text{ [V]}$$

$$U = 397.7 \text{ [V]}$$

$$I = 26.0 \text{ [A]}$$

$$\cos \varphi = 0.995$$

$$P_T = 16.25 \text{ [kW]}$$

$$Q_T = 1.159 \text{ [kVAr]}$$

$$S_T = 17.55 \text{ [kVA]}$$

$$R_r = 0.16 \text{ [\Omega]}$$

$$L_r = 0.16 \text{ [\mu H]}$$

The distortion rate per harmonic order after calculation considering the harmonics is:

$$\text{THD}_{13} = 3\%$$

$$\text{THD}_{15} = 38\%$$

$$\text{THD}_{17} = 16\%$$

$$\text{THD}_{111} = 8\%$$

$$\text{THD}_{113} = 3\%$$

$$\text{THD}_{117} = 4\%$$

$$\text{THD}_{119} = 3\%$$

$$\text{THD}_{125} = 4\%$$

Table 1. Value of currents per harmonic order.

| Odd harmonics | | Even harmonics | |
|---------------|-------------|----------------|-------------|
| Order | Current (A) | Order | Current (A) |
| 3 | 0.78 | 2 | overlooked |
| 5 | 10.18 | 4 | overlooked |
| 7 | 4.286 | 6 | overlooked |
| 9 | overlooked | | |
| 11 | 2.143 | | |
| 13 | 0.78 | | |
| 17 | 1.04 | | |
| 19 | 0.78 | | |
| 25 | 1.04 | | |

The current $I=26.0$ A, read by the PEL 103 meter is not the total rms current due to the presence of harmonics induced by the non-linear load which is the asynchronous motor variable speed drive. The distortion rate of each harmonic order is synonymous with a current value added to the total effective value. This being so, we will calculate the harmonic currents of each harmonic.

5 ANALYSIS AND DISCUSSION

Expression (15) shows that adding the distorting power leads to a power factor described in equation (16). Logically the power factor is degraded, given that this distorting power is a component of the reactive power. The presence of harmonics in the power supply will cause the creation of harmonic couples in the machine. These harmonic torques are superimposed on the fundamental torque and increase the mechanical vibrations undergone by the machine, which will increase the mechanical fatigue of the engine more rapidly. Cables, transformers and electric motors are designed to operate in a harmonic-free network; their powers are calculated according to the effective current of the fundamental. In the presence of harmonics the effective current increases which leads to an overload.

The presence of harmonics on the network can disturb the power measurement and introduce errors into it. Electromechanical energy meters are composed of a magnetic circuit, a disc and coils [4]. The voltage and the current which will circulate in the device will produce a flux in the magnetic circuit, which will create a flux in the air gap of the circuit. This flow will generate eddy currents in the disc, and these currents will then create Laplace forces on this disc. These forces generate a torque which will spin the disk at a certain speed, thus giving the indication of power consumption.

Also, the presence of harmonics will, for the same power, increase the effective value of the current which circulates in the electric cables. As a first approximation, the losses present in a cable are the joule losses, which are proportional to the square of the rms value of the current. It is then easy to understand that the current harmonics will create additional losses in the electrical cables.

In general, the solutions envisaged refer to the standards are able to lower the harmonic impedances or even act on the structure of the installation such as IEC 61000-2-2.

The current $I=26.0$ [A] read by the meter is not the total rms current due to the presence of harmonics induced by the non-linear load which is the asynchronous motor speed controller. The distortion rate of each harmonic order is synonymous with a current value added to the total effective value. This effective value of the current in the presence of harmonic makes a difference of 7.46 [A] of the current value of the fundamental.

The increase in total apparent power is justified by taking into account the distorting component of harmonic currents. The power factor found is far different from the phase angle between current and voltage.

In order to limit the influence of a polluting load on the other loads connected to the network and at the same time to avoid the modification of the characteristics of the latter, the distributors of electrical energy have been led to issue recommendations. These recommendations concern the requirements at the point of connection of the user to the electrical network in order to:

- To spare the user of electrical energy the inconvenience caused by the presence of harmonics.
- To ensure the longevity and safety of the various equipment making up the network and those connected to it.

6 CONCLUSION

In this article, an analysis was presented on the distortion of harmonics in the Bralima plant due to non-linear loads, mainly variable speed drives and asynchronous motors. By taking measurements using the PEL 103 energy meter, it has been identified that the 5th and 7th harmonic orders are the most dominant in amplitude and are responsible for increasing THD levels. The results obtained with PEL 103 were used for the harmonic analysis of the entire installation. In an industrial network, the use of non-linear loads, in this case variable speed drives, generates harmonic currents which are superimposed on the value of the current of the fundamental with the consequence of modifying the electrical quantities. A power component called distorting power is added to the expression of the apparent power, which directly modifies the approach of the power factor which otherwise was translated by the phase angle between the current and the voltage.

ACKNOWLEDGMENTS

We have the obligation to fulfill a pleasant duty, that of thanking all the people who have contributed from far or near to the writing of this article.

REFERENCES

- [1] Adamou, Mamane, et al. «Dépollution harmonique des réseaux électriques: Etude comparative des commandes, par Modulation de Largeur d'Impulsion et par Hystérésis, des filtres actifs shunts triphasés.» *International Journal of Innovation and Applied Studies* 28.2, 557-566, 2020.
- [2] Bouacida, Farida, and Manel Zebiri. «Qualité de l'énergie électrique et norme IEEE-519.» 2009.
- [3] Wang, Yayun, Zhimin Zhang, and Wenguang Yu. «Pricing equity-linked death benefits by complex Fourier series expansion in a regime-switching jump diffusion model.» *Applied Mathematics and Computation* 399, 126031, 2021.
- [4] Luhtala, Roni, et al. «Online frequency response measurements of grid-connected systems in presence of grid harmonics and unbalance.» *IEEE Transactions on Power Electronics* 35.4 (2019): 3343-3347.
- [5] Imam, Amir A., R. Sreerama Kumar, and Yusuf A. Al-Turki. «Modeling and simulation of a PI controlled shunt active power filter for power quality enhancement based on PQ theory.» *Electronics* 9.4, 637, 2020.
- [6] DING, Keyan, et al. *Comparison of full-reference image quality models for optimization of image processing systems*. *International Journal of Computer Vision*, vol. 129, no 4, p. 1258-1281, 2021.
- [7] Kebir, Ahmed Amine, Mouloud Ayad, and Saoudi Kamel. «Effects of harmonics and voltage unbalance on the behavior of a five-phase permanent magnet synchronous machine.» *Archives of Electrical Engineering*, 471-488, 2022.

Enjeux et défis de couverture santé universelle en République Démocratique du Congo: Synthèse critique interprétative de la littérature

[Issues and challenges of universal health coverage in the Democratic Republic of Congo: A critical interpretative synthesis of the literature]

Jean-Bosco Kahindo Mbeva¹⁻²⁻³, Mitangala Ndeba Prudence¹⁻²⁻⁴, Eric Tchouaket Nguemeleu⁵, Mahamba Nzanzu¹, Levis Kahandukya Nyavanda³, and Jean-Roger Syayipuma Kambere²

¹ULB Coopération, PADISS2, Bureau de Goma, RDC

²Université Officielle de Ruwenzori (UOR), Butembo, RDC

³Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL), Goma, RDC

⁴Université Catholique de Bukavu (UCB), Bukavu, RDC

⁵Université du Québec en Outaouais, Québec, Canada

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* In line of the powerful concept of Universal health coverage (UHC) inspired to the Primary Health Care Renewal in 2008 and the Astana Declaration on Primary Health Care and the Sustainable Development Goals, this study analyzes the challenges of universal health coverage (UHC) in the Democratic Republic of Congo (DRC). *Methods:* The study used a reflective and interpretive synthesis of the literature. The search was conducted using keywords related to universal health coverage, health policies, systems and services and the DRC. *Results:* The study highlights a strong desire for progress in the DRC towards UHC that contrasts with the legal and organizational framework, governance practices, organization of health services and care delivery. Effects of this limited congruence are illustrated by the low level of integration and performance of health services, and the high level of catastrophic health expenditure and exclusion of the population in access to health care. *Discussion and conclusion:* In a context where nearly 75% of the population lives on less than USD 1.9 per day and the informal sector, the hybrid legal framework is an obstacle to the real progress towards UHC in the DRC. Changing the legal framework, by integrating a generalized mandatory system, and then structuring a greater raising of funds, including innovative financing, as well as establishing a more coherent and adaptive governance in favor of UHC, are priority avenues to explore to resolutely commit to the path of UHC in the DRC.

KEYWORDS: Universal health coverage, DRC, Governance, review.

RESUME: *Introduction:* En lien avec le renouveau des soins de santé primaires prôné par l'OMS en 2008 et la déclaration d'Astana sur les soins de santé primaires, le développement durable et la couverture santé universelle, un concept puissant de santé publique, cette étude analyse les défis de couverture santé universelle (CSU) en République Démocratique du Congo (RDC). *Méthodes:* L'étude a procédé par une recension réflexive et interprétative de la littérature. La recherche a été effectuée dans les bases de données Pubmed, Medline, Google scholar à partir des mots clés relatifs à la couverture santé universelle, aux politiques, systèmes et services de santé et à la RDC. *Résultats:* Cette étude met en évidence une volonté forte de progression de la RDC vers la CSU, qui contraste avec un cadre légal et organisationnel de la CSU et des pratiques de gouvernance des services de santé et de prestations des soins questionnables. Le faible niveau d'intégration et de

performances des services de santé et le niveau élevé de dépenses catastrophiques pour la santé et d'exclusion de la population dans l'accès aux soins, illustrent les effets de cette congruence limitée. *Discussion et conclusion*: Dans un contexte de forte paupérisation des populations, faire évoluer ce cadre légal vers un système obligatoire généralisé, structurer une levée plus importante des financements, dont innovants, instaurer une gouvernance plus cohérente et adaptative en faveur de la CSU, constituent des pistes prioritaires à explorer pour accélérer la progression de la RDC sur la voie de la CSU.

MOTS-CLEFS: Couverture santé universelle, RDC, Gouvernance, revue des écrits.

1 INTRODUCTION

Le concept de couverture santé universelle (CSU), est bien présent au sein de la Déclaration d'Alma-Ata sur les soins de santé primaires depuis les années 1978 [1]. Ce concept traduit, l'aspiration de l'humanité à plus de solidarité et d'équité en matière de santé, depuis plusieurs décennies. Ce concept de CSU a pris un relief particulier, avec le rapport de l'Organisation Mondiale de la santé (OMS) sur le lancement du renouveau des soins de santé primaires en 2008 [2], au regard des fortes inégalités en santé qui se sont creusées à travers le monde au cours de 30 ans précédents. Ce concept a été remis au goût du jour en 2018 avec la Déclaration d'Astana sur les soins de santé primaires, la couverture santé universelle et le développement durable [3]. Il s'est agi, à travers cette déclaration, d'un engagement d'intensifier la mise en œuvre des soins de santé primaires au sein des systèmes de santé structurés et robustes en vue de la couverture santé universelle qui est un volet essentiel des objectifs de développement durable.

La Couverture santé universelle (CSU) suppose l'accès de tout individu sans exclusion quelconque, à des services de santé de qualité dont il a besoin, sans encourir la moindre difficulté financière [4]. Elle suppose d'une part, la disponibilité des services de qualité en rapport avec la promotion de la santé, la prévention des maladies, les soins curatifs, la rééducation, les soins palliatifs. D'autre part, elle impose la protection de la population contre les risques financiers liés au recours, à l'utilisation et au paiement du coût des services de santé. Cette ambition à ne laisser personne sur le côté, fait de la Couverture santé universelle, un des concepts les plus robustes que la santé publique ait pu proposer à l'Humanité. Durant la 65^{ème} Assemblée Mondiale de la santé la CSU a été présentée par la directrice générale de l'OMS, comme « le concept le plus efficace que la santé publique puisse offrir » [5]. Ce concept devrait désormais inspirer et guider les politiques, les systèmes de santé et l'organisation des services de santé à travers le monde.

La progression sur la voie de la CSU est un processus complexe. Il impose aux Etats un engagement ferme, qui s'inscrive dans la durée en rapport avec l'adaptation des politiques publiques, du système de santé, de mobilisation et de financement de la santé. Après analyse des expériences de plusieurs pays dans le monde, l'OMS a proposé aux Etats en 2010 [6] des stratégies basées sur l'évidence (« *evidence based policy* »; « *evidence based practice* »), susceptibles d'être mobilisées pour progresser sur la voie de la couverture santé universelle. Ces stratégies touchent à trois obstacles principaux à la CSU. En effet, les budgets affectés par nombreux Etats au secteur de la santé, sont tellement réduits qu'ils ne peuvent permettre de progresser vers la CSU. En outre, de nombreux Etats perpétuent le mode de paiement direct des soins, qui est bien loin de s'inscrire dans une logique solidaire et qui accroît le risque de basculement dans la pauvreté lors d'un épisode maladie. Enfin, des études montrent que l'allocation des financements et leur utilisation sont loin d'être optimales. Des études révèlent des gaspillages de l'ordre de 20 à 40% des financements mobilisés [6]. Sur cette base, les stratégies proposées par l'OMS sont axées sur: (i) une mobilisation plus importante des ressources et des financements; (ii) le basculement du mode de paiement direct des soins à la mise en place des systèmes solidaires de prépaiement ainsi que la lutte contre les autres barrières dans l'accès aux services de santé; (iii) la promotion de l'efficacité et l'élimination du gaspillage. Ces stratégies, qui ouvrent des grands axes de travail et de réforme doivent, bien évidemment, être envisagées et adaptées, selon les contextes de chaque pays. Bien que ces axes de travail et de réforme aient été définis, de nombreux pays, en Afrique subsaharienne, peinent à progresser, alors que d'autres comme le Rwanda, le Ghana, le Gabon, le Botswana, l'Afrique du Sud ont enregistré des progrès significatifs.

Depuis plus d'une décennie, la République Démocratique s'emploie à emprunter cette voie complexe visant à progresser vers la Couverture santé universelle. Néanmoins, elle peine à engranger des progrès significatifs. Face à ce paradoxe, la question posée est de savoir quelles sont les principales contraintes rencontrées et qui entravent la bonne progression de la RDC sur la voie de la CSU, bien que des stratégies aient été bien indiquées au niveau global. Au vu du potentiel élevé de ressources humaines et non humaines dont regorge la RDC, nous formulons l'hypothèse selon laquelle les plus grandes contraintes à la progression sur la voie de la CSU relèvent des difficultés d'adaptation de la gouvernance. Or celle-ci est nécessaire pour orienter les processus initiés dans le secteur de la santé et les secteurs qui lui connexes, vers les objectifs visés.

Dans ce contexte et cette perspective, cette étude a pour objectif d'analyser les défis et enjeux de couverture santé universelle (CSU) en République Démocratique du Congo (RDC); la finalité étant de proposer des pistes de travail et d'actions basées sur l'évidence aux décideurs, et aux autres parties prenantes du processus vers la CSU en République démocratique du Congo.

2 METHODES

LIEU D'ÉTUDE:

La RDC est un vaste pays, à cheval sur les régions d'Afrique Centrale, d'Afrique Australe et des Grands Lacs africains. D'après les estimations de l'Institut National des Statistiques de la RDC, sa population totale est estimée plus de 95 millions d'habitants en 2022 [7]. La RDC est confrontée depuis plus de trois décennies à une récurrence des conflits armés [8]. Cette instabilité sape ses efforts de développement; dans ce contexte, l'immensité de ses ressources naturelles contraste avec le niveau élevé de pauvreté de ses populations. En effet, 74,7% de ses habitants vivent avec moins de 1,90 USD par jour pour l'an 2020, d'après une enquête réalisée par l'observatoire des objectifs de développement durable et l'institut national des statistiques [7]. Pour l'année 2021, la RDC a été classée dans la catégorie des pays à Indice faible, à la 179^{ème} place (sur 191) sur l'indice de développement humain [9].

Sur le plan administratif, la RDC compte 26 provinces. Au point de vue sanitaire, son système sanitaire est échelonné et comporte trois niveaux: le niveau central en charge d'élaboration des politiques et des normes sanitaires; le niveau provincial ou intermédiaire avec une fonction principale de support au niveau opérationnel; enfin le niveau opérationnel correspondant aux districts de santé [10].

TYPE D'ÉTUDE ET CADRE D'ANALYSE:

Cette étude a procédé par une revue de littérature à visée interprétative et de questionnement [11]. Contrairement à une revue systématique de la littérature [12], [13], une revue interprétative s'inscrit dans une logique inductive; elle est recommandée lorsque les recherches recensées sont de natures diverses sur le plan méthodologique, théorique et conceptuel [11]. Pour répondre à la question sous étude, un cadre d'analyse a été élaboré. Celui-ci est inspiré d'un des concepts centraux du modèle de Sicotte *et al.* [14] sur la performance des organisations sanitaires, à savoir l'adaptation à son environnement. Le modèle de Sicotte considère que pour être performant, un système ou une organisation doit en permanence assumer quatre grandes fonctions: (i) atteindre ses buts légitimes, (ii) s'adapter à son environnement, (iii) produire avec qualité, (iv) maintenir et créer des valeurs. Le cadre d'analyse proposé (figure 1), indique que le progrès ou l'atteinte des objectifs visés par une innovation globale de santé au sein d'un pays (cas de la CSU), passe par une adaptation cohérente et plus ou moins importante de ses politiques sanitaires. La prise en compte des éléments de contexte, l'adaptation des valeurs et du système sanitaire sont également à relever. Les processus d'adaptation ne sont pas spontanés. Ils requièrent du pilotage et de la régulation dans le cadre d'une gouvernance adaptative et distribuée au sein des différentes instances de l'Etat en question.

Le processus mené pour tenter de répondre à cette question centrale, s'est basé sur le cadre d'analyse sommaire, dont le rationnel est abordé ci-dessus. Ce cadre d'analyse nous a permis d'identifier les mots clés utilisés pour mener la revue de la littérature.

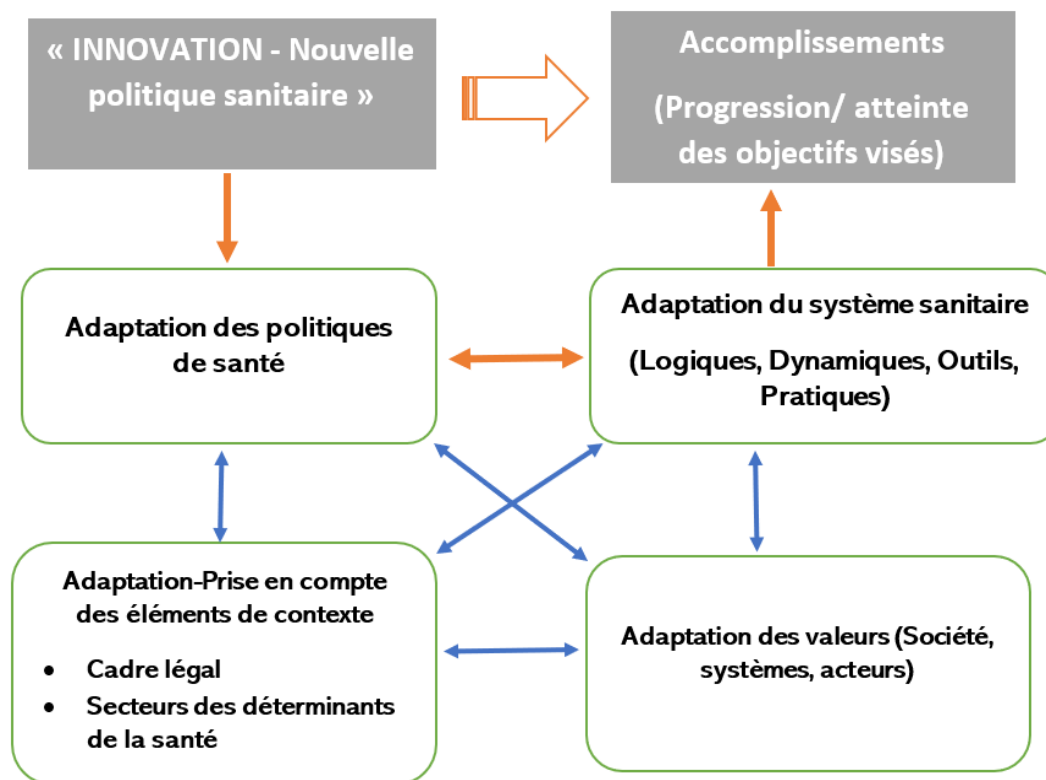


Fig. 1. Cadre d'analyse pour la recherche

STRATÉGIE DE RECHERCHE:

La recherche bibliographique a été menée, entre juin et octobre 2022, au niveau des bases de données de recherche Pubmed, Medline et du moteur de recherche Google-Scholar. La recherche des données de littérature a été guidée par les mots clés suivants: « Couverture santé universelle » ou « Système de santé » et « Performances » et « République Démocratique du Congo » en Français et par les mots clés suivants en Anglais « Universal Health coverage » or « Health system » and « Performance » and « Democratic Republic of Congo ». Bien que la revue de la littérature n'eût d'ambition strictement systématique, l'inclusion des articles était néanmoins basée sur 7 de 11 paramètres de la grille AMSTAR mise au point par Shea *et al* [12]. Sur la base des références bibliographiques des articles pertinents trouvés, cette recherche a été complétée par une recherche sur les sites de la présidence de la RDC, du ministère de la Santé de la RDC, des organisations partenaires comme l'Organisation Mondiale de la santé (OMS), l'Unicef, la Banque Mondiale, ULB Coopération. Cette recherche a permis d'intégrer des documents empiriques produits dans le cadre des processus d'adaptation du cadre légal, des documents des politiques, des documents de planification, divers rapports d'études et d'évaluations, etc. Le processus de recherche, d'inclusion et d'exclusion des articles, études et documents, est résumé dans la figure 2, ci-dessous.

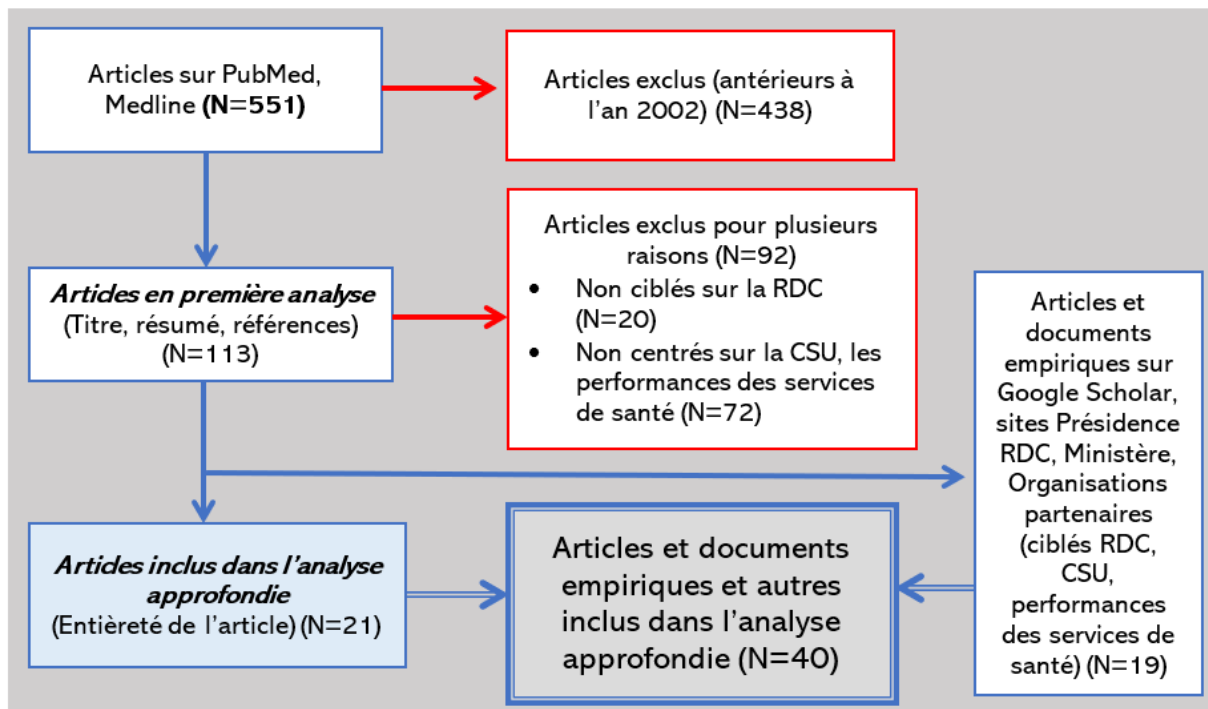


Fig. 2. Diagramme de Flow - inclusion des articles et des documents empiriques

QUALITÉ DES DONNÉES ET INCLUSION DANS L'ÉTUDE:

Ont été incluses dans cette étude, les données documentaires des vingt dernières années (2002 à 2022), ayant traité de la couverture santé universelle et des performances du système de santé de la RDC, quel que soit le niveau du système où l'on se trouve. Au total 40 ressources documentaires ont été incluses dans l'étude: des articles scientifiques (n=21) et des rapports d'études empiriques ou des documents traitant de la Couverture santé universelle et des performances du système de santé de la RDC (n=19).

ANALYSE DES DONNÉES ET SYNTHÈSE:

Il s'est agi d'une analyse de contenu [15], à visée inductive [16], orientée secondairement par la grille d'analyse. Chaque ressource documentaire incluse dans l'étude a fait l'objet d'une lecture systématique du résumé puis d'une lecture approfondie de l'article. La lecture approfondie a été guidée par une grille de lecture, qui questionnait les éléments suivants: (i) les politiques et stratégies développés, (iii) les aspects légaux mis en place ou réformés, (iv) les transformations au niveau des valeurs, des logiques; (vi) les pratiques développées ou renforcées, (vii) les performances et les accomplissements engrangés. Les éléments consignés dans la grille de lecture ont fait l'objet d'un processus circulaire d'analyse critique et de synthèse, en lien avec le cadre d'analyse ébauché au départ.

Sur cette base, les efforts d'adaptation des politiques, des stratégies d'actions, des logiques d'actions, des pratiques et les performances ont été identifiés, en lien avec la couverture santé universelle en RDC. Les enjeux et les principaux défis subsistants ont été mis en évidence puis discutés au regard du cadre d'analyse de l'étude.

3 RESULTATS

Les études trouvées sont pour la plupart publiées au cours de cinq dernières années (n=34). Les documents empiriques portent plus sur tout le pays. Elles ont plus traité des politiques, du cadre légal et organisationnel (n=15) ainsi que des performances du système de santé (n=10). En revanche, les articles scientifiques ont plus questionné la cohérence des politiques (n=7), des stratégies déployées (n=8) ainsi que leurs effets en termes de couverture et d'accès aux services de santé (n=7) et de qualité des prestations (n=6) et de réduction des dépenses catastrophiques (n=10). Quatre provinces de la RDC

sont représentées dans ces études: le Kongo central (n=2), le Sud Kivu (n=3), le Nord Kivu (n=5), le Sankuru (n=1) et le Nord Katanga (n=5).

Les résultats d'analyses présentés tout au long des sections suivantes sont exprimés en termes de: (i) volonté de progression de la RDC vers la CSU; (ii) congruence entre la volonté et le cadre légal et organisationnel en vue de la CSU; (iii) pratiques de gouvernance, d'organisation des services de santé et de prestations des soins; (iv) conséquences qui en découlent en termes de niveau d'intégration des services de santé essentiels, de performances des services de santé, de l'accessibilité aux soins de santé.

3.1 LA VOLONTÉ DE PROGRESSION VERS LA COUVERTURE SANTÉ UNIVERSELLE EN RDC

La volonté pour la RDC de progresser vers la couverture santé universelle est fortement affirmée depuis plus d'une décennie. L'adoption en RDC d'une stratégie sectorielle pour la santé, la promulgation des lois sur les mutuelles de santé et la santé publique, l'organisation d'une conférence internationale sur la CSU et l'adoption d'un plan stratégique pour la CSU, illustrent cette ferme volonté. En effet, en 2006, la RDC se dotait d'une stratégie sectorielle, la « Stratégie de renforcement du système de santé (SRSS) » [17]. La vision dans laquelle s'inscrivait cette stratégie offrait une belle perspective pour doter la RDC d'un système de santé robuste en phase avec le renouveau des soins de santé primaires et des services de santé de grande qualité. Ces services devraient être sûrs, complets, intégrés, accessibles, disponibles et abordables pour tous et partout en RDC. Des plans de développement sanitaires ont été mis en route pour opérationnaliser cette stratégie, avec des financements domestiques et extérieurs. La promulgation en 2017 et 2018 [18], [19], des lois sur les mutuelles de santé, dotait la RDC d'un cadre légal pour progresser sur le dispositif de couverture de la population par un système d'assurance maladie. Ce cadre légal permettait de piloter, réguler et développer des services de santé de qualité. Plus tard, en 2019 et 2020, la RDC s'est dotée d'un plan stratégique 2021-2030 visant à progresser sur la voie de la CSU en RDC [20]. Des feuilles de route ont été élaborées par la suite au niveau national et de chacune de 26 provinces pour cadrer et assurer le suivi de la mise en œuvre de ce plan décennal. Ses objectifs s'articulent autour de l'accroissement de la couverture en services de santé essentiels de qualité (de 41,5% à 60%) et la réduction de 40% du niveau des dépenses catastrophiques liées aux soins. Ils incluent l'approche santé dans toutes les politiques. Enfin, au mois de février 2020, la RDC a organisé à Kinshasa (sa capitale), une conférence internationale sur la couverture santé universelle. Cette conférence a servi de cadre pour permettre à la RDC d'apprendre et de capitaliser certaines expériences sur la CSU au niveau global (cas du Gabon, du Sénégal) et au niveau de certaines provinces de la RDC (Nord Kivu, Lualaba, Kongo Central et Sud-Ubangi).

3.2 CADRE LÉGAL ET DISPOSITIFS D'OPÉRATIONNALISATION DE LA COUVERTURE SANTÉ UNIVERSELLE EN RDC

Le cadre légal a été voté au parlement en 2017 et 2018 et des dispositifs d'opérationnalisation de la CSU ont été élaborés. Elle capitalise l'expérience de micro-assurance développée depuis plusieurs années en RDC [21], [22], [23]. Cependant certains aspects dudit cadre légal et du dispositif de mise en œuvre de la CSU semblent peu en phase avec celle-ci.

La loi sur les mutuelles de santé consacre un régime obligatoire pour les personnes œuvrant dans le secteur formel, financé par des prélèvements à la source, sur leurs rémunérations. Cette catégorie de personnes constitue moins de 20% de la population de la RDC. Cette loi prévoit également un régime volontaire de couverture par des mutuelles de santé communautaires aux personnes vivant du secteur non formel. Ces derniers constituent plus de 70% de la population de la RDC. Ces ménages ont un niveau de revenu mensuel généralement bas (une médiane de 140 USD dans la ville de Goma et 20 USD dans la zone de santé de Vuhovi au Nord Kivu) [24]. Ce niveau de revenu bas qui mine les capacités contributives, couplé au caractère volontaire, ne peuvent permettre un réel décollage du système solidaire de prépaiement. Le financement de l'assurance maladie par des prélèvements obligatoires sur les rémunérations, est une source limitée, dans un contexte des rémunérations généralement modestes pour la plupart des travailleurs du secteur public. Ces trois facteurs couplés (caractère volontaire, faible niveau de revenu, prélèvements sur des rémunérations généralement basses) peuvent rendre hypothétique l'accroissement substantiel de la couverture des populations. D'après les comptes nationaux de la santé, le niveau de couverture est évalué à 8% en 2020 [25]. L'enquête Mics3 situe la proportion des populations couvertes par un système d'assurance maladie à moins de 5% en 2018. Pour les femmes de 15 à 49 ans et hommes de 15 à 59 ans, les taux de couverture sont respectivement de 4,3% et 4,1%. Pour les enfants de 5 ans à moins de 15 ans et les enfants de moins de 5 ans, les taux de couverture sont plus bas, avec respectivement 2,9% et 3,1% [26].

Le dispositif de mise en œuvre de la CSU a fait l'objet de cinq décrets du premier ministre en 2022 [27], [28], [29], [30], [31]. Ce dispositif comporte 5 instances, axées sur une meilleure régulation de la CSU [27], le financement de la demande et de l'offre [28], [29], la digitalisation de l'ensemble du système CSU [30] ainsi que sur la santé publique et la recherche [31]. Les

finalités assignées à ces dispositifs sont pertinentes. Toutefois, certaines responsabilités confiées aux instances relatives à la digitalisation, la santé publique et la recherche créées font double emploi avec certaines institutions existantes au sein du ministère de la santé de la RDC, dans un contexte de ressources bien limitées. Pour les instances de financement, le même constat de double emploi avec plusieurs autres institutions existantes au niveau de plusieurs ministères est relevé. Des établissements d'utilité publique « Fonds d'achat des services de santé (FASS) », ayant reçu de l'Etat Congolais une mission d'utilité publique dans la gestion des financements de la santé. Ces institutions se sont avérées efficaces et efficaces dans la contractualisation avec les services de santé et la gestion des fonds destinés au tiers-payant pour les soins de santé [32]. Ces institutions ne sont pas clairement capitalisées dans ce nouveau dispositif [20], [28], [29]. Le mode de recrutement des gouvernants de ces institutions se fait par nominations. Néanmoins, pour les autres cadres, des modalités plus ouvertes visant à recruter des personnels les plus compétents sont prévues. Les décrets instituant ces dispositifs, prévoient parmi les sources de financement, des prélèvements de l'ordre de 15% sur les financements destinés à la CSU, y compris les cotisations des ménages. Ces prélèvements auprès des ménages, dont près de 75% vit en dessous du seuil de pauvreté, et qui contribuent déjà à plus de 40% des dépenses de la santé [25], [33], accroîtraient le poids du financement des services de santé sur les ménages. Cette disposition est contraire à l'option consacrée par la stratégie de renforcement du système de santé en RDC, qui préconise un allègement de la contribution des ménages [17].

3.3 DES PRATIQUES D'ORGANISATION ET DE FINANCEMENT DES SERVICES DE SANTÉ EN LIEN AVEC LA COUVERTURE SANTÉ UNIVERSELLE

Une étude menée dans le district de santé de Kisantu à l'Ouest de la RDC [34], a montré combien l'amélioration de la couverture et l'accès des populations des districts de santé à des services de santé essentiels impose une approche systématique et des réformes profondes. A ce titre, le mode d'organisation des services de santé indiqué par la stratégie de renforcement du système de santé reste pertinente, mais malheureusement peu emprunté. Ce mode d'organisation est peu soutenu par les instances d'accompagnement et les instances de financement. Les réformes des niveaux opérationnel, intermédiaire et national, nécessaires pour soutenir et progresser vers ce mode d'organisation ne sont réalisées qu'à moitié. Elles sont régulièrement mises à l'épreuve par des pratiques de certains acteurs sensés les soutenir [35], [36]. À titre illustratif, des critères de gradient de compétences et de probité ont été relégués dans certains cas au second plan lors de la mise en place des équipes réformées du niveau intermédiaire. Des processus de, formation et d'accompagnement, continuent à perpétuer des logiques verticales en lieu et place des logiques horizontales, intégrées et visant l'accompagnement de proximité des équipes des zones de santé. En somme les efforts des autorités pour impulser la qualité des services demeurent insuffisants, y compris pour les structures contractualisées avec les mutuelles de santé [37]. Bien que le niveau d'intégration des services de santé essentiels demeure faible, l'impulsion attendue du niveau central du ministère de la santé en termes de directives pour accélérer ce processus, se fait attendre deux ans après la conférence sur la CSU en RDC. Au niveau du financement, le mode de paiement direct des soins reste prépondérant, avec 91% des cas en 2020 [25], [38]. Le principe du basculement du lieu de négociation des financements des services de santé du niveau central vers les provinces, en lien avec les plans provinciaux de développement sanitaire, reste d'application mitigée. L'outil contrat unique, mis en place au niveau des provinces par le ministère de la santé, offrait l'opportunité de progresser vers ce basculement. Cependant, sa mise en œuvre reste entravée par des financements gérés à partir du niveau central. La contribution financière de l'Etat demeure limitée et l'implication réelle des partenaires techniques et financiers du ministère de la santé perfectible [39]. Plus globalement, la contribution du budget de l'Etat au financement des services de santé est restée à moins de 11% au cours des 12 dernières années, avec 9,6% en 2020. Le taux d'exécution dudit budget est généralement faible. Le niveau le plus élevé au cours des quatre dernières années était celui de l'an 2020, avec 67,14% de taux d'exécution budgétaire [25].

3.4 NIVEAUX D'INTÉGRATION DES SERVICES DE SANTÉ ESSENTIELS ET D'ACCÈS DES POPULATIONS ET DE DÉPENSES CATASTROPHIQUES DES SOINS

L'accès des populations aux services de santé s'est amélioré ces dernières années en RDC [40]. Malgré cette tendance positive, l'accessibilité des populations aux services de santé et d'autres indicateurs sanitaires demeurent à des niveaux non optimaux.

En considérant les services de santé, une étude réalisée en 2017 montre que 59% des formations sanitaires en RDC offrent l'entièreté desdits services de base [41]. En revanche, en considérant les services de santé essentiels préconisés par l'OMS, le niveau d'intégration des services de santé essentiels est demeuré en deçà de 50% (41,0% en 2017 et 41,5% en 2019) [42], [20]. Les statistiques sanitaires mondiales situent l'index de couverture à 39 pour la RDC [43]. Certaines études sur l'itinéraire thérapeutique du patient montrent des niveaux élevés de recours à l'automédication ou d'autres recours alternatifs (51% dans la ville de Goma, à l'Est de la RDC) [44]. Les carences et les retards observés dans la mise en place d'un système d'assurance

maladie, accroissent la proportion des ménages confrontés à des dépenses catastrophiques des soins [45], [46], [47], voire des cas de privations de liberté [48].

Une étude menée dans la ville de Goma à l'Est de la RDC en 2017, situe la proportion des ménages ayant été confrontés à des dépenses catastrophiques au cours du dernier épisode maladie à 42,9% [24]; l'étude réalisée en 2019 dans la ville de Lubumbashi au Sud-Est de la RDC, situait la proportion des mères incapables de faire face aux coûts directs des soins obstétricaux et néonataux à 58,4% [49]. Des chiffres similaires (46,8% des ménages confrontés à une barrière financière dans l'accès aux soins) avaient déjà été observés dans une étude réalisée dans la zone de santé de Katakokombe, dans la partie centrale de la RDC [50]. Ces faits rejoignent globalement les résultats mitigés des analyses effectués par Nyamugira *et al.* [51] en rapport avec les effets des engagements pris en RDC au sujet de la CSU. Dans ce contexte d'intégration limitée des services de santé essentiels de qualité et de barrières financières dans l'accès aux soins, les performances des services de santé sont limitées, comme l'indiquent les niveaux encore élevés de mortalité maternelle et de mortalité néonatale en RDC (respectivement 473 décès maternels pour 100.000 naissances vivantes et 27 décès néonataux pour 1000 Naissances vivantes en 2020) [26], [43].

4 DISCUSSION

Cette étude sur la marche de la RDC vers la couverture santé universelle met en évidence une volonté forte de progression de la RDC vers la CSU. En revanche, elle révèle une congruence limitée entre, d'une part, cette volonté et d'autre part (i) le cadre légal et organisationnel en vue de la CSU; (ii) les pratiques de gouvernance, d'organisation des services de santé et de prestations des soins. Les effets de cette congruence limitée sont illustrés par: (i) le faible niveau d'intégration des services de santé essentiels; (ii) l'insuffisance de performances; (iii) le niveau élevé de dépenses catastrophiques des ménages pour la santé et l'exclusion de la population dans l'accès aux soins de santé.

Avant de discuter cette volonté et ces défis en rapport avec la CSU, il importe d'aborder les limites de cette étude. La principale limite concerne sa méthodologie, qui relève d'une revue interprétative de la littérature. Cette limite est néanmoins compensée par le fait que cette revue s'apparente à une étude de cas unique [52]. En outre, cette revue a été précédée par l'élaboration préalable d'un cadre théorique d'analyse et d'une modélisation dans une perspective de questionnement. Comme l'a indiqué Yin [52], le recours à une modélisation permet de renforcer la validité interne, tandis que la mobilisation d'un cadre théorique permet de renforcer la validité externe de l'étude. Enfin, le recours, bien que partiel, aux critères élaborés par Shea *et al.* [12], a permis d'inclure et d'analyser des articles scientifiques pertinents.

Malgré ces limites de l'étude les principaux résultats de cette étude ainsi que les pistes prioritaires qui y émergent visent à booster la marche vers la CSU en RDC.

4.1 DES DÉFIS D'ADAPTATION DU CADRE LÉGAL, QUI PRENNENT PEU EN COMPTE CERTAINES ÉVIDENCES SCIENTIFIQUES

La loi sur les mutualités, adoptée en RDC en 2017 constitue la base légale d'organisation du système d'assurance maladie basée la micro-assurance communautaire pour la majorité des populations de RDC. Ce cadre légal renvoie partiellement au modèle Bismarckien, pour son régime obligatoire de prélèvement sur les rémunérations des travailleurs du secteur formel. Ce régime semble peu adéquat, quand l'on considère la faible proportion des personnes œuvrant dans le secteur formel (moins de 20%) et le niveau bas des salaires surtout pour les agents du secteur public. L'autre volet du cadre légal, est le régime volontaire sous forme de mutuelles de santé communautaires volontaires proposé pour toute personne hors du secteur formel. Ces derniers constituent la bonne majorité de la population congolaise (plus de 80%), avec plus de 70% de la population vivant en dessous du seuil de pauvreté [53], [7]. Bien avant que cette loi ne soit votée, de nombreuses études avaient pourtant montré qu'avec des mutuelles de santé volontaires, il est illusoire d'espérer progresser vers la couverture santé universelle [54], [55]. Certes la petite frange des populations couvertes par des mutuelles utilise plus fréquemment les services que celles non couvertes [22], [23]. En revanche le plus gros défi en RDC est d'accroître le taux de couverture assurantielle, qui demeure au niveau national à moins de 10% [25]. En effet la faible capacité contributive des usagers constitue une des contraintes majeures qui limite fortement le niveau de cotisation en termes de primes ainsi que les taux d'adhésion [56] et de fidélisation [22]. Des études menées en RDC et ailleurs, montrent combien le caractère volontaire de l'adhésion, la prise en compte inégale des besoins des bénéficiaires et la gestion amateuriste des mutuelles de santé, rendent le système basé sur les mutuelles de santé communautaires et volontaires, hasardeux en termes de couverture et de levier pour progresser vers la CSU [57], [58], [59], [60], [60], [62]. En somme, comme l'indique une récente étude menée par Nyamugira *et al.* [51], un tel système profite davantage aux ménages les plus aisés. Son impact négligeable sur la réduction des dépenses catastrophiques des ménages à faible revenu, perpétue l'éloignement du principe d'équité, qui est pourtant au cœur de la CSU [3]. Certains pays comme le

Ghana et le Rwanda, ont abandonné ce système d'assurance maladie volontaire. En 2007, le Rwanda avait basculé vers un régime obligatoire, mis en place un système de levée des financements nécessaires (notamment innovants) pour suppléer la faible capacité contributive des populations à faible revenu. La gestion du système a été centralisée en 2015 au niveau de la Rwandaise de sécurité sociale (RSSB) [63]. Avec ce basculement, un coup d'accélérateur a été obtenu au Rwanda, avec plus de 80% de la population rwandaise couverte par le système d'assurance maladie [63], [64], [65], [66]. Un levier de renforcement des services de santé avec les stratégies d'accréditation et du financement basé sur les performances, a permis d'accroître l'offre des services et des soins de qualité [63], [66].

4.2 DES ADAPTATIONS INSUFFISANTES DU SYSTÈME DE SOINS ET UNE ADOPTION TIMIDE DES VALEURS QUI FONDENT UN SYSTÈME DE SANTÉ INTÉGRÉ ET L'ENGAGEMENT POUR LA CSU

La marche vers la CSU requiert, au-delà d'un système d'assurance maladie bien pensé et financé, un système de santé structuré, intégré, dont le sous-système de soins permet d'offrir des services de santé essentiels de qualité [3], [6]. L'élaboration en 2006 de la stratégie de renforcement du système de santé en RDC (SRSS), posait les bases fondamentales du renouveau du système de santé congolais, en capitalisant les îlots de cohérence qui ont résisté à l'usure de la crise [17]. Cette stratégie était porteuse d'une vision stratégique, l'un des principes essentiels de la bonne gouvernance des systèmes de santé selon Siddiqi *et al* [67]. L'un des défis à relever était dès lors d'adapter le système aux éléments du contexte évolutif du monde contemporain, notamment l'urbanisation, la transition épidémiologique, les nouvelles technologies, les attentes plus pressantes des populations. Cette stratégie reposait sur certaines valeurs. Les valeurs sont comprises ici comme des principes essentiels qui fondent et guident l'action d'un individu ou d'un ensemble d'individus [68]. Ces valeurs renvoient à des principes auxquels l'individu ou un ensemble d'individus croient et qui constituent un système référentiel (paradigme) qui conditionne le regard et le rapport au monde. À noter que les valeurs sont susceptibles d'évolution. La stratégie de renforcement du système de santé en RDC trouve son fondement dans certaines valeurs: des valeurs d'humanisme; de solidarité; de justice sociale; d'équité; de responsabilité; de probité et d'engagement. Ces valeurs, qui sont au cœur du renouveau des soins de santé primaires, sont essentielles pour progresser sur la voie de la CSU. Pour que ces valeurs soient opérantes, elles devraient être largement portées par les décideurs et partagées par les acteurs, aux différents niveaux du système de santé de la RDC. Les carences observées dans la mise en œuvre des réformes indiquées par la stratégie sectorielle (SRSS), s'expliqueraient en partie par le fait que ces valeurs ne sont pas largement partagées [35].

La progression sur la voie de la CSU impose une gouvernance robuste; la gouvernance renvoie à la conception, la conduite et l'évaluation d'une action collective à partir d'une position d'autorité [69], [70]. La gouvernance, dans le domaine de la santé est distribuée. Elle fait appel à certaines valeurs: l'intégrité; la transparence; l'inclusivité; la participation; l'égalité des genres et la diversité; et enfin, la redevabilité et le respect de l'état de droit. Ces valeurs rejoignent globalement les principes de bonne gouvernance des systèmes de santé tels que proposés par Siddiqi *et al* [67].

Ces éléments étant posés, il subsiste la question de savoir pourquoi les efforts menés ont conduit à une incongruence entre le cadre légal, les dispositifs élaborés et la volonté de progresser vers la CSU. Trois hypothèses sont évoquées. La première hypothèse relèverait du fait que les valeurs fondatrices de la vision pour la CSU n'auraient pas été assez partagées auprès des acteurs. La deuxième hypothèse serait que des grandes décisions, qui s'éloignent de l'intérêt général, soient prises dans une logique top-down et des contextes de conflits d'intérêts et donc d'éloignement des valeurs d'intégrité. Enfin, la troisième hypothèse serait que des processus décisionnels sont conduits, sans que les décideurs impliqués soient aux fins des évidences scientifiques sur lesquelles il importe de s'appuyer. Ces trois hypothèses pourraient expliquer les nombreuses hésitations observées dans la progression sur la voie de la CSU en RDC. Face aux deux dernières hypothèses évoquées, les processus d'élaboration des grandes politiques devraient être entourés de certaines précautions, comme: le renforcement de la transparence vis-à-vis des populations pour pouvoir prendre en compte ses avis dans des processus décisionnels clés; requérir les éclairages et les bases factuelles objectives auprès des universités et des scientifiques. En bref, le cercle vicieux qui entrave de progresser plus rapidement et de manière structurée vers la CSU en RDC (figure 3), requiert d'être dénoué.

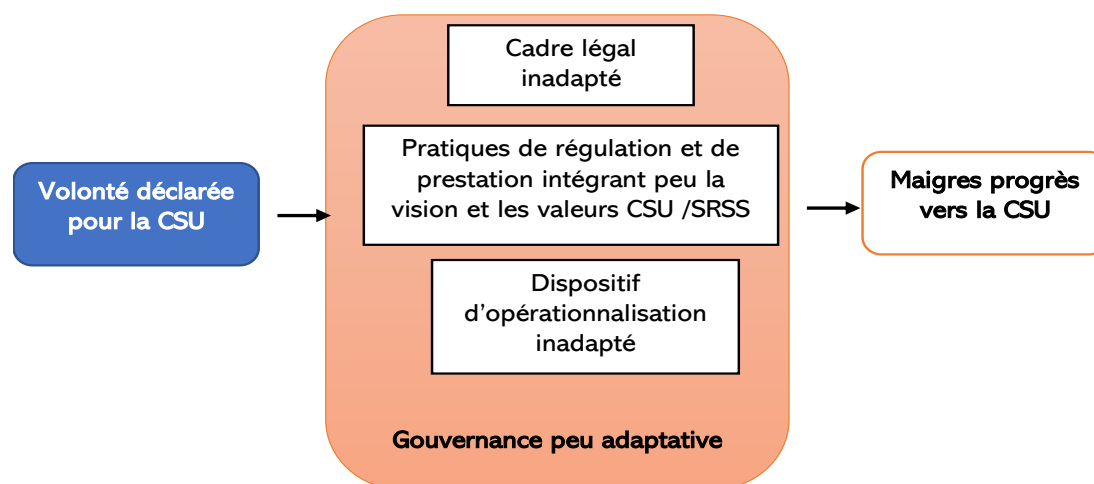


Fig. 3. Modélisation simple du cercle vicieux entravant les progrès vers la CSU en RDC

4.3 DES PISTES PRIORITAIRES À EXPLORER POUR ACCÉLÉRER LE PROGRÈS VERS LA COUVERTURE SANTÉ UNIVERSELLE EN RDC

Les éléments émergents de cette étude montrent l'intérêt de repenser la voie empruntée et d'explorer certaines pistes pour aller de l'avant. Ces pistes sont relatives au cadre légal et à la cohérence du dispositif d'opérationnalisation dudit cadre, à la levée des financements et au développement des services de santé de qualité.

Le cadre légal basé sur des mutuelles de santé où l'adhésion est volontaire pour la grande majorité de la population, est clairement à l'antipode des évidences scientifiques développées depuis plus d'une décennie et qui sont glanées dans cet article. Comme l'a si bien résumé Mathauer [55], aucun pays au monde n'a progressé vers la couverture santé universelle par le biais de l'assurance maladie volontaire. Dans un contexte d'un niveau élevé de pauvreté, elle constitue une voie royale pour accroître l'exclusion des ménages précarisés dans l'accès aux soins. Pour accélérer sa progression sur la voie de la CSU, la RDC devrait sérieusement envisager l'option de revisiter ce cadre légal qui prône l'assurance volontaire au travers les mutuelles pour la bonne majorité des Congolais vivant du revenu provenant des secteurs informels.

Toutefois, le basculement vers un système obligatoire pour tous les Congolais ou un système assorti des mesures indirectes d'obligation, impose une forte volonté politique et des actions d'accompagnement. Parmi ces actions figurent celles relatives à la levée des fonds nécessaires pour suppléer les contributions des ménages les plus démunis. Une étude menée dans la zone de santé rurale du Vuhovi, dans la province du Nord Kivu à l'Est de la RDC, située à environ 2 US dollars par personne par an, le niveau de contribution que les ménages estiment supportables [71]. Une autre étude réalisée dans la zone de santé de Katakombé dans la province du Sankuru, estimait le niveau de cotisation acceptable pour les ménages à 0,71 US dollars par personne par an [50]. Ce niveau de cotisation est trop bas par rapport au niveau de financement estimé par une étude actuarielle menée en 2019 au Nord Kivu. Cette étude évaluait à un minimum de 20,05 US dollars par personne par an pour couvrir un panier de soins constitué des soins de première ligne et ceux de référence primaire et secondaire au niveau de la province [72]. En clair l'assurance maladie, ne peut dans ces conditions reposer en grande partie sur les contributions des ménages, dans un contexte où près 75% d'entre eux vivent en dessous du seuil de pauvreté.

Les ménages contribuent déjà à plus de 40% des dépenses de la santé (43% en 2020) [25]. Or les décrets instituant les dispositifs de la CSU, prévoient parmi les sources de financement, des prélèvements de l'ordre de 15% sur les financements destinés à la CSU (y compris les cotisations des ménages). Cela pourrait poser des problèmes d'acceptabilité au niveau des populations. En effet, ces dernières sont de plus en plus instruites et demandeuses de plus d'équité.

En vue de permettre la mise en œuvre de la CSU en cohérence avec la stratégie de renforcement du système de santé en RDC, qui préconise un allègement de la contribution des ménages [17], des financements complémentaires, sont requis, comme suggéré par d'autres auteurs [38, [73]. D'après l'OMS, des financements de l'ordre de 60 US dollars/personne/an sont nécessaires pour financer la CSU [6]. Une étude publiée en 2017 par Steinberg, situe le niveau de financement requis pour la CSU entre 74 et 984 US dollars/hab/an selon les pays [32]. Une des pistes de levée de ces financements complémentaires est constituée des allocations budgétaires plus conséquentes, au regard des 15% du budget décidés dans le cadre des engagements d'Abudja en faveur du financement du secteur de la santé [74]. L'autre piste concerne les impôts et taxes, ainsi

que les financements innovants. Nombreux pays ont fait des financements innovants, une source non négligeable de financement de l'assurance maladie [6].

Enfin, même si des financements suffisants sont levés, on ne pourra espérer un réel progrès vers la CSU, tant que les services de santé offerts sont incomplets et de moins bonne qualité. Les services de piètre qualité sont généralement peu attractifs pour les populations [75], [37]. Ces services demeurent encore peu complets comme l'indique le faible index de couverture pour la RDC [43], de moins bonne qualité en RDC. Cette double limitation contribue à leur faible niveau de performances, comme l'indiquent les niveaux élevés de mortalité néonatale et maternelle en RDC [40], [43]. Des efforts d'investissement dans les processus d'intégration des services de santé essentiels et l'amélioration de la qualité, doivent être redoublés. La régulation sur cet aspect devrait être de mise. La mise en route bien structurée d'un système d'accréditation des services de santé, pourrait y contribuer.

La vision et la voie indiquées par la stratégie de renforcement du système de santé en RDC [17], rejoignent celles proposées au niveau global par l'OMS en rapport avec l'humanisation des services et des soins [3] et la qualité des soins plus globalement [76]. Elles restent pertinentes, pour progresser sur cette voie. Bien que la référence formelle à la SRSS soit quasi absente du contenu du plan stratégique 2021-30 pour la CSU en RDC, une gouvernance adaptative et plus engagée, qui intègre les valeurs évoquées plus haut, est requise.

5 CONCLUSION

Cette étude sur la marche vers la couverture santé universelle en RDC montre une réelle volonté déclarée pour la CSU. Cette volonté, qui répond à une aspiration profonde des populations de la RDC à l'équité en santé, se heurte dans les faits à un cadre légal et organisationnel des dispositifs d'opérationnalisation et des pratiques des acteurs, qui sont en décalage avec cette volonté.

Des pistes allant dans le sens d'un système d'assurance maladie obligatoire, doublé des dispositifs congruents d'opérationnalisation, une levée plus importante des financements, dont innovants et une gouvernance adaptative, pourraient être considérées et explorées. Une gouvernance plus adaptative dans le secteur de la santé renforcerait sa cohérence en capitalisant, à bon escient, les fondamentaux posés par la stratégie de renforcement du système de santé en RDC (SRSS).

En s'engageant sur ces pistes basées sur des données probantes de la recherche, la RDC pourrait accélérer ses progrès sur la voie de la couverture santé universelle.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucune relation financière, ni personnelle pouvant les avoir influencés de quelque manière que ce soit dans la rédaction cet article.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

Jean-Bosco Kahindo a coordonné les principales phases de réalisation de l'étude (formulation du protocole de recherche, collecte des données, stratégie d'analyse des données). Les autres auteurs ont participé à l'analyse des données. Jean-Bosco Kahindo a initié l'article et tous les autres auteurs ont participé à la révision de l'article.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Union Européenne et le Gouvernement Belge (DGD) pour le financement du PADISS2 (projet d'appui au développement intégré du système de santé au Nord-Kivu), projet dans le cadre duquel la collecte des données de cette étude a été réalisée. Les auteurs remercient également Charlotte Van Roy et Agnès Echterbille, pour la relecture de l'article.

REFERENCES

- [1] OMS, « Les Soins de santé primaires », Rapport de la Conférence internationale sur les soins de santé primaires, Alma-Ata, U.R.S.S., 6-12 septembre 1978. *OMS, Genève, 1978.*
- [2] World Health Organization and the United Nations Children's Fund (UNICEF), Declaration of Astana. Global Conference on primary health care. Astana, Kazakhstan, 25-26 October, 2018. Genève, OMS, 2018, 12p.
- [3] OMS, « Rapport sur la santé dans le monde 2008: les soins de santé primaires - maintenant plus que jamais », Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2008, 125p.
- [4] OMS, « Plaidoyer pour la Couverture sanitaire universelle ». *Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2013, 159p.*
- [5] OMS, « Rapport sur la santé dans le monde 2013: La recherche pour la Couverture sanitaire universelle ». *Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2013, 43p.*
- [6] OMS, « Rapport sur la santé dans le monde 2010: Le financement des systèmes de santé – Le chemin vers la couverture santé universelle ». Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2010, 149p.
- [7] Observatoire Congolais du Développement Durable et Institut National de la Statistique, Enquête par Grappes à Indicateurs des ODD, 2020: Rapport final. *OCDD, Kinshasa, République Démocratique du Congo. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-08228-3>, 2021, 265p.*
- [8] TL Bahama, « Conflits Armés Et Fragilité De L'autorité Étatique Au Nord-Kivu En République Démocratique Du Congo », *European Scientific Journal, 2017, Vol.13, no. 5, pp.457-480, 2017.*
- [9] PNUD, Rapport sur le développement humain 2021-2022. Temps incertains, vies bouleversées: façonner notre avenir dans un monde en mutation. PNUD, New York, 2022, 34p.
- [10] Ministère de la santé de la RDC, Plan national de développement sanitaire 2019- 2022. Vers la couverture sanitaire universelle. *Kinshasa, Ministère de la santé de la RDC, 2019, 93p.*
- [11] M. Dixon-Woods, D. Cavers, S. Agarwal, et al., « Conducting a critical interpretive synthesis of the literature on access to healthcare by vulnerable groups ». *BMC Med Res Methodol* 2006; 6: 35.
- [12] BJ. Shea, JM. Grimshaw, GA. Wells, M. Boers, N. Andersson, C. Hamel, et al., « Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews », *BMC Med Res Methodol*. Vol.7, pp.1-10, 2019.
- [13] V. Zaugg, V. Savoldelli, B. Sabatier, P. Durieux (2014). Améliorer les pratiques et l'organisation des soins: méthodologie des études d'interventions. *Santé Publique*, Vol. 26, no.4, pp. 519-30, 2014.
- [14] C. Sicotte, F. Champagne, D. Contandriopoulos, J. Barnsley, F. Bélan, SG. Légatt et al, « A conceptual framework for analysis of care organization's performance ». *Health Management Research*, vol.11, pp.24-48, 1998.
- [15] D. Jodelet, Aperçus sur les méthodologies qualitatives. In S. Moscovici & F. Buschini (Eds.), *Les méthodes des sciences humaines* (pp. 139-162). Paris, PUF, 2003.
- [16] M. Blais, S. Martineau, L'analyse inductive générale: description d'une démarche visant à donner un sens à des données brutes. *Recherches qualitatives*, Vol. 26, no. 2, pp.1-18, 2006.
- [17] Ministère de la santé de la RDC, Stratégie de renforcement du système de santé en RDC. Kinshasa, Ministère de la santé de la RDC, 49p, 2006.
- [18] République Démocratique du Congo, Présidence de la République, Loi N° 18/035 du 13 décembre 2018 fixant les principes fondamentaux relatifs à l'organisation de la santé publique. Kinshasa, République Démocratique du Congo, Présidence de la République, 40p, 2018.
- [19] République Démocratique du Congo, Présidence de la République, Loi déterminant les principes fondamentaux relatifs à la mutualité, *Kinshasa, République Démocratique du Congo, Présidence de la République, 33p, 2018.*
- [20] Présidence de la RDC / Conseil National de la Couverture santé universelle CN-CSU, Plan stratégique national pour la couverture santé universelle 2021-2030, République démocratique du Congo, Kinshasa Janvier, p69, 2020.
- [21] A. Waelkens, M. Pia, S. Shomba NF. Kwilu, NK. Mulinganya, B.Criel. Etude des mutuelles de santé en RDC dans le cadre de la couverture sanitaire universelle. *Institut de médecine tropicale, Anvers, pp1-80, 2016.*
- [22] JN. Pululu, G. Vodiena, Nsakala, H. Van Loon, « Facteurs de fidélisation dans la mutuelle de santé de Kisantu en République démocratique du Congo », *Santé Publique*, Vol. 4, no. 33, pp.569 à 577, 2021.
- [23] F. Mutabunga bin Lubula, F. Chenge, B. Criel, A. Mukalay, O. Luboya, HM. Tshamba, « Organisation, offre et demande des services de santé de qualité: 18 ans d'Expériences des mutuelles de santé en Province du Sud Kivu /RD Congo », *Int. J. of Multidisciplinary and Current research*, vol. 5, pp.885-895, 2017.
- [24] N. Mahamba, NP. Mitangala, E. Tchouaket, ET. Musubao, KA. Kayenga, and MJB. Kahindo MJB, « Household income and health care expenditure in Goma city, eastern Democratic Republic of Congo », *International Journal of Innovation and Scientific Research* vol. 57, no.2, pp.65-79, 2021.
- [25] Ministère de la santé publique de la RDC, Rapport sur les comptes de la santé de la RDC 2020. *Kinshasa, Ministère de la Santé publique de la RDC, 51p, 2021, 2021.*

- [26] INS, Enquête par grappes à indicateurs multiples, 2017-2018, rapport de résultats de l'enquête. Kinshasa, République Démocratique du Congo, INS, 2019.
- [27] Primature de la République Démocratique du Congo, Décret N°22/14 du 9 avril 2022 pourtant organisation et fonctionnement de l'autorité de régulation et de contrôle de la couverture santé universelle « ARC-CSU » en sigle. *Journal officiel de la RDC, Kinshasa, avril 2022.*
- [28] Primature de la République Démocratique du Congo, Décret N°22/13 du 9 avril 2022 pourtant organisation et fonctionnement d'un établissement d'utilité publique dénommé Fonds de solidarité de santé « FSS » en sigle. *Journal officiel de la RDC, Kinshasa, avril 2022.*
- [29] Primature de la République Démocratique du Congo, Décret N°22/15 du 9 avril 2022 pourtant organisation et fonctionnement d'un établissement d'utilité publique dénommé Fonds de promotion de la santé « FPS » en sigle. *Journal officiel de la RDC, Kinshasa, avril 2022.*
- [30] Primature de la République Démocratique du Congo, Décret N°22/16 du 9 avril 2022 pourtant organisation et fonctionnement d'un établissement d'utilité publique dénommé Institut national de santé publique « INS » en sigle. *Journal officiel de la RDC, Kinshasa, avril 2022.*
- [31] Primature de la République Démocratique du Congo, Décret N°22/17 du 9 avril 2022 pourtant transformation d'un service public dénommé Agence nationale d'ingénierie clinique, de l'information et d'informatique de santé « ANICIS » en sigle en un établissement public dénommé Agence nationale d'ingénierie et du numérique de la santé, « ACNICNS » en sigle. *Journal officiel de la RDC, Kinshasa, avril 2022.*
- [32] MJB. Kahindo, N. Mahamba, LK. Nyavanda, OB. Ngbape et G. Kasereka, «Fonds d'achat des services de santé: une expérience de renforcement de l'accessibilité aux soins et un pas vers l'assurance santé au Nord Kivu» *Annales de la Faculté de santé et développement communautaires de l'ULPGL de Goma. Revue Scientifique* ISSN 1813-3886, vol. 1 no.3, pp.1-15, 2020.
- [33] KJ. Manzambi, EG. Eya Matangelo, O. Bruyère, C. Gosset, M. Guillaume, JY. Reginster «Financement de la santé et recouvrement des coûts: le lourd fardeau des ménages congolais. Résultats des comptes nationaux de la santé» *Journal d'Epidémiologie et de Santé Publique (JESP)*, vol.15, pp.15-27, 2015.
- [34] S. Stasse, D. Vita, J. Kimfuta, V. Campos da Silveira, P. Bossyns and B. Criel, «Improving financial access to health care in the Kisantu district in the emocratic Republic of Congo: acting upon complexity», *Glob Health Action*, vol. 8, pp. 25480 - <http://dx.doi.org/10.3402/gha.v8.25480>, 2015.
- [35] MJB. Kahindo, NP. Mitangala, ET. Musubao, N. Mahamba, NL. Kahandukya NL., BJ. Kubuya, and D. Porignon, «Intermediate health system level support to health district: Perceptions of health district teams in North Kivu, eastern DRC» *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 33, no.2, 258-271, 2021.
- [36] KD. Chuy, B. Criel, Z. Belrhiti, TA. Mwembo, and MF. Chengé, «Soutien du niveau intermédiaire du système de santé aux équipes-cadres des districts sanitaires: le cas de la ville de Lubumbashi, République Démocratique du Congo», *Int. J. Adv. Res.* Vol.8, no. 3, pp.1114-1139, 2020.
- [37] B. Criel, MP. Waelkens, F. Kwilu Nappa, Y. Coppieters, S. Laokri, «Can mutual health organisations influence the quality and the affordability of healthcare provision? The case of the Democratic Republic of Congo». *PLoS ONE*, vol. 15, no.4: e0231660. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231660>, 2020.
- [38] JM. Kabinda, PM. Mitashi, FM. Cheng, (2019) « Analyse des modalités de financement des soins de santé en République démocratique du Congo: une revue systématique», *Ann. Afr. Med.*, vol. 12, no. 2, pp.3204-19, 2019.
- [39] G. Bisimwa, S. Makali, H. Karemere, C. Molima, R. Nunga, A. Iyeti, F. Chengé, «Contrat unique, une approche innovante de financement du niveau intermédiaire du système de santé en République Démocratique du Congo: processus et défis de mise en œuvre», *Afr J Prm Health Care Fam Med*, vol.13, no. 1, a2869. <https://doi.org/10.4102/phcfm.v13i1.2869>, 2021.
- [40] INS, Enquête par grappes à indicateurs multiples, 2017-2018, rapport de résultats de l'enquête. Kinshasa, République Démocratique du Congo, 581p, 2019.
- [41] Ecole de Santé Publique de l'Université de Kinshasa (ESPK) [République Démocratique du Congo] et ICF, République Démocratique du Congo: Evaluation des Prestations des Services de soins de Santé (EPSS RDC) 2017- 2018. Kinshasa, RDC et Rockville, Maryland, USA: ESPK et ICF, 509p, 2019.
- [42] OMS et Banque Mondiale, Rapport mondial de suivi 2017: la couverture-santé universelle: Résumé analytique [Tracking universal health coverage: 2017 global monitoring report]. Genève, Organisation mondiale de la Santé et la Banque internationale pour la reconstruction et le développement/ La Banque mondiale; 2018 (WHO/HIS/ HGF/17.2). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 69p. 2018.
- [43] World health statistics 2022, Monitoring health for the SDGs, sustainable development goals, Geneva, World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO; 125p, 2022.

- [44] MJB. Kahindo, NP. Mitangala, ET. Musubao, N. Mahamba, NE. Namegabe, C. Kimanuka, H. Lambert, and D. Porignon, «Patient itinerary in Africa settings: Goma city case in the East of the Democratic Republic of Congo», *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 53 (1), pp.85-97. 2021.
- [45] S. Laokri, R. Soelaeman, DR. Hotchkiss, Assessing out-of-pocket expenditures for primary health care: How responsive is the Democratic Republic of Congo health system to providing financial risk protection? *BMC Health Serv Res*. Vol.15, no.18 (1), 2018.
- [46] AM. Ntambue, FK. Malonga, M. Dramaix-Wilmet, TM. Ilunga, AN. Musau, CM. Matungulu. et al. (2018). «Commercialization of obstetric and neonatal care in the Democratic Republic of the Congo: A study of the variability in user fees in Lubumbashi, 2014» *PLoS ONE*, vol. 13, no.10, pp.1-26, 2018. e0205082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205082>.
- [47] AM. Ntambue, FK. Malonga, DK. Cowgill, M. Dramaix-Wilmet, and P. Donnen, «Incidence of catastrophic expenditures linked to obstetric and neonatal care at 92 facilities in Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo, 2015», *BMC Public Health*, vol. 19, no. 948, 2019.
- [48] KD. Cowgill, and Ntambue AM. (2019). «Hospital detention of mothers and their infants at a large provincial hospital: a mixed-methods descriptive case study, Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo.» *Reproductive Health*, vol.16, no.111, pp.2-15; <https://doi.org/10.1186/s12978-019-0777-7>, 2019.
- [49] NA. Musau, AM. Ntambue, OJ. Mungomba, MH. Tshamba., and KF. Malonga, «Social and economic consequences of the cost of obstetric and neonatal care in Lubumbashi, Democratic Republic of Congo: a mixed methods study», *BMC Pregnancy and Childbirth*, vol. 21, no.315), pp.2-13; <https://doi.org/10.1186/s12884-021-03765-x>, 2021.
- [50] MN. Shako, J. Kokolomani, Y. Kluyskens, «Mise en place d'une micro-assurance santé à Katako-Kombe, RDC: contraintes et défis, *Santé publique*, vol.30, no.6, pp.887-898, 2018.
- [51] AB. Nyamugira, A. Richter, G. Furaha and S. Flessa, «Towards the achievement of universal health coverage in the Democratic Republic of Congo: does the Country walk its talk? » *BMC Health Services Research*, vol. 22, no. 860, pp.2-13, 2022.
- [52] R.K. Yin, Case study research. Design and methods (3rd Ed). *Thousand Oaks, CA: Sage, 181p, 2003*.
- [53] IA. Agyepong, N. Sewankambo, A. Binagwaho, AM. Coll-Seck, T. Corrah, A. Ezeh, et al., «The path to longer and healthier lives for all Africans by 2030: the lancet commission on the future of health in sub-Saharan Africa», *Lancet*, vol. 390 (10114): 2803-59, 2017.
- [54] I. Mathauer, B. Mathivet, J. Kutzin, «Community based health insurance: how can it contribute to progress towards UHC ? » *Geneva: World Health Organization; Geneve. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., 2017*.
- [55] I. Mathauer, Health financing for Universal Health Coverage: Objectives and directions for reform, WHO, Genève, 2016.
- [56] V. Ridde, Vers une couverture sanitaire universelle en 2030 ? Réformes en Afrique Sub-saharienne, Éditions Science et bien commun Canada, Québec, 827p, 2021.
- [57] J. Kutzin, «Anything goes on the path to universal health coverage?», *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 90, no. 11, pp. 867-868, 2012.
- [58] J. Alenda-Demoutiez et B. Boidin, (2019). Community-based mutual health organisations in Senegal: A specific form of social and solidarity economy? *Review of Social Economy*, vol. 77, no. 4, pp. 417-441. <https://doi.org/10.1080/00346764.2018.1555646>, 2019.
- [59] M. De Allegri, R. Sauerborn, B. Kouyate & S. Flessa, « Community health insurance in sub-Saharan Africa: What operational difficulties hamper its successful development? » *Tropical Medicine & International Health*, vol. 14, no. 5, pp. 1-11, 2009.
- [60] D. Dror, M., Hossain, A. Majumdar, TL. Pérez Koehlmoos, D. John et PK.Panda, « What factors affect voluntary uptake of community-based health insurance schemes in low- and middle- income countries? A systematic review and meta-analysis». *PLoS ONE*, vol. 11, no. 8, e0160479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160479>, 2016.
- [61] V. Ridde, S. Haddad, M. Yacoubou, & I. Yacoubou, (2010), « Exploratory study of the impacts of mutual health organizations on social dynamics in Benin», *Social Science & Medicine*, vol.71, no.3, pp.467-474, 2010.
- [62] PM. Waelkens, Y. Coppieters, S. Laokri, & B. Criel, « An in- depth investigation of the causes of persistent low membership of community-based health insurance: A case study of the mutual health organisation of Dar Naïm, Mauritania», *BMC Health Services Research*, vol.17, no. 535. <https://doi.org/10.1186/s12913-017-2419-5>, 2017.
- [63] M. Nyandekwe, M. Nzayirambaho, JB. Kakoma, « Universal health insurance in Rwanda: major challenges and solutions for financial sustainability case study of Rwanda community-based health insurance part I». *Pan African Medical Journal*, vol. 37, no. 55. [10.11604/pamj.2020.37.55.20376](https://doi.org/10.11604/pamj.2020.37.55.20376), 2020.
- [64] B. Chemouni, « The political path to universal health coverage: Power, ideas and community-based health insurance in Rwanda», *World Development*, vol.106, pp.87-98., 2018.

- [65] SC. Ifeagwu, JC. Yang, R. Parkes-Ratanshi, and C. Brayne, « Health financing for universal health coverage in Sub-Saharan Africa: a systematic review », *Global Health Research and Policy*, vol. 6, no.8 <https://doi.org/10.1186/s41256-021-00190-7>. 2021.
- [66] MJB. Kahindo, KA. Kayenga, T. Muholu, G. Kasereka, Mission (voyage) d'étude sur l'assurance maladie et l'accréditation au Rwanda. *ULB Coopération, PADISS, Goma, 1-12, 2019*.
- [67] S. Siddiqi, TI. Masud, S. Nishtar, DH.Peters, B. Sabri, KM. Bile, MA. Jama, « Framework for assessing governance of the health system in developing countries: Gateway to good governance », *Health Policy* vol. 90, pp.13-25, 2009.
- [68] OCDE, Cadre d'action en matière de bonne gouvernance publique: Éléments fondamentaux pour le bon fonctionnement des administrations publiques, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/0ad89895-fr>, 2021.
- [69] A. Hatchuel, « Perspective et gouvernance: quelle théorie de l'action collective ? », Heurgon E, Landrieu J (sous la direction de), *Perspective pour une gouvernance démocratique*, Paris, Éditions Aube, 2000.
- [70] AP. Contandriopoulos, « La gouvernance dans le domaine de la santé: une régulation orientée par la performance », *Santé publique*, vol. 20, no. 2, pp.191-199, 2000.
- [71] AR. Lufungula, Rapport synthèse d'étude des coûts en vue de la mise en place d'un système d'inscription des ménages sur la base du dossier familial dans la perspective de l'assurance maladie universelle dans la zone de santé pilote de Vuhovi, *ULB Coopération, Goma*. pp 1-28, 2021.
- [72] M. Vigneul, Rapport de l'étude actuarielle relative à la mise en place d'une couverture maladie universelle (CSU) dans la Province du Nord Kivu, *ULB Coopération, Goma, PADISS*. pp 1-87, 2019.
- [73] H. Barroy, F. André, S. Mayaka, H. Samaha, Investing in Universal health coverage. Opportunities and challenges for health financing in Democratic Republic of Congo. World Bank Group, Washington, US. 62p, 2014.
- [74] World Health Organization, The Abuja declaration: ten years on, 2010.
- [75] J. Bashi, S. Drissa, E. Tchouaket, SJ. Balemire, H. Karemere, « Mutuelles de santé à Bukavu en République Démocratique du Congo: facteurs favorables à l'utilisation des services de santé par des adhérents », *PAMJ*, vol. 35, no.100, pp.1-11. doi: 10.11604/pamj.2020.35.100.20441, 2020.
- [76] Organisation mondiale de la Santé, Organisation de Coopération et de Développement Économiques & Banque mondiale, La qualité des services de santé: un impératif mondial en vue de la couverture santé universelle. *Organisation mondiale de la Santé*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/324737>. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 111p, 2019.

Potentiel de la télédétection sur la cartographie des inondations de la haute vallée de la Medjerda

[Potential of remote sensing on flood mapping of the upper valley of the Medjerda]

Olfa HAJJI¹, Sahar ABIDI², Ahmed EZZINE³, and Emna SILINI¹

¹Engineer High School of Mjez el-bab, University of Jendouba, Tunisia

²Silvo-Pastoral Institute of Tabarka, University of Jendouba, Tunisia

³Centre national de la cartographie et de la télédétection, Tunisia

Copyright © 2023 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 is part of the project of floodplains delimitation of Medjerda based on remote sensing, specifically the section between Ghardimaou and the dam of Sidi Salem. The watershed studied is located northwest of Tunisia, characterized by an elongated shape. Indeed, morphologically, it is bordered on his sides by high reliefs that prevent the flow of many rivers that converge therefore in the basin.

The soil texture is mainly characterized by a dominance of complex units of soil and not much evolved alluvial contribution soil. Following the flood phenomenon hitting multiple cities around Medjerda during the last century, in this context, our study aims to map and delineate inundated areas by remote sensing method based on Landsat satellite images and supervised classification by ENVI. Remote sensing, GIS and ENVI were enlisted to mapping areas at risk of flooding in the study site. Thus that around 50% of the total area of the zone was touched by the flood of 2003, and around 40% of the total area was affected by the flood of 2010.

KEYWORDS: Flood risk, remote sensing, supervised classification, High Medjerda valley.

RESUME: La présente étude s'insère dans le cadre du projet de délimitation des zones inondables de la Medjerda en se basant sur la télédétection, plus précisément du tronçon compris entre Ghardimaou et barrage Sidi Salem. Le bassin versant étudiée se situe au nord-ouest de la Tunisie, caractérisée par une forme allongée. En effet, sur le plan morphologique, il est bordé de part et d'autre par des reliefs élevés qui empêchent l'écoulement des nombreux cours d'eau qui convergent donc dans le bassin. Sur le plan pédologique la texture des sols est principalement caractérisée par une dominance des unités complexe de sol et des sols peu évolué d'apport alluvial. Suite au phénomène d'inondation qui à toucher plusieurs villes autour de la Medjerda pendant le dernier siècle, dans ce contexte, notre étude a pour but de cartographier et délimiter les zones à risque par la méthode de télédétection en se basant sur des images satellitaires Landsat et sur la classification supervisée par l'ENVI. La télédétection, l'ENVI et les SIG ont été mis à contribution pour la cartographie des zones à risque d'inondation dans le site d'étude. C'est ainsi qu'environ 50 % de la superficie totale de la zone est soumis au risque pour la crue de 2003, et environ 40% de la superficie totale est touché pour les crues de 2010.

MOTS-CLEFS: Risque d'inondation, télédétection, classification supervisée, haute vallée de la Medjerda.

1 INTRODUCTION

À l'échelle mondiale, les inondations représentent l'une des catastrophes naturelles (environ 34% des catastrophes naturelles) la plus destructrices qui résultent de la conjonction d'un grand nombre de facteurs naturels et anthropiques. Ce phénomène cause toujours des dégâts importants surtout au niveau des zones urbanisées suite au débordement des oueds et des réseaux d'évacuation des eaux pluviales. Le phénomène des inondations de crue est ancien en Tunisie. À travers l'histoire, on compte par dizaines le nombre de fois où des régions qui ont été touchées. Les événements les plus connues et les mieux décrits, sont ceux enregistrés depuis le début du siècle passé et particulièrement après les années 1950. Durant ce dernier siècle, et particulièrement pendant la période qui précède la construction du barrage Sidi Salem. Plusieurs villes de la Medjerda, le plus important cours d'eau de la Tunisie, ont été menacées par des inondations très importantes. Les crues enregistrées sur le bassin versant du secteur d'étude, qui s'étend entre la station hydrométrique de Ghardimaou et barrage Sidi Salem, ont entraîné des inondations dans certaines régions. Pour diminuer l'effet de ces fortes crues il est nécessaire de délimiter les zones exposées aux risques en tenant compte des caractéristiques morphologique et géométrique du bassin hydrologique de la zone mis en question. C'est dans ce contexte que la présente étude est réalisée, avec pour objectif de cartographier et délimiter à partir du couplage des données de télédétection et l'ENVI (Environnement pour visualiser des images) ainsi à l'aide d'un système d'information géographique les zones à risque d'inondation de la haute vallée de la Medjerda. Le présent travail s'intègre dans le cadre du contrat programme de la recherche du CNCT "Imagerie Multi-sources et Multi-dates pour l'étendue du risque d'inondation du bassin versant de l'oued Medjerda". Ce projet a pour objectif l'évaluation des capacités des imageries radar et optique à détecter les zones inondées et inondables du bassin versant de la Medjerda.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est située à la partie haute de la Medjerda (figure 1), qui s'étend entre la station hydrométrique de Ghardimaou et le barrage de Sidi Salem.

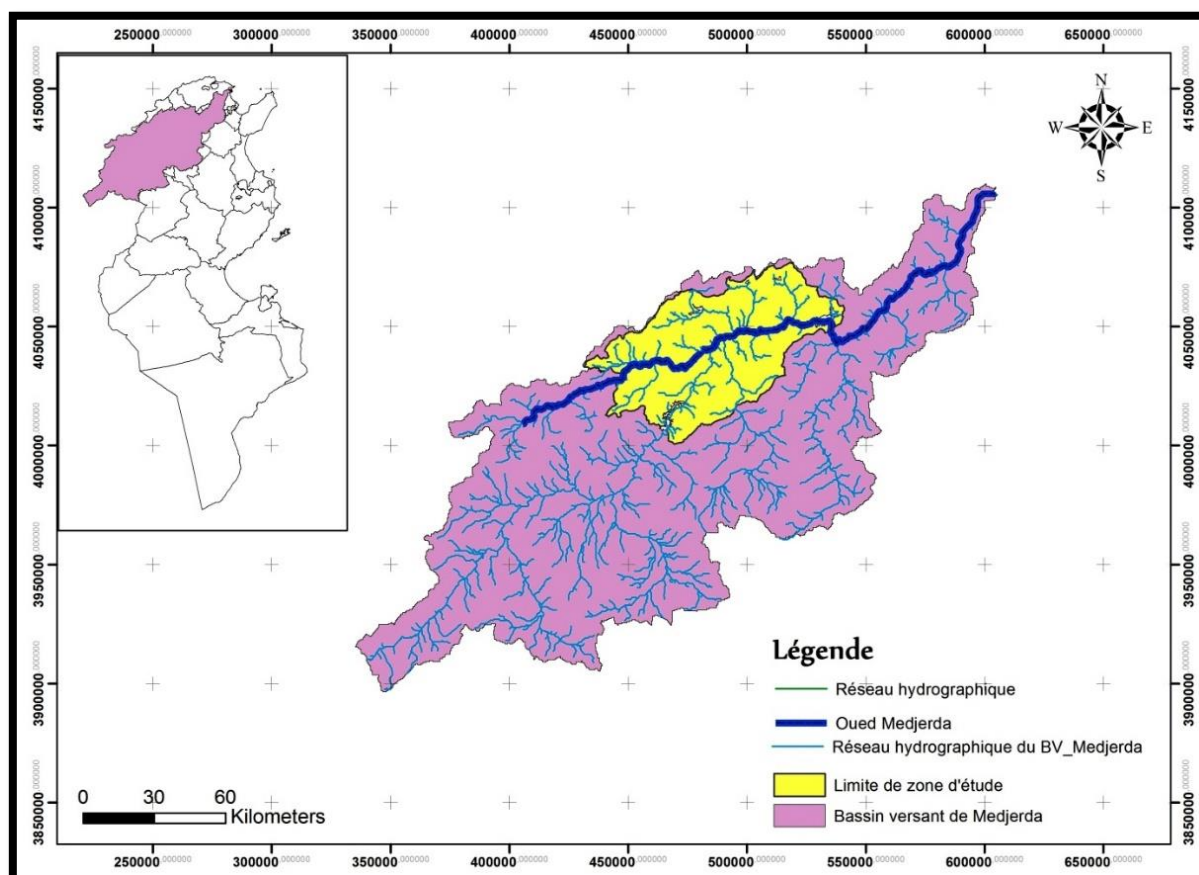


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

Les principaux affluents déversant dans ce bassin versant sont:

- Au niveau de la Rive gauche Oued Rarai s'écoule sur 15 km et draine une superficie de 370 km²; Oued Bouhertma déverse du barrage Bouhertma, il conflue près Bou Salem avec l'oued Medjerda après un parcours de 64 km et il draine un bassin versant de 390 Km².
- Au niveau de la Rive droite Oued Mellègue découle du barrage Mellègue, il parcourt une distance de 317 km avant de confluer près de Jendouba, avec l'oued Medjerda à 140 m d'altitude. Aussi Oued Tessa qui se jette dans la Medjerda à quelques kilomètres en aval de l'oued Mellègue, Il conflue avec l'oued Medjerda dans la plaine de même nom à 133 m d'altitude après un parcours de 143 km.

Le secteur d'étude dans la haute vallée de la Medjerda inclus cinq stations hydrométriques (Fig.2):

- Station de Tessa
- Station de Ghardimaou
- Station de Rarai
- Station de Jendouba
- Station de Bou Salem

Comme elle inclut ainsi six grands barrages:

- Barrage Kasseb du gouvernorat de Beja
- Barrage Bou Herthma du gouvernorat de Jendouba
- Barrage Sidi Salem du Testour, Medjez el Bab du gouvernorat de Beja
- Barrage Mèlègue du gouvernorat d'El Kef
- Barrage Beja du gouvernorat de Beja

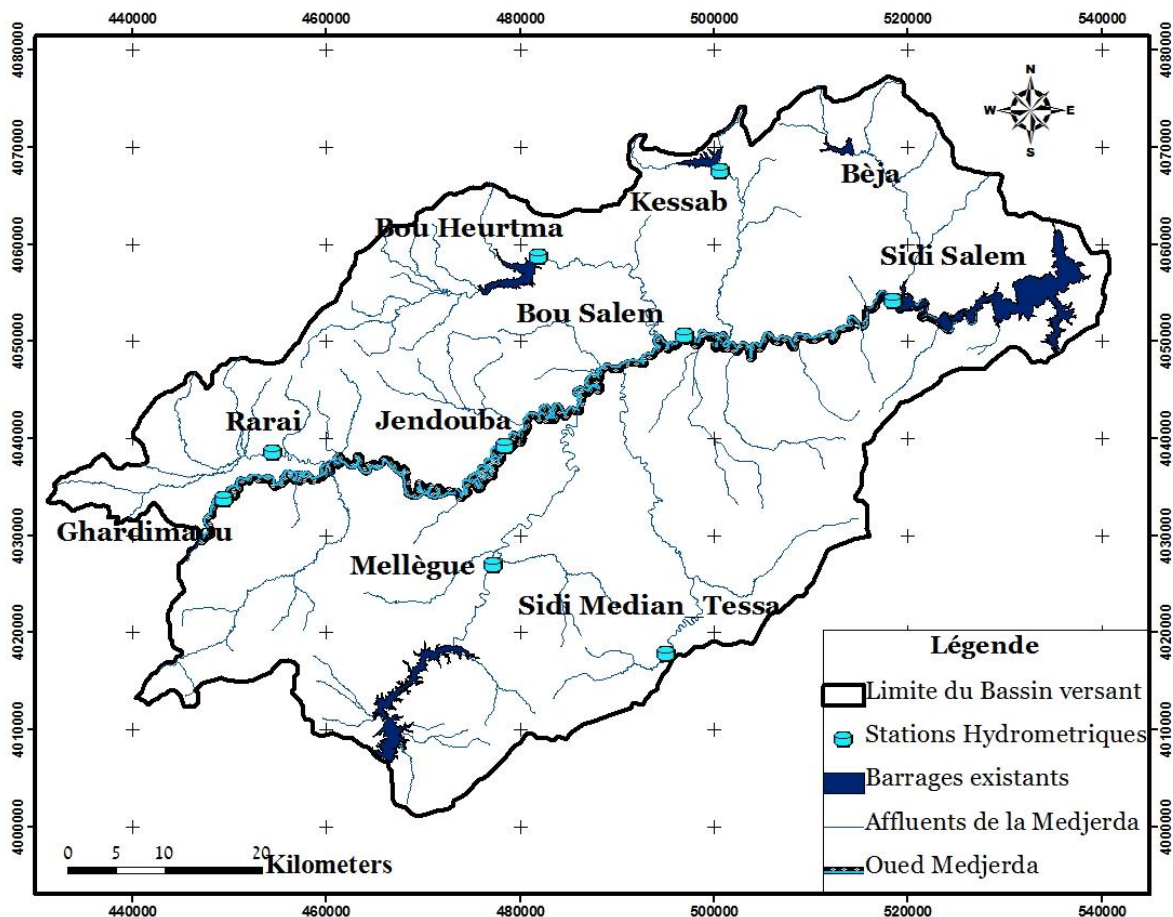


Fig. 2. Station hydrométrique et grands barrages de Beja, Jendouba et El Kef

Le bassin versant de notre zone d'étude est caractérisé par un périmètre de 367 Km et une superficie égale à 4121 Km².

A partir du modèle numérique (MNT) présenté ci-dessous (fig.3), on constate que l'altitude de bassin versant de notre zone d'étude varie d'une altitude minimale de 66 m vers une altitude maximale de l'ordre de 1091 m, ce qui nous permet de classer notre zone d'étude comme une zone à forte altitude.

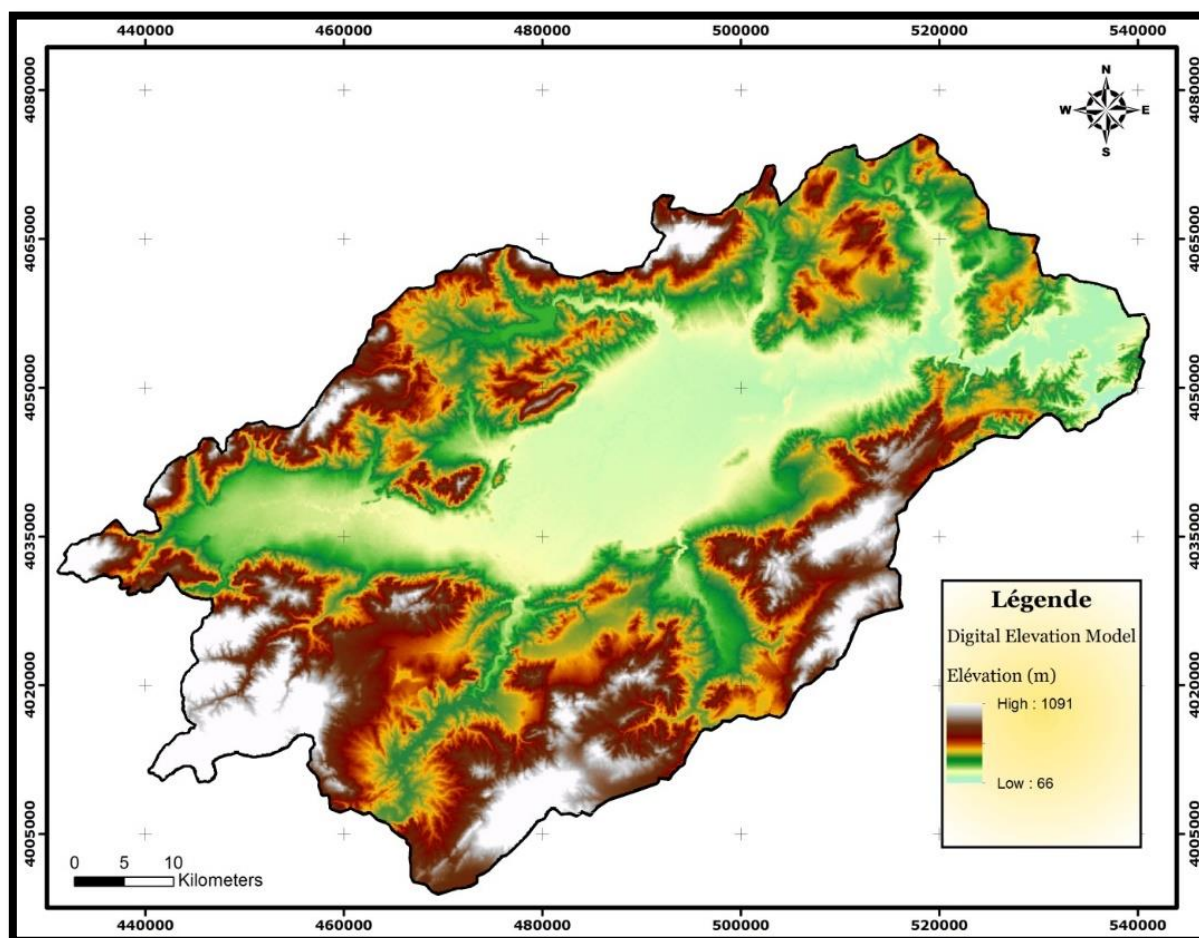


Fig. 3. Modèle numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude

Le réseau hydrographique du bassin versant étudiée est caractérisé par une longueur maximale d'un effluent égale à 137581,498 m et une longueur minimale égale à 374,475 m. Dans le cadre d'occupation de sol et le cadre pédologique, le secteur d'étude est caractérisé par une dominance des sols peu évolués d'apport alluvial et des terrains construits ainsi que des unités complexes de sols.

Dans ce qui suit on va illustrer les différentes opérations établies pour le traitement des images satellitaires afin de délimiter les zones inondables dans notre secteur d'étude.

3 MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Une détection et une délimitation des zones inondables nécessite d'effectuer des différentes opérations, dans cette partie on va illustrer l'acquisition des données pour les différentes dates de crue ainsi que la méthodologie de travail adoptée pour le traitement et la classification supervisée des données satellitaires obtenues.

Pour le traitement et la classification des données satellitaires on va adopter la méthodologie de travail suivante:

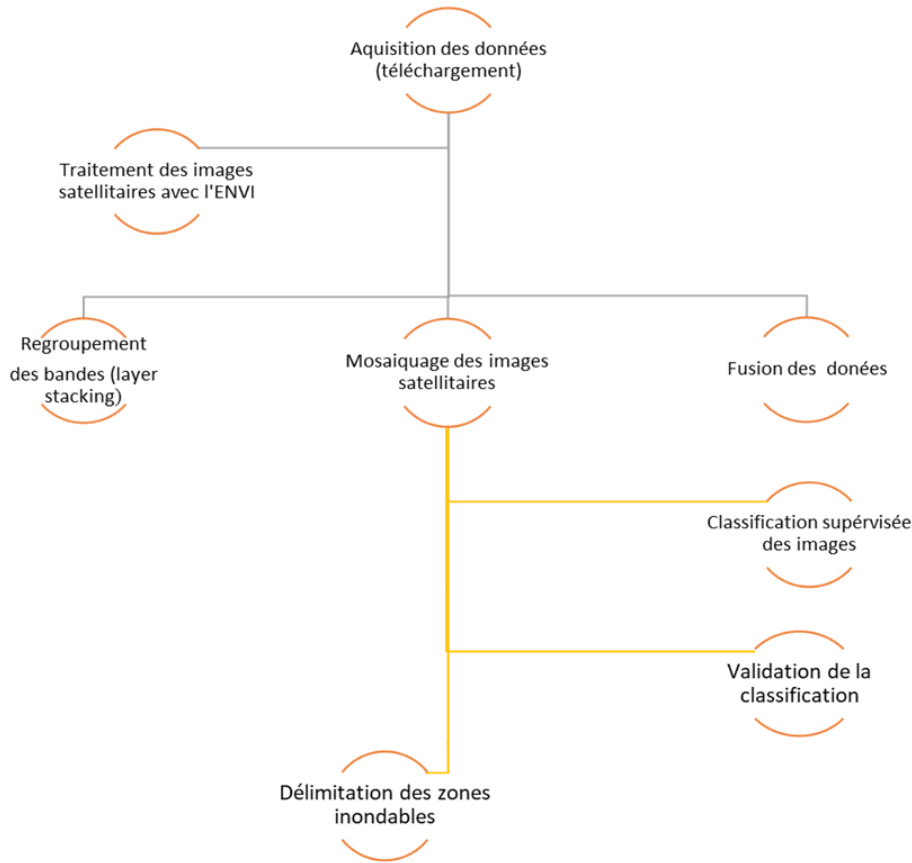


Fig. 4. Schéma d’illustration de la méthodologie de travail

Après le téléchargement des images satellitaires correspondantes aux crues de Janvier 2003 et Novembre 2010, on procède à leur classification par Envi (tab.1). Ensuite elles seront analysées par ArcGis afin de les interpréter et délimiter les zones inondées.

Tableau 1. Dates des images disponibles pour la délimitation

| Date de l’image avant la crue | Date de l’image après la crue |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 4 Janvier 2003 | 21 février 2003 |
| 11 Aout 2010 | 15 Novembre 2010 |

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

On a utilisé dans cette étude la classification supervisée. Avant de présenter les résultats de classification, on a besoin de choisir la méthode la plus performante. Pour cela plusieurs méthodes de classification ont été testées. On a analysé quatre méthodes de classification appliquées sur les images satellitaires de la crue de 4 Janvier 2003.

4.1 CHOIX DE LA MÉTHODE DE CLASSIFICATION

On a analysé quatre méthodes de classification appliquées sur les images satellitaires de la crue de 4 Janvier 2003.

4.1.1 RÉSULTAT DE LA CLASSIFICATION MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE

La première méthode de classification testée est celle de vraisemblance. Elle se base sur des méthodes probabilistes. Le logiciel calcule la probabilité de chaque pixel de l’image d’appartenir à telle ou telle classe à partir des sites témoins définis sur l’image courante. La totalité de l’image est ensuite classée sur la base de ces statistiques.

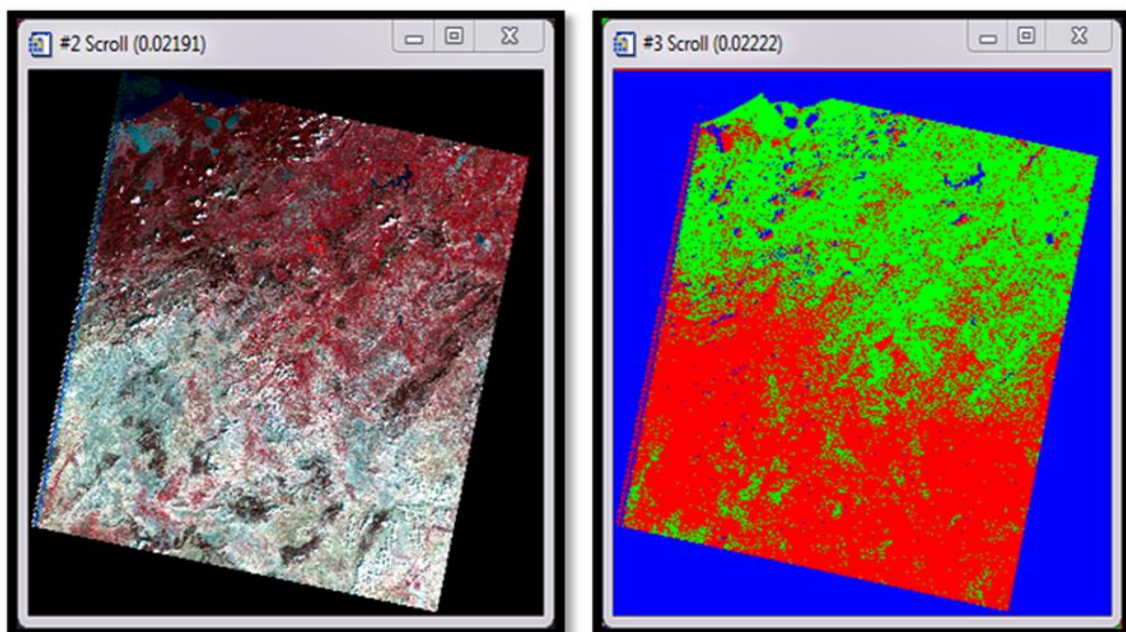


Fig. 5. Images de la zone avant et après la classification avec le maximum de vraisemblance

Ici on distingue bien les zones d'eau en bleu. Ces zones sont réellement des zones d'eau. Cette méthode est retenue.

4.1.2 RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION DE DISTANCE MINIMALE

Dans cette méthode-ci, on définit plutôt le "centre de gravité" de chacune des classes, et les vecteurs spectraux correspondant aux pixels de l'image sont affectés à la classe dont le centre de gravité est le plus proche. Seul le vecteur moyen dans chaque segment de signature de classe est utilisé.

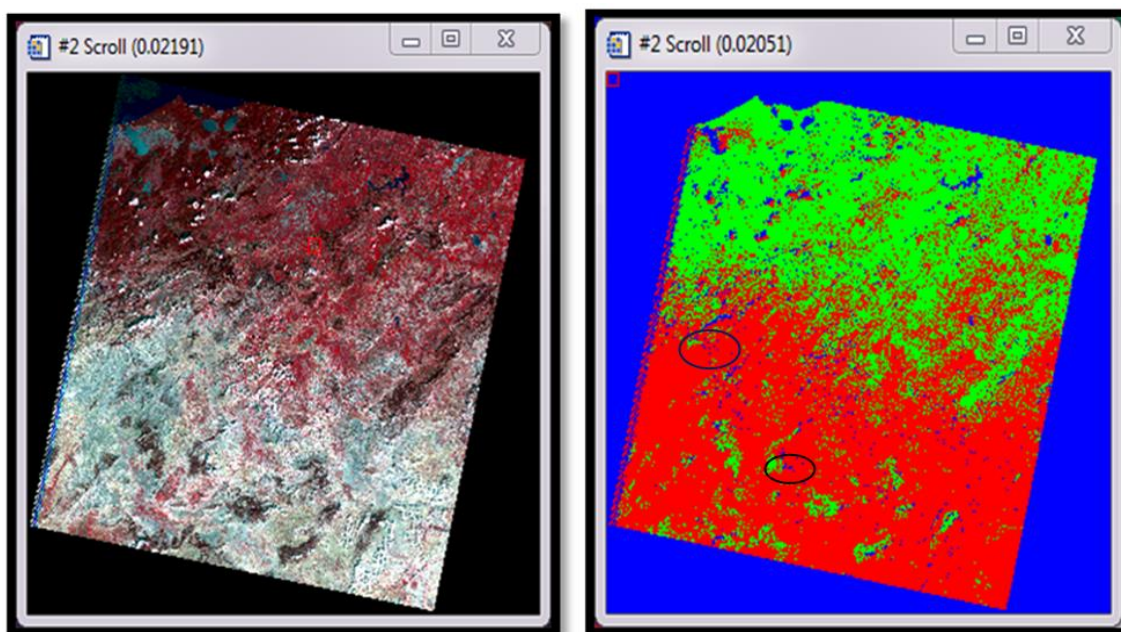


Fig. 6. Images de la zone avant et après la classification avec la méthode de distance minimale

On distingue des zones bleues que réfère ordinairement aux zones d'eau mais elles ne sont pas des zones d'eaux. Cette méthode est donc éliminée.

4.1.3 RÉSULTAT DE LA CLASSIFICATION PARALLÉLÉPIPÈDE

Règle de décision servant à la classification et dans laquelle les valeurs radiométriques des pixels candidats sont comparées aux limites supérieure et inférieure.

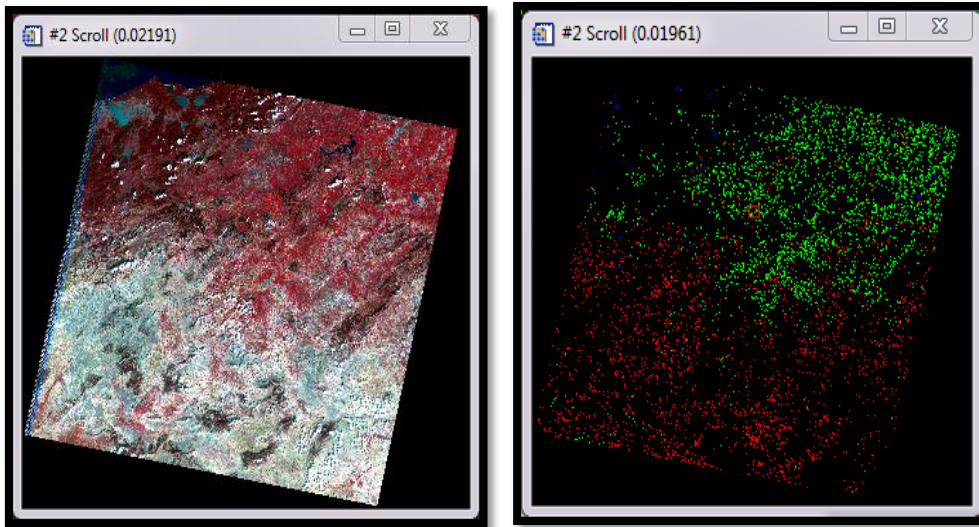


Fig. 7. Image de la zone avant et après la classification parallélépipède

L'image résultante de la classification parallélépipède n'est pas claire. On ne peut pas détecter les zones d'eaux. Cette méthode de classification est éliminée.

4.1.4 RÉSULTAT DE LA CLASSIFICATION DE LA DISTANCE MAHALANOBIS

Règle de décision de classification similaire à la règle de décision par minimum de distance, excepté que la matrice de covariance est utilisée dans cette équation.

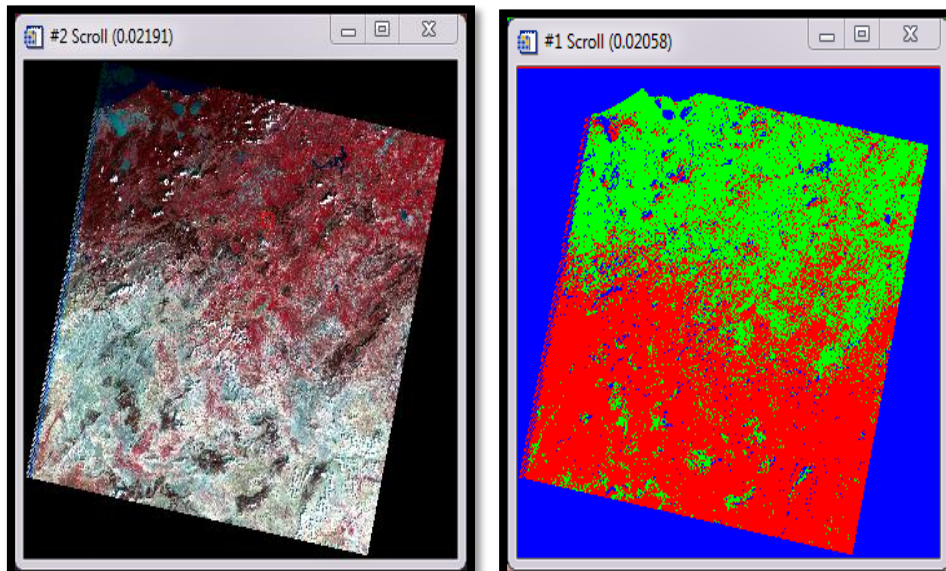


Fig. 8. Image de la zone avant et après la classification Mahalanobis

Les résultats de cette classification sont similaires à ceux de la méthode de distance minimale. On élimine cette méthode aussi.

En comparant les résultats obtenus par les différents types de la classification supervisée, celle la plus précise et la plus claire c'est la classification de maximum de vraisemblance, pour cela on va continuer notre classification seulement avec ce type pour avoir des résultats plus précis.

4.2 DÉLIMITATION DES ZONES INONDABLES

La délimitation des zones inondables a été réalisée en entrant les résultats des différentes classifications, obtenu à l'aide de l'ENVI, dans l'ArcGis en se référant à notre zone d'étude seulement.

4.2.1 RÉSULTATS DE CLASSIFICATION DE LA CRUE DE FÉVRIER 2003

Les cartes ci-dessous (fig.9 et 10) présentent les résultats de classification des images satellitaires de la crue de Février 2003 et les zones inondées.

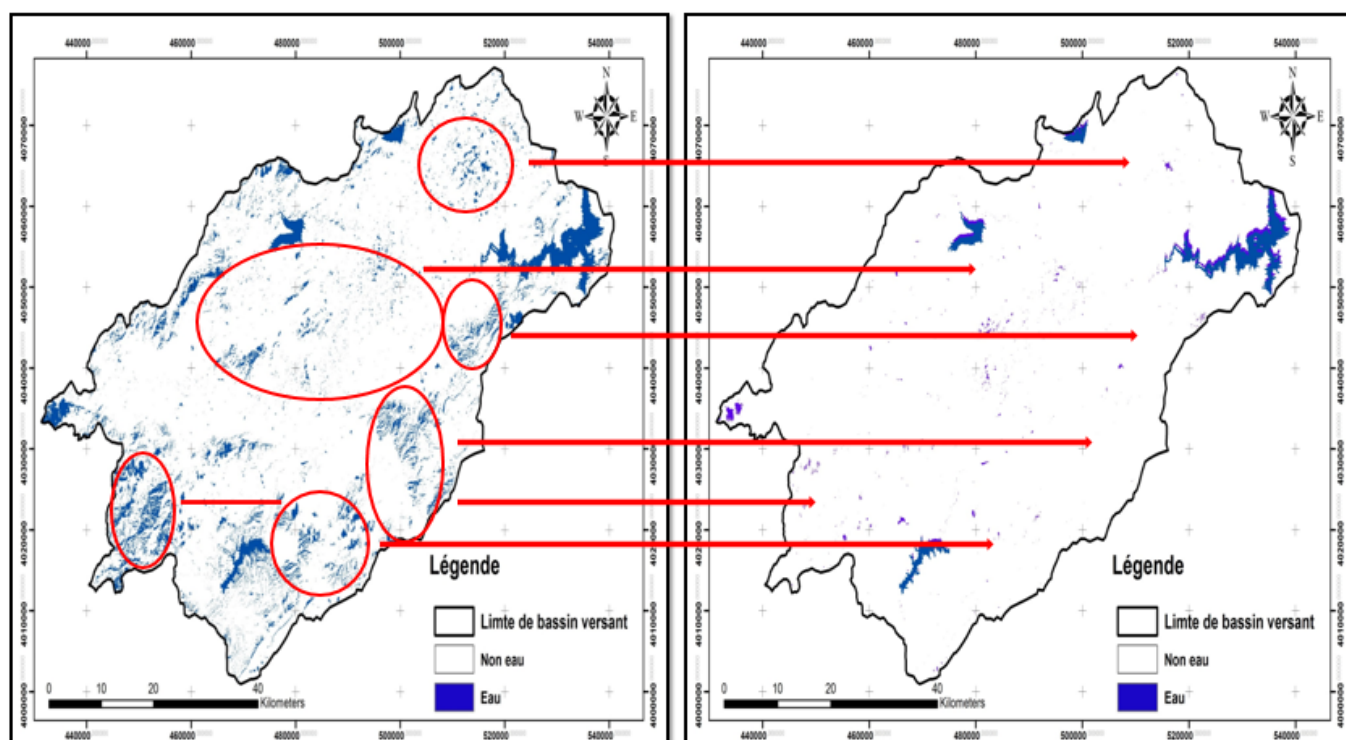


Fig. 9. La zone d'étude après la crue de 2003 .10 La zone d'étude avant la crue de 2003

Par ailleurs la comparaison entre les deux cartes obtenues, avant la crue et après la crue, a mis en évidence qu'approximativement les zones menacées par l'inondation présentent 50% de toute la surface de la zone d'étude.

La zone la plus touchées par le phénomène d'inondation correspond à celle qui est au centre de notre secteur d'étude qui comprend essentiellement: Bou Salem, Ouled Arfa, Ettataouer, Laachechia, Ez Zouania, etc..., cette zone convient particulièrement à la plus faible élévation du secteur d'étude, ces zones sont peu urbanisées et peu aménagées ce qui les rend plus facile à être touché.

Au nord de secteur d'étude près du barrage Kasseb de Béja on remarque que cette zone n'a pas touché par l'inondation grâce à sa forte élévation de terrain

Au Nord-Est, à l'amont près de barrage Sidi Salem, correspond à des faibles élévations de terrain ce qui lui rend susceptible d'être affecté et menacés comme c'est déjà montré sur la Carte.

Au Sud-Ouest, à l'aval près du barrage Mellègue, cette zone est caractérisée par une élévation moyenne de terrain, et d'après la carte de délimitation du secteur d'étude cette zone est peu menacée par le phénomène d'inondation principalement tout près de Henchir Arama et Nebeur.

Les zones ayant les plus faibles élévations de terrain sont celles les plus affectés par l'inondation de crue tant que celle avec une forte élévation ne sont pas généralement touchées ou menacées, ainsi on peut conclure que les zones les plus risquées sont celles qui sont peu urbanisées ou peu aménagées.

4.2.2 RÉSULTATS DE CLASSIFICATION DE LA CRUE DE NOVEMBRE 2010

Les cartes ci-dessous présentent les résultats de classification des images satellitaires de la crue de Février 2003 et les zones inondées.

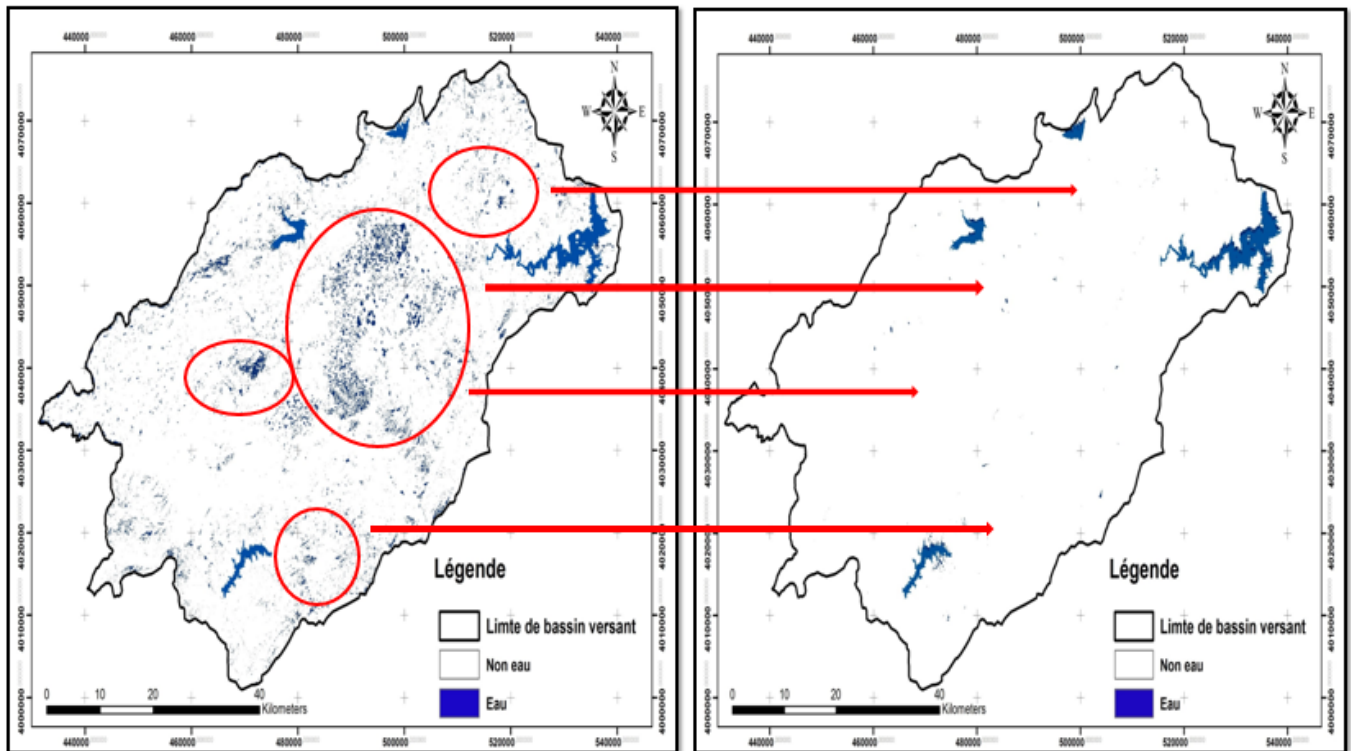


Fig. 10. La zone d'étude après la crue de 2010 .12 La zone d'étude avant la crue de 2010

La comparaison entre les deux cartes obtenues, avant la crue et après la crue, a mis en évidence qu'approximativement les zones menacées par l'inondation présentent 40% de toute la surface de la zone d'étude.

Pour la crue de 2010 la zone la plus touché par l'inondation est celle aussi au centre du secteur d'étude qui est caractérisé par une très faible élévation de terrain, cette zone comprend Bou salem, Ouled Arfa, El Hnancha, Ettataouer etc...

Le même cas que celui de crue de Février 2003, les zones ayant une faible ou moyenne élévation de terrain ont été touchés par le phénomène d'inondation : principalement au Sud-Ouest, à l'amont près de barrage Mèllegue, la zone tout près de Hinchir Arama et Nebeur a été affecté Ainsi au Nord-Est, à l'aval près de barrage Sidi Salem, une surface moyennement touchée.

Pour le Nord-Ouest de secteur d'étude le même cas que celui de crue de 2003. On remarque pour les deux dates de crues presque les mêmes zones ont été sous le risque de l'inondation mais avec une dégradation d'occupation d'eau pour les surfaces, la crue de 2003 à mis sous le risque des zones et des surfaces plus que celle de 2010.

5 CONCLUSION

Le bassin versant de l'oued de Medjerda est le plus important en Tunisie. Le phénomène d'inondation a pris naissance essentiellement depuis le dernier siècle en causant des dégâts destructifs et considérables pour les zones existantes sur le bassin versant. Dans ce cadre-là plusieurs villes ont été touchées par ce phénomène.

Le présent travail correspond à une étude du bassin de la haute vallée de la Medjerda qui comprend le tronçon Ghardimaou-Bou Salem- Barrage sidi Salem. Et de délimiter et détecter les différentes zones inondables de secteur d'étude à l'aide d'un traitement minutieux des imageries satellitaires Landsat avec l'ENVI et une délimitation par SIG.

En première partie Une étude bibliographique a été réalisée, dans laquelle nous avons insisté sur le concept de l'inondation et le processus de la télédétection ainsi que ces différentes caractéristiques.

La seconde partie s'est consacrée pour l'étude géomorphologique du bassin qui nous a permis de le caractériser tel que Les résultats obtenus des divers traitements SIG nous ont permis d'établir :

- Les caractéristiques hydrologiques proposées dans ArcGis par l'extension Arc Hydro
- La dynamique des écoulements des eaux de bassin
- Les caractéristiques pédologiques et l'occupation de sol

Notre bassin d'étude est caractérisé par des reliefs relativement forts ainsi qu'une dominance des unités complexes de sol et des terrains construits.

D'autre part une introduction à la méthodologie de travail adoptée pour le traitement des images satellitaires de différentes dates de crues a été faite afin de détecter les zones à risques.

En dernière partie on a élaboré les résultats obtenus des divers traitements des imageries satellitaires Landsat pour la crue de Février 2003 et Novembre 2010 ont permis d'avoir des interprétations considérables pour la cartographie des zones inondables. Pour la détection des zones inondables, on s'est basé sur la comparaison de notre zone pour une date avant la crue et autre après la crue pour les deux dates de 2003 et 2010 afin de mieux viser les zones à risque

La télédétection, la classification supervisée de l'ENVI et les SIG nous ont permis de détecter et délimiter environ 50 % de la superficie totale de la zone qui a été soumise au risque pour la crue de 2003, et environ 40% de la superficie totale est touchée pour la crue de 2010.

REMERCIEMENTS

Je pense en fin de compte à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] Abidi S., 2017. Contribution à l'étude de la reconstitution et la prévision des crues de la Medjerda à l'amont du barrage Sidi Salem.
- [2] Beloulou L., 2008. Vulnérabilité aux inondations en milieu urbain. Cas de la ville d'Annaba (Nord-Est Algérien). Thèse de Doctorat d'Etat, hydrologie, université BADJI MOKHTAR-ANNABA, Algérie, 320 p.
- [3] Boubakri R., 2008. Etude de protection contre les inondations de la ville de Hammamet Sud. Projet de fin d'études, INAT, Tunisie, 120p.
- [4] CRED., 2012. Bilan des catastrophes naturelles dans le monde de 1975 à 2004, The OFDA/CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique.
- [5] Enonzan F. B., 2010. Utilisation de la télédétection et des SIG dans la gestion durable des aires protégées: cas des forêts classées de Dogo-Ketou au Bénin, mémoire pour l'obtention Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS), RECTAS Obafemi Awolowo University Campus.
- [6] Hajji O., 2022: Cours Hydrologie générale, département hydraulique et Aménagements, école supérieure des ingénieurs de medjez el beb.
- [7] LEVIANDIER, T., J. LAVABRE et P. ARNAUD., 2000: «Rainfall Contrast Enhancing Clustering Process and flood analysis.» Journal of Hydrology.
- [8] LILLESAND T.M. and KIEFER R.W., 1994.- Remote Sensing and Photo Interpretation, 3rd. ed. John Wiley & Sons: New York. 750 p. 1994.
- [9] LRHCHA I., 2011. Cours pratique de télédétection: méthodes et techniques de traitement d'images satellitaires à partir du logiciel ENVI.
- [10] www.icem-freinet.net
- [11] www.risquesenvironnementaux-collectives.oree.org
- [12] www.mementodumaire.net
- [13] www.risque-meteo.ac-versailles.fr.
- [14] www.lehollandaisvolant.net

- [15] www.risque-meteo.ac-versailles.fr.
- [16] www.risque-meteo.ac-versailles.fr.
- [17] Basics of remote sensing, www.grindgis.com
- [18] Comment fonctionne la télédétection, www.slideplayer.fr.
- [19] <http://www.sciencesphysiques2010.esy.es/>
- [20] www.memoireonline.com

Caractéristiques des écoles secondaires efficaces et leurs déterminants dans la ville de Kisangani

[Characteristics of effective secondary schools and their determinants in the city of Kisangani]

ATALOKI SHAMBA S'arrive¹, N'SODI BIN DIYONGA Marc², KAMBA EYANGANUNGA Albert³, UZINGA UNGO'Y Albertine³, and BELA LEGONO Jean Paul³

¹Assistant, Institut Supérieur Pédagogique de LUBUTU, MANIEMA, RD Congo

²Assistant, Université de LODJA, SANKURU, RD Congo

³Université de Kisangani, FPSE, RD Congo

Copyright © 2023 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 compared effective non-conventional and accredited private secondary schools in the city of Kisangani from 2012 to 2017, with the objective is identifying the characteristics of effective secondary schools and their determinants.

To achieve this, we composed a survey questionnaire that was submitted to the head teachers of non-conventional and accredited public schools. The data collected from the latter were analysed and processed using a statistical software package (S.P.S.S).

The overall results of the processing showed that the majority of teachers are hired either by test (most often in private schools) or by assignment (often in non-agreement schools); all the teachers working in these schools are qualified, as all of them are either graduates or licensees; while the head teachers of public schools believe that their teachers are satisfied with their salary, this is not the case for those of non-agreement schools who believe the opposite; All schools held pedagogical meetings with their teachers, but also with the parents' committee; in most cases, the graduating students of the surveyed schools come from the same school, in the lower grades, are regular and disciplined; some schools operate in a conducive environment, while others operate in a non-conducive environment and within almost every school, there are pedagogical units, and the head teachers consider the efficiency of their schools to be satisfactory.

KEYWORDS: Effective school, Efficiency, Management regime, Performance.

RESUME: Ce travail a porté sur l'étude comparative des écoles secondaires non-conventionnées et privées agréées efficaces de la ville de Kisangani de 2012 à 2017, avec l'unique objectif, celui d'identifier les caractéristiques des écoles secondaires efficaces et leurs déterminants.

Pour y parvenir, nous avons composé un questionnaire d'enquête qui a été soumis aux chefs d'établissements scolaires. Les données récoltées auprès de ces derniers ont été analysées et traitées au moyen d'un logiciel statistique appelé S.P.S.S.

Les résultats globaux issus de traitement ont montré que: la majorité d'enseignants sont engagés soit par test (le plus souvent chez les privés), soit par affectation (souvent chez le non conventionné); tous les enseignants œuvrant dans ces écoles sont qualifiés, car tous sont soit des gradués, soit des licenciés; si les chefs d'établissement des écoles privées estiment que leurs enseignants sont satisfaits de leur salaire, tel n'est pas le cas pour ceux des écoles non conventionnées qui pensent le contraire; toutes les écoles ont tenue des réunions pédagogiques avec leurs enseignants, mais aussi avec le comité des parents d'élèves; dans la plupart de cas, les élèves finissants des écoles enquêtées proviennent de la même école, dans les classes inférieures, sont réguliers et disciplinés; certaines écoles évoluent dans un environnement propice, tandis que d'autres fonctionnent dans un environnement non propice et au sein de presque chaque école, on trouve des unités pédagogiques et, les chefs d'établissement jugent satisfaisant l'efficacité de leurs écoles.

MOTS-CLEFS: École performante, Efficacité, Régime de gestion, Rendement.

1 INTRODUCTION

Le droit à l'éducation est reconnu au monde entier, tant par les instruments juridiques internationaux que nationaux. La Constitution de la République Démocratique du Congo (2006), à son article 43 alinéa 1 déclare que « toute personne a droit à l'éducation scolaire ». La même Constitution stipule que « l'Enseignement National comprend les établissements publics et les établissements privés agréés ».

En RD Congo, la durée d'étude secondaire est de 6 années, sanctionnées par un diplôme délivré suite au succès à une série d'épreuves appelées « Examens d'État ». Toutefois, lors de publication des résultats de l'Examen d'État, il s'observe une différence énorme en termes de performances réalisées par les finissants de ces deux modes de gestion (public et privé). Partant de ces résultats scolaires, il s'avère que pour ces six dernières années scolaires, les finissants des écoles privées agréées pour les options Pédagogie Générale et Latin Philo réalisent un résultat plus performant par opposition à leurs collègues des écoles publiques non-conventionnées de la ville de Kisangani. (Sous-division de l'EPST Kisangani 1).

Cette situation paraît très paradoxale car, les écoles publiques non-conventionnées ayant pour propriétaire l'État Congolais, reçoivent une attention plus particulière de la part de ce dernier. Cela est manifeste par le fait qu'à la différence des écoles privées agréées qui ne dépendent que des initiatives privées et de leurs grands bailleurs qui sont les parents d'élèves, elles reçoivent les frais de fonctionnement. Leurs enseignants sont payés par le gouvernement congolais, et touchent presque chaque mois la prime payée par les parents. Ils connaissent plus de visites des inspecteurs, assistent aux formations et séminaires pédagogiques organisés à leur intention par ces derniers. Autre cela, ils bénéficient même de dons en matériels scolaires (manuels scolaires, matériels didactiques...) de la part de pays qui coopèrent avec la République Démocratique du Congo en matière d'éducation. Ce qui n'est pas le cas pour les écoles privées agréées.

Par conséquent, on s'attendrait à ce que ces écoles soient les plus efficaces et réalisent les bonnes performances à l'Examen d'État. Dans la ville de Kisangani, c'est le contraire qui s'observe. Ce sont les finissants des écoles publiques conventionnées (catholique, kimbanguiste, protestante, adventiste et salutiste) et particulièrement privées agréées qui réalisent des plus beaux résultats à la fin de leurs études du niveau secondaire pour les options citées ci-haut. Scheerens, (2000) cité par Kamba (2014, p.41), et Grisay, citée par Robin (2009) estiment tous que, les résultats des élèves font l'objet d'analyses au niveau de l'établissement et ceux-ci sont utilisés pour décider des améliorations à apporter à l'enseignement dispensé.

On peut même exprimer les performances de l'école en termes d'extrants scolaires, lesquels sont à leur tour mesurés par rapport au niveau moyen des élèves à l'issue d'un cycle de scolarisation formelle. Les résultats scolaires des élèves sont des données intéressantes pour les chercheurs. Car, ils traduisent, non seulement la qualité de la formation dispensée dans une école, mais aussi le degré de la maîtrise des apprentissages et même le niveau des apprenants concernés. À vrai dire, c'est la réputation de l'établissement même qui en dépend.

Kamba (2014, p.42), pense que l'efficacité de l'école est associée au niveau de réussites, aux résultats scolaires au point que l'efficacité se mesure à l'atteinte des objectifs ou par l'adéquation entre les résultats scolaires escomptés et les résultats réellement obtenus. Les résultats scolaires obtenus à la fin d'un cycle d'études, constituent donc un indicateur non-négligeable de la performance ou efficacité d'une école.

Dans la ville de Kisangani, comme dans presque toutes les villes de la République Démocratique du Congo, certains agents de l'éducation (parents, opérateurs économiques et élèves) ne sont jamais unanimes quant à dire lequel de deux régimes de gestion cités ci-haut réalise les meilleures performances. Certains parents, préfèrent voir leurs enfants étudier dans les écoles non-conventionnées qu'ils estiment dispenser un enseignement de bonne qualité. D'autres par contre, « minimisent les frais scolaires (minerval) qui s'élèvent deux ou trois fois plus chers dans les écoles privées que dans les écoles publiques ».

Chacun de deux régimes se réclame être dispensateur des enseignements de bonne qualité que l'autre. Ils s'adressent mutuellement des critiques amères et violentes. Il n'est pas rare de voir les parents et élèves attendre la publication des résultats de l'Examen d'État pour inscrire leurs enfants ou pour s'inscrire pour certains élèves dans telle ou telle autre école, par peur du redoublement qui, on le sait bien, a des conséquences économiques lourdes, non seulement pour l'État, mais aussi pour la famille et l'élève lui-même.

Dans cette étude, nous cherchons de donner réponses aux questions ci-après: Qu'est-ce qui est à la base de différence des résultats à l'Examen d'État entre les écoles du réseau non-conventionné et celles du réseau privé agréé ? Quelles pistes solutions peut-on proposer aux écoles non-performantes de ces deux réseaux, en particulier, et des autres réseaux, en général ?

Partant de ces questions, nous avons émis les hypothèses en ce sens que:

- La différence des résultats à l'Examen d'Etat entre les écoles de réseaux non-conventionné et privé agréé s'expliquerait par plusieurs facteurs, dont certains sont liés à au recrutement des élèves, à la sélection, la formation et équipement des enseignants, mais aussi de l'environnement scolaire.
- Comme pistes de solutions, il faudrait que les écoles recrutent des enseignants qualifiés et des élèves disciplinés, améliorer les conditions de travail des enseignants en leur équipant de tout ce qui est nécessaire.

2 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

La ville de Kisangani compte 214 écoles secondaires de tous les régimes de gestion confondus, dont 29 non conventionnées, 26 conventionnées protestantes, 19 conventionnées catholiques, 2 conventionnées islamiques, 3 conventionnées salutistes, 5 conventionnées kimbanguistes, et 2 conventionnées adventistes. Les écoles privées agréées sont au nombre de 88, et les privées non agréées 40. Notre population d'étude est constituée d'écoles secondaires non conventionnées et privées agréées de la ville de Kisangani.

N'étant pas en possession de moyens adéquats, pouvant nous permettre de parcourir toutes les écoles non-conventionnées et privées agréées de la ville de Kisangani, nous avons dû échantillonner quelques-unes d'entre-elles.

Tableau 1. Echantillon de l'étude

| Regime de gestion | f | % |
|-------------------|----|-----|
| Non-conventionné | 9 | 29 |
| Privé agréé | 22 | 71 |
| Total | 31 | 100 |

De ce tableau, il s'observe que notre échantillon d'étude est composé de 31 chefs d'établissement, dont 22 du secteur privé agréé et 9 du secteur non conventionné.

Nous avons opté pour l'enquête par questionnaire. Et, ce questionnaire comporte 19 questions (voir annexe). Outre l'amorce, le questionnaire comporte deux parties: les renseignements généraux et les questions proprement dites. Il a été administré aux sujets de manière singulière et, la durée de réponse dépendait de chaque enquêté.

Pour traiter les données, nous avons recouru au calcul de fréquences, lesquelles ont été converties en pourcentages. Aussi, le test de chi-deux a été appliqué dans le but de tester l'existence ou non de la différence entre les modalités de réponses des enquêtés.

A l'issue de ces opérations, nous avons abouti à ce qui suit.

3 RÉSULTATS

Il sera question, dans ce chapitre, de présenter et de discuter les résultats issus de notre recherche.

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

La présentation des résultats issus de ce travail se fait en fonction de chaque question.

3.1.1 RECRUTEMENT DES ENSEIGNANTS

A cette question, nous voulions savoir comment les chefs d'établissements procèdent-ils au recrutement des enseignants dans leurs écoles. Les réponses qui ont été fournies se présentent comme suit:

Tableau 2. Recrutement des enseignants

| Recrutement | Réseau | | Total |
|-------------|------------------|-------|-------|
| | Non conventionné | Privé | |
| Test | 2 | 20 | 22 |
| Affectation | 7 | 2 | 9 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

Des réponses nous fournies par les enquêtés, on remarque que la majorité d'enseignants sont engagés soit par test (22 sujets), soit par affectation (9 cas). De ceux qui sont engagés suite à la satisfaction au test, on note 2 sujets chez le non-conventionnées et 20 chez le privé; tandis que l'affectation a concerné 7 sujets chez le non-conventionnées et 2 enquêtés chez le privé.

Statistiquement, il y a une différence significative entre ces déclarations du fait que la probabilité ($p=0,000<0,05$; $\text{Khi-deux}=14,625$). Ce qui veut dire que les écoles privées recrutent plus leurs enseignants en se servant des tests que des affectations.

3.1.2 QUALIFICATION DES ENSEIGNANTS DE 6^{ÈME} ANNÉES DES HUMANITÉS

Il était question ici, de savoir la qualification qu'ont la plupart des enseignants qui interviennent en 6^{ème} des humanités. Les résultats se présentent comme indiqué ci-dessous.

Tableau 3. Qualification des enseignants de 6^{ème} année des humanités

| Qualification | Ecoles non-conventionnées | | Ecoles privées agréées | | Total | |
|---------------|---------------------------|--|------------------------|--|-------|--|
| | f | | f | | f | |
| L2 | 7 | | 20 | | 27 | |
| G3 | 2 | | 2 | | 4 | |
| Total | 9 | | 22 | | 31 | |

De ce tableau, on note d'une part que chez le public, 7 chefs d'établissements affirment que les enseignants de 6^{ème} des humanités sont pour la plupart de licenciés, et pour les 2 autres, leurs enseignants sont des gradués. D'autre part, chez le privé, nous remarquons que la majorité d'enseignants sont licenciés, comme l'affirment 20 chefs d'établissement, contre 2 qui estiment que leurs enseignants ont le grade de gradué.

La comparaison de ces effectifs n'a pas abouti à une différence significative ($p=0,131>0,05$; chi-carré =2,775).

3.1.3 TRAITEMENT (SALAIRE) DES ENSEIGNANTS

Des réponses des chefs d'établissement, nous avons voulu savoir si leurs enseignants et eux-mêmes sont satisfaits ou non de ce qu'ils reçoivent comme traitement ou salaire. Les réponses sont libellées comme suit:

Tableau 4. Salaire des enseignants

| Salaire | Ecoles non-conventionnées | | Ecoles privées agréées | | Total | |
|-------------|---------------------------|--|------------------------|--|-------|--|
| | f | | f | | f | |
| Satisfaits | 1 | | 16 | | 17 | |
| Insatisfait | 8 | | 6 | | 14 | |
| Total | 9 | | 22 | | 31 | |

Il ressort de ce tableau que chez les non-conventionnées, la majorité d'enquêtés (8) admettent que leurs enseignants sont insatisfaits du salaire qui leur est payé; alors que chez les privées, les enquêtés affirment le contraire (16). En générale, 17 sujets confirment leur satisfaction du salaire octroyé, contre 14 qui ne sont pas satisfaits.

En terme statistique, ces effectifs diffèrent d'une manière significative ($p=0,003<0,05$; Chi-deux=9,791).

3.1.4 NOMBRE D'ENSEIGNANTS QUI TERMINENT LE PROGRAMME DE 6^{ÈME} ANNÉE DES HUMANITÉS

Ces avis ont été émis par les enquêtés concernant le finissage du programme national:

Tableau 5. Nombre d'enseignant qui terminent le programme national

| Programme national | Ecoles non-conventionnées | | Ecoles privées agréées | | Total | |
|--------------------|---------------------------|--|------------------------|--|-------|--|
| | f | | f | | f | |
| 100% | 4 | | 12 | | 16 | |
| 50% | 5 | | 7 | | 12 | |
| 25% | 0 | | 3 | | 3 | |
| Total | 9 | | 22 | | 31 | |

De l'observation de ce tableau, on note que la majorité d'enquêtés (16) admettent que leurs enseignants terminent le programme national de cours, soit à 100%, soit à 50% (12). Par contre, une fine minorité affirme que les enseignants terminent le programme qu'à 25% (3).

À en croire ces résultats, la différence paraît non significative ($p=0,319>0,05$; Chi-deux =2,283).

3.1.5 OBJETS DES RÉUNIONS TÉNUES AVEC LES ENSEIGNANTS

Pour cette question, nous voulions savoir sur quoi portent les réunions tenues par les chefs d'établissements à l'intention de leurs enseignants. Les réponses suivantes nous ont été fournies:

Tableau 6. Réunions tenues avec les enseignants

| Objet des réunions | Ecoles non-conventionnées | | Total |
|--------------------|---------------------------|----|-------|
| | f | f | |
| Pédagogie | 9 | 22 | 31 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

De l'observation du tableau ci-dessus, on note que tous nos enquêtes déclarent que les réunions qu'ils tiennent avec les enseignants portent le plus sur la pédagogie.

3.1.6 NOMBRE DES RÉUNIONS PÉDAGOGIQUES

Il était ici question de savoir combien de réunions pédagogiques chaque chef d'établissement avait tenu au cours de l'année avec les enseignants. Le nombre des réunions tenues par chacun d'eux se présente comme suit pour les deux régimes de gestion:

Tableau 7. Nombre de réunions pédagogiques tenues aux écoles

| Nombre de réunion tenue | Réseau | | Total |
|-------------------------|------------------|-------|-------|
| | Non conventionné | Privé | |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 0 | 2 | 2 |
| 6 | 3 | 3 | 6 |
| 7 | 0 | 1 | 1 |
| 8 | 2 | 4 | 6 |
| 9 | 0 | 2 | 2 |
| 10 | 0 | 1 | 1 |
| 12 | 1 | 2 | 3 |
| 14 | 0 | 1 | 1 |
| 15 | 0 | 1 | 1 |
| 20 | 0 | 1 | 1 |
| 21 | 0 | 1 | 1 |
| 22 | 1 | 0 | 1 |
| 24 | 0 | 1 | 1 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

On observe de ce tableau que tous les chefs d'établissements affirment avoir tenu a moins une réunion pédagogique au cours de l'année, excepté une école non conventionnée qui n'a tenu aucune réunion. Et, le nombre de réunion a varié entre 1 et 24 pour l'an.

Par conséquent, il n'y a pas de différence significative entre le nombre de réunions tenues par les chefs d'établissements des écoles non-conventionnées et ceux des écoles privées agréées au cours de l'année scolaire 2016-2017 ($p=0,703>0,05$; $\chi^2=10,777$).

3.1.7 INSCRIPTION DES NOUVEAUX EN 6ÈME DES HUMANITÉS

Cette question, nous a permis de savoir la procédure à laquelle les chefs d'établissements font recours pour inscrire les nouveaux élèves en 6^{ème} année des humanités. Différentes procédures nous ont été dévoilées:

Tableau 8. Procédure d'inscription en 6^{ème} année des humanités

| Procédures d'inscription | Réseau | | Total |
|--------------------------|------------------|-----------|-----------|
| | Non conventionné | Privé | |
| Bulletin | 3 | 9 | 12 |
| Concours et bulletin | 4 | 10 | 14 |
| Pas d'inscription en 6e | 2 | 3 | 5 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

Les données issues de ce tableau montrent que la plupart d'écoles inscrivent les nouveaux élèves à la suite d'un concours et du bulletin présenté (14 chefs d'établissement), tandis que d'autres n'inscrivent qu'à partir des bulletins présentés (12 chefs d'établissement). Par contre, pour 5 chefs d'établissement, ils n'inscrivent pas les élèves en 6^e année dans leurs écoles.

Statistiquement parlant, ces effectifs ne diffèrent pas entre eux ($p=0,824>0,05$; $\chi^2=0,388$).

3.1.8 RÉGULARITÉ DES ÉLÈVES FINISSANTS

Par cette question, nous voulions savoir la régularité des élèves finissants aux cours. Les différentes réponses nous fournies par les enquêtés se présentent de la manière suivante:

Tableau 9. Régularités des élèves finissants

| Régularité | Ecoles non-conventionnées | Ecoles privées agréées | Total |
|--------------|---------------------------|------------------------|-----------|
| | f | f | f |
| Régulier | 7 | 18 | 25 |
| Irrégulier | 2 | 4 | 6 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

Partant des réponses nous données par nos enquêtés figurant au tableau ci-haut, nous notons que les élèves finissants sont réguliers aux cours (25 enquêtés). Par contre, 6 chefs d'établissements affirment que leurs élèves sont irréguliers aux cours.

Ces effectifs ne diffèrent pas significativement selon la régularité des élèves aux cours ($p=0,796>0,05$; $\chi^2=0,67$).

3.1.9 APPARTENANCE FAMILIALE DES ÉLÈVES

À quel type de famille appartiennent les élèves de ces écoles ? Les réponses sont les suivantes.

Tableau 10. Appartenance familiale des élèves

| Appartenance familiale | Ecoles non-conventionnées | Ecoles privées agréées | Total |
|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------|
| | f | f | f |
| Riche | 1 | 5 | 6 |
| Pauvre | 1 | 5 | 6 |
| Modeste | 7 | 12 | 19 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

À en croire les contenus du tableau ci-haut, il apparaît que la plupart d'élèves appartiennent aux familles modestes (19 sujets). Pour d'autres enquêtés, il y a des élèves venant des familles pauvres et riches (respectivement 6 enquêtés).

La différence dans les déclarations s'avère non significative ($p=0,271>0,05$; $\chi^2=2,609$).

3.1.10 POSSESSION D'UNE BIBLIOTHÈQUE

Nous avons, à travers cette question, cherché à savoir si les écoles échantillonnées possèdent une bibliothèque. Les réponses qui suivent nous ont été données:

Tableau 11. Possession d'une bibliothèque

| Bibliothèque | Ecoles non-conventionnées | | Ecoles privées agréées | | Total | |
|--------------|---------------------------|---|------------------------|---|-------|---|
| | f | % | f | % | f | % |
| Oui | 7 | | 10 | | 17 | |
| Non | 2 | | 12 | | 14 | |
| Total | 9 | | 22 | | 31 | |

En analysant les réponses représentées au tableau ci-haut, il y a lieu de constater que la plupart d'écoles (17), par le truchement de leurs chefs d'établissement, ont admis posséder d'une bibliothèque scolaire. Par contre, pour 14 enquêtés, leurs écoles ne disposent pas d'une bibliothèque.

Statistiquement, la différence dans les réponses données se révèle non-significative ($p=0,101$) associée à la valeur chi-deux (2,695) est supérieure au seuil 0,05.

3.1.11 MIS EN DISPOSITION DES LIVRES AUX ÉLÈVES FINISSANTS

Par cette question, nous avons voulu savoir si les élèves finissants reçoivent, de la part de leurs écoles, des livres qui leur permettraient de lire, de faire des devoirs et autres types de recherches. Les réponses fournies à ce sujet sont à savoir:

Tableau 12. Mis en disposition des livres aux élèves finissants

| Livres | Ecoles non-conventionnées | | Ecoles privées agréées | | Total | |
|--------|---------------------------|---|------------------------|---|-------|---|
| | f | % | f | % | f | % |
| Oui | 4 | | 6 | | 10 | |
| Non | 5 | | 16 | | 21 | |
| Total | 9 | | 22 | | 31 | |

Examinant les réponses représentées au tableau ci-dessus, on retiendra que dans la plupart d'écoles (21), les élèves n'obtiennent pas des livres de la part de l'école pour leur permettre de lire et faire leurs devoirs. Signalons de même que dans d'autres écoles (10), les élèves ont la possibilité d'emprunter des livres pour lire.

De ces effectifs, il n'y a pas de différence significative ($p=0,353 > 0,05$; chi-deux = 0,862).

3.1.12 LA DISCIPLINE DES ÉLÈVES FINISSANTS

Comment se comportent les élèves finissants ? Les réponses des enquêtés sont ainsi libellées.

Tableau 13. Discipline des élèves finissants

| Discipline | Ecoles non-conventionnées | | Ecoles privées agréées | | Total | |
|---------------|---------------------------|---|------------------------|---|-------|---|
| | f | % | f | % | f | % |
| Satisfaisante | 4 | | 9 | | 13 | |
| Moyenne | 5 | | 9 | | 14 | |
| Médiocre | 0 | | 4 | | 4 | |
| Total | 9 | | 22 | | 31 | |

Selon les réponses figurées au tableau ci-dessus, il se remarque que la discipline manifestée par les élèves finissants est soit satisfaisante (13 sujets), soit moyenne (14 enquêtés). Mais, il faut signaler tout de même que pour d'autres (4 sujets), la discipline des finissants est médiocre.

Le test de signification à ce titre nous prouve qu'il n'y a pas de différence significative entre les réponses ($p=0,376 > 0,05$; chi-deux=1,959).

3.1.13 ÉCOLE DE PROVENANCE DES ÉLÈVES FINISSANTS

À cette question, nous voulions savoir l'école de provenance de ces élèves finissants. Telles sont les réponses nous proposées par les chefs d'établissements:

Tableau 14. Provenance des élèves finissants

| Origine | Ecoles non-conventionnées | | Ecoles privées agréées | | Total |
|---------------|---------------------------|--|------------------------|--|-------|
| | f | | f | | |
| Autres écoles | 1 | | 3 | | 4 |
| Même école | 8 | | 19 | | 27 |
| Total | 9 | | 22 | | 31 |

Au regard du contenu de ce tableau, il se remarque que la plupart d'élèves finissants proviennent directement de la 5^e année des mêmes écoles (27 enquêtés), au contraire, d'autres élèves proviennent d'autres écoles (4 sujets).

Partant de ces effectifs, on conclut donc que la différence est non-significative ($p=0,849 > 0,05$; $\chi^2=0,036$).

3.1.14 NOMBRE MOYEN D'ÉLÈVES PAR CLASSE DE 6^{ÈME} DES HUMANITÉS

Quel est l'effectif d'élèves par classe ? Ces effectifs nous ont présentés de la manière suivante:

Tableau 15. Effectif élèves par classe de 6^{ème} des humanités, coté public

| Effectif par classe | Réseau | | Total |
|---------------------|------------------|-------|-------|
| | Non conventionné | Privé | |
| 2 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 2 |
| 5 | 0 | 3 | 3 |
| 6 | 1 | 1 | 2 |
| 8 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 0 | 1 |
| 11 | 1 | 0 | 1 |
| 13 | 1 | 0 | 1 |
| 15 | 2 | 2 | 4 |
| 18 | 0 | 1 | 1 |
| 20 | 0 | 1 | 1 |
| 23 | 0 | 3 | 3 |
| 25 | 1 | 3 | 4 |
| 28 | 0 | 1 | 1 |
| 30 | 0 | 3 | 3 |
| 50 | 1 | 1 | 2 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

Partant des résultats contenus dans ce tableau, il s'avère que l'effectif des élèves varie de 2 à 50 par classe, et ce, aux écoles non conventionnées et privées.

Le test de signification calculé à ce sujet prouve qu'il n'y a pas de différence ($p=0,435 > 0,05$; $\chi^2=15,226$).

3.1.15 ENVIRONNEMENT DE L'ÉTABLISSEMENT

La question que nous nous sommes posés ici était celle de savoir l'impact de l'environnement dans lequel se trouve l'école sur cette dernière. Les réponses nous fournies quant à ce se présentent de la manière suivante:

Tableau 16. Environnement scolaire

| Impact de l'environnement | Ecoles non-conventionnées | | Ecoles privées agréées | | Total |
|---------------------------|---------------------------|--|------------------------|--|-------|
| | f | | f | | |
| Positif | 4 | | 12 | | 16 |
| Négatif | 5 | | 10 | | 15 |
| Total | 9 | | 22 | | 31 |

A en croire les réponses fournies par nos enquêtés, il s'avère pour les uns (16 enquêtés), que l'environnement dans lequel se trouve l'école impacte positivement leurs écoles; par contre, pour les autres (15 sujets), cet environnement impacte négativement leurs écoles.

En terme statistique, le test de signification pour cette question révèle qu'il n'y a pas de différence entre ces effectifs ($p=0,609 > 0,05$; $\chi^2=0,261$).

Ainsi, les justifications de ces réponses sont contenues dans le tableau ci-après.

Tableau 17. Explications fournies du côté public

| Impact de l'environnement | Ecoles non-conventionnées | Ecoles privées agréées | Total |
|---|---------------------------|------------------------|-------|
| | f | f | f |
| Causes de l'impact positif | | | |
| - L'école est clôturée | 4 | 14 | 18 |
| - Il y a beaucoup d'écoles aux alentours | 1 | - | 1 |
| - Les bâtiments sont bien équipés | 1 | - | 1 |
| Causes de l'impact négatif | | | |
| - L'école n'est pas clôturée | 1 | - | 1 |
| - Nous sommes locataires | 1 | - | 1 |
| - L'école est isolée | - | 6 | 6 |
| - L'école est entourée des maisons d'habitation | - | 2 | 2 |
| - L'école est entourée des maisons d'églises, restaurants et bars | | | |
| Total | 9 | 22 | 31 |

De données incluses dans ces tableaux ci-haut, nous remarquons que parmi les facteurs qui jouent positivement sur l'environnement scolaire, il y a la clôture et les écoles des alentours. Tandis que, ceux ayant un impact négatif sont: manque de clôture, le fait d'être locataire, l'isolement de l'école, les maisons d'habitation, les églises, les restaurants et les bars qui entourent l'école.

3.1.16 RÉUNIONS TENUES AVEC LE COMITÉ DES PARENTS

Nous rassurer de la collaboration entre l'école et le comité des parents, telle était notre préoccupation à cette question. À cette question, chaque enquêté a fourni ce qui suit:

Tableau 18. Réunions tenues avec le comité des parents

| Nombre de réunions tenues | Réseau | | Total |
|---------------------------|------------------|-------|-------|
| | Non conventionné | Privé | |
| 0 | 0 | 2 | 2 |
| 1 | 0 | 2 | 2 |
| 2 | 1 | 11 | 12 |
| 3 | 4 | 2 | 6 |
| 4 | 1 | 3 | 4 |
| 5 | 1 | 2 | 3 |
| 10 | 1 | 0 | 1 |
| 12 | 1 | 0 | 1 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

En parcourant ce tableau, il s'avère que toutes les écoles ont organisé des réunions avec les comités des parents, hormis deux écoles privées. Et, le nombre de réunion a varié entre 1 à 12 durant l'année. Et ces réunions avaient pour objets les éléments contenus dans le tableau qui suit.

Tableau 19. Objets de Réunions tenues avec le comité des parents

| Impact de l'environnement | Ecoles non-conventionnées | Ecoles privées agréées | Total |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------|-------|
| | f | f | f |
| Causes de l'impact positif | | | |
| - Prévision budgétaire | 4 | - | 4 |
| - Finances | 6 | 17 | 23 |
| - Fonctionnement de l'école | 4 | - | 4 |
| - Administration de l'école | 2 | 8 | 10 |
| - Règlement | 1 | - | 1 |
| - Pédagogie | 1 | 8 | 9 |
| - Discipline | 2 | 5 | 7 |
| Total | 20 | 38 | 57 |

De l'observation de ce tableau, il se dégage que les matières faisant l'objet des réunions tenues entre l'école et le comité des parents portait plus sur les finances et l'administration, suivies de la pédagogie, la discipline, le budget, le fonctionnement et le règlement.

3.1.17 EXISTENCE DES UNITÉS PÉDAGOGIQUES

Notre préoccupation à cette question était de nous rassurer de l'existence ou non des unités pédagogiques dans les écoles enquêtées. Les réponses recueillies sont les suivantes:

Tableau 20. Existence des unités pédagogiques

| Existence des unités pédagogiques | Ecoles non-conventionnées | Ecoles privées agréées | Total |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|-------|
| | f | f | f |
| Oui | 9 | 20 | 29 |
| Non | 0 | 2 | 2 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

De ce tableau, il sied de signifier que dans la majorité d'écoles, il existe des unités pédagogiques (29 enquêtés). Par contre, dans les deux écoles, il n'existe pas ces unités pédagogiques.

3.1.18 APPRÉCIATION DE L'EFFICACITÉ PAR LES CHEFS D'ÉTABLISSEMENTS

Qu'en est-il de l'efficacité de leurs établissements ? À cette question, chaque chef d'établissement devait apprécier l'efficacité qu'il juge de son établissement. Ainsi, les réponses nous données à ce sujet se présentent de manière suivante:

Tableau 21. Appréciation de l'efficacité

| Existence des unités pédagogiques | Ecoles non-conventionnées | Ecoles privées agréées | Total |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|-------|
| | f | f | f |
| Forte | 3 | 13 | 16 |
| Moyenne | 6 | 9 | 15 |
| Faible | 0 | 0 | 0 |
| Total | 9 | 22 | 31 |

Partant des réponses des enquêtés inscrites au tableau ci-haut, ils reconnaissent que l'efficacité de leurs écoles est soit forte (16 enquêtés), soit moyenne (15 sujets). Personne n'a reconnu la faiblesse de son école.

Aussi, les avis des enquêtés sont partagés en ce qui concerne l'évaluation de l'efficacité de leur école ($p=0,193>0,05$; $\chi^2=1,697$).

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Dans la présente étape cette recherche, nous discutons les résultats obtenus autour des écoles secondaires efficaces de la ville de Kisangani.

Il a été largement démontré dans cette étude qu'aucun des régimes de gestion (non-conventionné et privée agréé) n'est plus efficace que l'autre. Les données récoltées et analysées ont donné les résultats quasiment identiques, dans plusieurs aspects caractéristiques de l'efficacité, notamment: la qualification des enseignants (78% des enseignants des écoles non-conventionnées sont des licenciés, contre 91% aux écoles privées agréées), régularité des élèves finissants aux cours (73% des élèves sont réguliers aux cours du côté public contre, 83% du privé); possession d'une bibliothèque scolaire (78% des chefs d'établissement du côté public ont affirmé posséder une bibliothèque scolaire contre 45% du côté privé); le nombre d'enseignants qui finissent le programme national des cours en sixième année des humanités (56% dans les écoles non-conventionnées contre, 55% dans les écoles privées agréées); existence des unités pédagogiques (100% du côté public en comparaison au côté privé 91%).

5 CONCLUSION

En guise de conclusion, rappelons que notre sujet de recherche porte sur l'étude comparative entre les écoles secondaires non-conventionnées et privées agréées efficaces de la ville de Kisangani de 2012 à 2017, avec comme objectif principal: identifier les caractéristiques des écoles secondaires efficaces et leurs déterminants.

Pour y parvenir, nous avons composé un questionnaire d'enquête qui a été soumis aux chefs d'établissements des écoles non-conventionnées et privées agréées. Les données récoltées auprès de ces derniers ont été analysées et traitées au moyen d'un logiciel statistique (S.P.S.S v20). Les résultats globaux issus de traitement ont montré que:

- La majorité d'enseignants sont engagés soit par test (le plus souvent chez les privés), soit par affectation (souvent chez le non conventionné);
- Tous les enseignants œuvrant dans ces écoles sont qualifiés, car tous sont soit des gradués, soit des licenciés;
- Si les chefs d'établissement des écoles privées estiment que leurs enseignants sont satisfaits de leur salaire, tel n'est pas le cas pour ceux des écoles non conventionnées qui pensent le contraire;
- Toutes les écoles ont tenue des réunions pédagogiques avec leurs enseignants, mais aussi avec le comité des parents d'élèves;
- Dans la plupart de cas, les élèves finissants des écoles enquêtées proviennent de la même école, dans les classes inférieures, sont réguliers et disciplinés;
- Certaines écoles évoluent dans un environnement propice, tandis que d'autres fonctionnent dans un environnement non propice;
- Au sein de presque chaque école, on trouve des unités pédagogiques et, les chefs d'établissement jugent satisfaisant l'efficacité de leurs écoles.

Des résultats obtenus, il importe que d'autres chercheurs approfondissent les aspects qui nous ont échappés, et surtout l'étude de l'opinion que nous avons fait, car elle présente certaines limites.

REFERENCES

- [1] Angélique (2010). A l'école des compétences de l'éducation à la fabrique de l'élève performant, Paris, la Découverte.
- [2] Ataloki (2012). De la création des écoles privées agréées dans la cité de Lodja problèmes et perspectives (TFC, inédit, UNILOD, FPSE).
- [3] Bogoy (2018). *La politique de l'éducation* (notes du cours, inédit, UNIKIS, FPSE).
- [4] Constitution de la République Démocratique du Congo, CEI, Kinshasa-Gombe, 2006.
- [5] Corriveau et Coll. (2012). Climat organisationnel et efficacité de sept polyvalentes au Québec en milieu métropolitain, *Revue de science de l'éducation*, Vol. 19, N°3.
- [6] Dumay et Coll. (2004). *Effet établissement, effet de processus et/ou effet composition*. In les cahiers de recherche en éducation et formation, N°36.
- [7] Duru-Bellat (2001). Effets maitres, effets établissement: quelle responsabilité pour l'école ? *Revue Suisse des sciences de l'éducation*.
- [8] Ginimangini (2006). Etudes comparatives des écoles performantes et non performantes de la ville d'Isiro (Mémoire, inédit, UNIKIS, FPSE).
- [9] Issoy (2016). *Planification de l'éducation* (notes du cours, inédit, UNIKIS, FPSE).
- [10] Kamba (2014). Identification des caractéristiques des écoles primaires efficaces et leurs déterminants dans la ville de Kisangani (Thèse, UNIKIS, FPSE).
- [11] Legendre (2005). Dictionnaire actuel l'éducation, 3^{ème} édition, Montréal, Guerin.

- [12] Loela (2006). Etude comparative des écoles performantes et non performantes de la ville Kisangani (cas des écoles primaires privées agréées), (Mémoire, inédit, UNIKIS, FPSE).
- [13] Loi-cadre N°14/004 du février 2014 de l'Enseignement National, Kinshasa – Gombe.
- [14] Meuret (2006). Les recherches sur l'efficacité et l'équité des établissements scolaires: leçons pour l'inspection, Université de Bourgogne, IREDU.
- [15] Minepsp (2002). Recueil des directives et instructions officielles, 4^e édition, Kinshasa.
- [16] Minepsp (1982). Recueil des directives et instructions officielles, 2^e édition, Kinshasa.
- [17] Minepsp (2010). Stratégies de développement de l'enseignement primaire, secondaire et professionnel (2010/11 – 2015/16), Kinshasa.
- [18] Mokonzi (2009). De l'école de la médiocrité à l'école de l'excellence au Congo-Kinshasa. Paris: l'Harmattan.
- [19] Mokonzi (2018). *Analyse des systèmes éducatifs* (notes de cours, inédit, UNIKIS, FPSE).
- [20] Kitenge (1999). Analyse du rendement des écoles secondaires publiques et privées agréées de la ville de Kisangani de 1993 à 1998 (cas de la section commerciale et administrative), (Mémoire, inédit, UNIKIS, FPSE).
- [21] Loke (1997). Etude comparative du rendement quantitatif des élèves des écoles secondaires publiques et privées agréées dans la ville de Kisangani de 1992 à 1996 (Mémoire, inédit, UNIKIS, FPSE).
- [22] Petit Recueil de citation. Les meilleures citations de Nelson Mandela. Otshimo-Edition.
- [23] Robin (2009). *Effet établissement, effet classe et effet maître*. Principal Collège, Académie de Toulouse.
- [24] Shulman et coll. (2012). Caractéristiques des écoles de langue française à haut et à faible rendement.
- [25] Toronto, Bulletin, Office de la qualité et de la responsabilité en éducation.
- [26] Unesco (2011). Les financements de l'éducation en Afrique Subsaharienne Relever les défis de l'expansion, de l'équité et de la qualité, Montréal, Institut de statique.
- [27] Yacouba et coll. (2006). La recherche de la qualité en éducation: perceptions, mesures et pratiques dans le système éducatif Burkinabé.

Etude comparative des performances des bananiers et bananiers plantains du 3ème cycle cultivés dans les conditions des brûlis et non brûlis à Masako, Kisangani

[Comparative study of the performance of 3rd cycle plantain beneniets grown under burnt and unburnt conditions in Masako, Kisangani]

Okitangongo T'ese Patrick¹, Diongo Lowolo Raymond Albert², and Shako Okitambolo Marcel³

¹Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Lodja, RD Congo

²Département de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Lodja, RD Congo

³Département de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Lodja, RD Congo

Copyright © 2023 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: Our present study was conducted precisely to determine the effects of long-term incineration on banana and plantain cultivation under the conditions of Masako in particular and the Kisangani region in general whose cultivars Litete, Libanga, Gros Michel and Yangambi Km5 were used as propagating material. Observation included the inventory in the system, average plant height, average diameter, number of functional leaves, number of rejets, rate of infection of cercosporiasis and fusarium wilt, and infestation rate of infection of cercosporiasis and fusarium wilt, and infestation rate of weevils and nematodes. The results of these various parameters showed in particular that the inincinerated block gave a superior result compared to the incinerated block.

It is important to remember that comparing the averages of plants in the same block shows significant differences at the 5 % threshold between cultivars.

KEYWORDS: Cultuvars; Agroforestry; inincinerated block; incinerated block.

RESUME: Notre présente étude a été menée dans le but de déterminer les effets de l'incinération à long terme sur la culture de bananier et bananier plantain dans les conditions de Masako, en particulier, et de la région de Kisangani, en général, dont les cultivars Litete, Libanga, Gros Michel et Yangambi Km5 ont été utilisé comme matériel de propagation. Les observations ont porté sur l'inventaire dans le dispositif, la hauteur moyenne des plants, le diamètre moyen, le nombre des feuilles fonctionnelles, le nombre des rejets, le taux d'infection de la cercosporiose et fusariose et le taux d'infestation des charançons et des nématodes. Les résultats de ces différents paramètres ont montré, notamment, que le bloc non incinéré a donné un résultat supérieur par rapport au bloc incinéré.

Il s'avère important de retenir que la comparaison des moyennes des plants d'un même bloc présente des différences significatives au seuil de 5 % entre les cultivars.

MOTS-CLEFS: Cultuvars, Agroforesterie, bloc incinéré et non incinéré.

1 INTRODUCTION

Les bananes constituent un produit d'exploitation d'une grande valeur marchande. Les bananes se classent actuellement en quatrième position dans la liste des importantes denrées alimentaires après le riz, le blé et le maïs. Sa production mondiale s'élève à 74 millions de tonnes par an (Swennen et Vuylsteke, 2001).

Le bananier est l'une de culture à multiples usages et de très hautes potentialités agronomiques. Sa culture est soumise à un certain nombre des dilemmes biologiques, principalement sa production, des parasites et des ravageurs, qui découragent les producteurs (Lassoudière, 2007). C'est pour cette raison que la fondation hondurienne d'investigation agricole (FHIA en sigle) a mis sur pied un programme d'amélioration génétique avec le but d'obtenir un bananier capable de résister à des différentes maux (Anonyme, 1993).

En Afrique, les faibles niveaux de production s'expliquent surtout par les attaques de ravageurs et des maladies qui peuvent non seulement affecter les cultures mais aussi diminuer sensiblement le rendement par leur action pouvant inhiber la croissance végétative, diminuer la qualité des fruits, voire les rendre impropre à la consommation. Elles peuvent faire disparaître une variété ou une espèce végétale dans une région donnée (Lassoudière, 2007).

La pauvreté des sols tropicaux et leur surexploitation par l'agriculture itinérante sur brûlis ne respectant pas la durée des jachères constitue également l'un des facteurs qui influent contre la production des bananiers dans le milieu de Kisangani (Yenga, 2009). Cette situation s'aggrave lors des cycles culturaux consécutifs, si les sols ne sont pas fertilisés de façon rapide par des engrais ou de façon permanente par des dispositifs d'apport des matières organiques comme l'agroforesterie (Yenga, 2014).

L'utilisation du feu comme moyen de préparation des lits de plantation, constitue une pratique entraînant non seulement la diminution de la production de certaines cultures dont le bananier et le bananier plantain, mais aussi, la disparition dans un milieu, de plusieurs espèces végétales comme celles des essences de la famille des légumineuses (Yenga, 2014).

L'objectif principal de la présente étude et celle de déterminer les effets à long terme de la pratique des incinérations sur la culture de bananier et bananier plantain dans les conditions de Masako en particulier et de la région de Kisangani en général.

Les objectifs spécifiques à cette étude sont les suivants:

- Inventorier les pieds de bananier et bananier plantain du 3^e cycle dans le champ expérimental de Masako
- Mesurer la hauteur et le diamètre des pseudotruncs, compter le nombre de feuilles fonctionnelles de ces pseudotruncs
- Déterminer le nombre et le poids des régimes produits par les pseudotruncs mesurés
- Identifier les symptômes et les attaques les plus courants de bananier et bananier plantain

Partant de ces objectifs, nous avons formulé l'hypothèse de base selon laquelle la fertilisation fugace des cendres des incinérations des abattis et de la pérennité des souches de bananier et bananier plantain. Ainsi, ces hypothèses sont formulées de la manière suivante:

- La diminution de la performance des bananiers et bananiers plantains installées suivant la pratique des brûlis serait remarquable lors de la culture du 3^e cycle. La première contre-performance serait remarquable par la diminution des individus
- Les paramètres végétatifs des vivant dans ces conditions des terrains incinérés diminueraient sensiblement leurs nombres ou effectifs par rapport aux autres pieds qui se développent sur un terrain non incinéré;
- La production des pieds des bananiers et bananiers plantains du 3^e cycle poussant sur un terrain qui avait été incinéré, diminuerait par rapport aux autres pieds;
- Enfin, la sensibilité aux maladies et aux ravageurs serait très élevée chez les pieds de bananier et bananier plantain du 3^e cycle évoluant sur un terrain ayant subis l'incinération

1.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

La présente étude a été conduite autour de la réserve forestière de Masako, à 14 km de la ville de Kisangani. La forêt de Masako est une forêt équatoriale au nord de la ville de Kisangani (République démocratique du Congo) dans la boucle de la rivière Tshopo (Soki, 1994).

Les coordonnées géographiques de Masako sont respectivement de 0°56'N et 25°13'E, avec une altitude moyenne de 500 m (Dudu, 1991; Upoki, 2001).

Masako et ses environs jouissent globalement du climat de Kisangani, nonobstant quelques petites modifications liées au couvert végétal de la réserve et à son hydrographie qui est assez dense. En effet, Kisangani est comprise dans la zone bioclimatique de la forêt dense ombrophile sempervirente. Selon Goffaux (1990), cette zone est caractérisée par un climat de type « Afi » de la classification de Köppen. (Upoki, 2001).

La végétation de Masako selon Lejoly et Lisowski (1978) se classe parmi les forêts ombrophiles sempervirente équatoriales. Elles sont caractérisées par une densité structurale et une stratification marquée (Baelongandi, 1986). En outre, Juakaly (2008) a expliqué cinq biotopes dans la réserve de Masako. Il s’agit de: la forêt primaire (F.P), la forêt secondaire vieille (F.S.V), la forêt secondaire jeune (F.S.J), la jachère arbustive ou jachère vieille (J.V) et la jachère herbacée ou jachère jeune (J.J).

Les sols de Kisangani sont classés dans la catégorie de ceux développés sur des surfaces d’accumulation des sables plus ou moins argileux et confirment ainsi leur origine fluvio-lacuste attribuée à la série de Yangambi (Soki, 1994).

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

La présente étude a considéré les 4 cultivars des bananiers et bananiers plantains, les plus fréquents dans les jardins ce case et les champs du milieu de Masako. Le tableau 1 reprend les cultivars concernés par notre étude.

Tableau 1. Les cultivars choisis pour l’étude

| Cultivars | Types | Génotypes | Nbre de touffe | Usage |
|-----------------|-------------------------|-----------|----------------|---------|
| Litete Plantain | « French » | AAB | 30 | A cuire |
| Libanga likale | Plantain « Faux corne » | AAB | 30 | A cuire |
| Gros Michel | Bananier « French » | AAA | 30 | Dessert |
| Yangambi Km 5 | Bananier « French » | AAA | 30 | Dessert |

Légende: - A: *Musa acuminata*
 - B: *Musa balbisiana*

Les observations de cette étude ont été faites dans un champ expérimental installé à Masako dans une forêt secondaire autour de la réserve forestière de Masako. Le dispositif expérimental a été constitué de deux blocs de ¼ d’hectare chacun. Les deux blocs ont été défrichés, l’un incinéré et l’autre non incinéré les lignes de plantation ont été alternantes suivant les 4 cultivars utilisés.

Sur la première ligne, Yangambi Km² a été installé suivi de gros Michel, de libanga et de litete. Les plants ont été installés aux écartements de 5m entre les lignes et 3m sur les lignes. Les observations ont porté sur 240 pieds dont 120 par blocs. Ceux-ci ont été sélectionnés dans une superficie de 900 m² prise au centre du champ expérimental. Ceci correspond à 3 répétitions dans un bloc pour chaque cultivar. La figure 1 illustre le dispositif expérimental adopté pour la récolte des données.

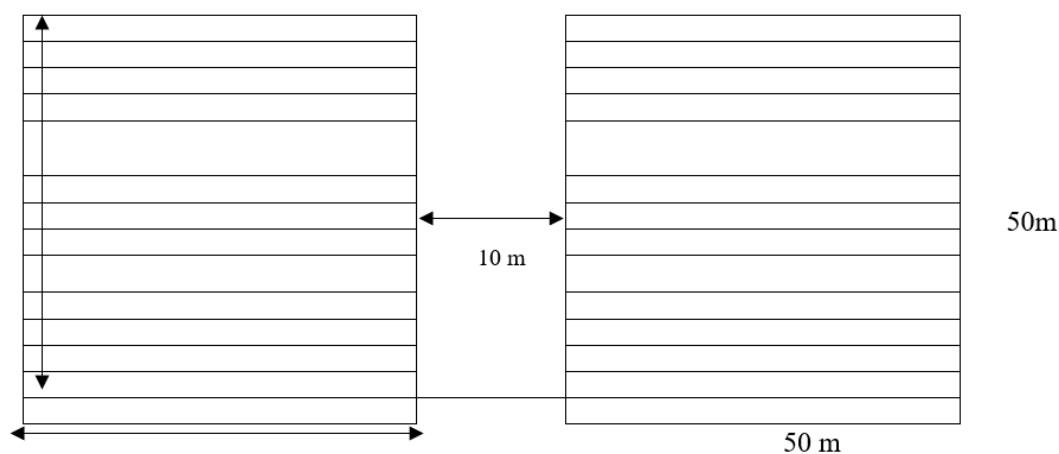


Fig. 1. Dispositif expérimental à base de deux blocs

Les paramètres végétatifs et ceux de la production ont été comparés en fonction de leurs moyennes et par les ANOVA, considérant que l'ensemble de ces paramètres sont de nature quantitative. Ainsi les paramètres retenus sont entre autre:

- Les souches de bananier et bananier plantain ayant résisté jusqu'au 3^e cycle;
- La hauteur moyenne des plants inventoriés selon les cultivars;
- Les diamètres moyens des pseudotruncs de ces plants;
- Les feuilles fonctionnelles ou déployées;
- Le nombre de rejets;
- Le taux d'infection de la cercosporiose et la fusariose
- Le taux d'infection des charançons et des nématodes

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le nombre de souches de bananier et bananier plantain du 3^e cycle, observés dans le dispositif de Masako.

Tableau 2. *Souches de bananiers et bananiers plantains du 3^e cycle*

| Cultivars | Système | |
|--------------|---------|-------------|
| | Brûlis | Sans brûlis |
| Yangambi Km5 | 24 | 26 |
| Gros Michel | 21 | 20 |
| Libanga | 18 | 20 |
| Litete | 12 | 12 |
| Moyenne | 18,75 | 19,5 |

Le tableau 2 démontre que le nombre de souches rencontrées dans les 2 blocs du dispositif est variable d'un cultivar à un autre sur les 30 souches sélectionnées depuis le premier cycle. Le cultivar Yangambi Km5 a gardé l'effectif le plus élevé de tous les autres cultivars. Cette réalité a été pareille pour le bloc d'incinération et bloc dont les abattis n'ont pas été incinérés. En considérant tous les cultivars, la moyenne observée dans le bloc non incinéré est légèrement supérieur au bloc incinéré. Cette différence considère que la préparation du terrain a subi des incinérations entraînant la disparition plus ou moins rapide des souches des plantains, surtout celle des bananiers des cycles culturaux consécutifs.

En considérant les deux types génomiques au 3^e cycle, les bananiers plantains ont plus perdu des souches que les bananiers. Ainsi, sur les 30 souches du premier cycle, le plantain litete n'a présenté que 12 souches lors des observations du 3^e cycle.

Yenga (2014) avait démontré que l'utilisation de feu pour incinérer les abattis avait défavorisé la régénération naturelle des végétations. La figure 2 présente les accroissements en hauteur des pieds des bananiers et des bananiers plantains de 3^e cycle sur 2 blocs différents.

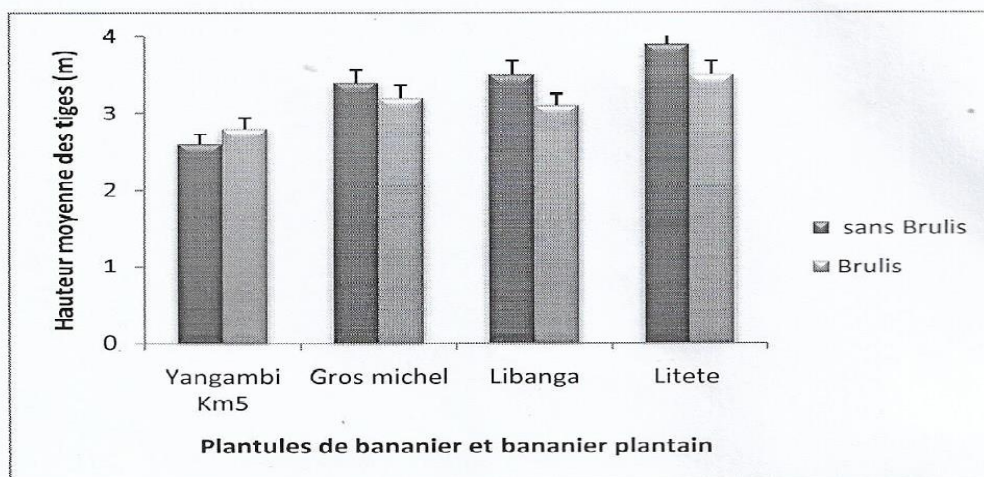


Fig. 2. Hauteur des plants à la floraison du 3è cycle

Il ressort de la figure 2 que la hauteur des plants des bananiers et bananiers plantains du 3è cycle à Masako ont principalement variée en fonction des variétés et du milieu. A l'intérieur de chaque variété, la taille des plants du bloc non incinéré a été en moyenne supérieure à celle des pieds installés dans le bloc incinéré. Cette tendance n'a pas été observée pour le cultivar Yangambi km5. Cette différence a été considérée comme le début de la performance du bloc incinéré par rapport au bloc non incinéré. Encore cette fois, la différence des tailles des plants des plantains a été très remarquable que celle des plants de bananiers installés dans les mêmes conditions.

En effet, Feno (2012) a observé avec les rejets au premier cycle que le bananier plantain litete avait atteint 1,1m et libanga 0,9m, tandis que les bananiers avaient montré un faible développement dont Gros-Michel 0,8 m et Yangambi Km5 0,7m. Toutefois, Yenga (2014) avait constaté que la pratique de l'incinération des abattis comme préparation de lit de plantation avait favorisé le développement végétatif des cultivars de, bananier et des plantains du premier cycle dans les conditions de plantation à Masako.

Par contre, le même auteur, dans la même étude avait démontré que pour le deuxième cycle cultural, les tailles des cultivars installés sur le terrain incinéré n'ont pas présenté des grandes fluctuations des valeurs. Les moyennes enregistrées sont de 5,4 m pour Gros-Michel et 4,5 m pour Litete. Libanga et yangambi km5 ont eu la même valeur moyenne de hauteur égale à 3,8 m.

La tendance générale avait été constituée de petites diminutions de taille moyenne par rapport au premier cycle. L'exception avait été faite pour les pieds des gros-Michel qui ont augmenté visiblement leur taille au cours du second cycle. Cependant, pour ces observations du 3è cycle, en ce qui concerne la taille de chaque cultivar par rapport aux deux cycles, il n'a existé aucune différence significative comme le montre le test de student au seuil de 5% avec le p-value = 0.064.

La figure 3 donne les valeurs des diamètres moyens des pseudotruncs dont les hauteurs moyennes ont été données dans la figure 2.

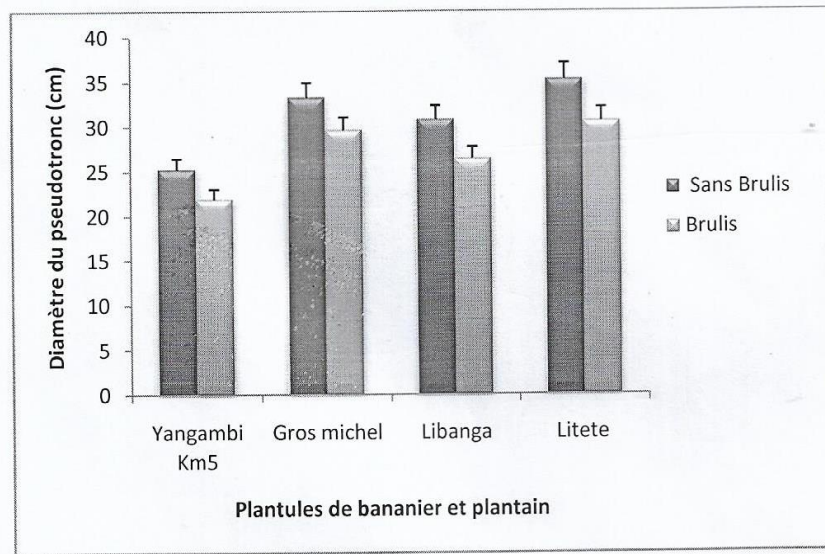


Fig. 3. Diamètre moyen des plants du 3^e cycle à Masako

La figure 3 relative aux diamètres moyens des pseudotroncs des plants de 3^e cycle présente une nette supériorité des plants installés sur le bloc non incinéré sur ceux du bloc incinéré. Les premiers ont présenté des valeurs qui sont supérieures aux seconds dans les conditions des champs expérimentaux défrichés à Masako. Quant aux bananiers, bien que phénotypiquement différents du point de vue de la dimension moyenne des pseudotroncs, les conditions de cet essai ont présenté des valeurs légèrement supérieures pour le cultivar Gros Michel par rapport aux pieds de Yangambi Km5.

La figure 4 présente le nombre moyen des feuilles déployées sur les pseudotroncs du bananier et bananier plantain du 3^e cycle cultural à Masako.

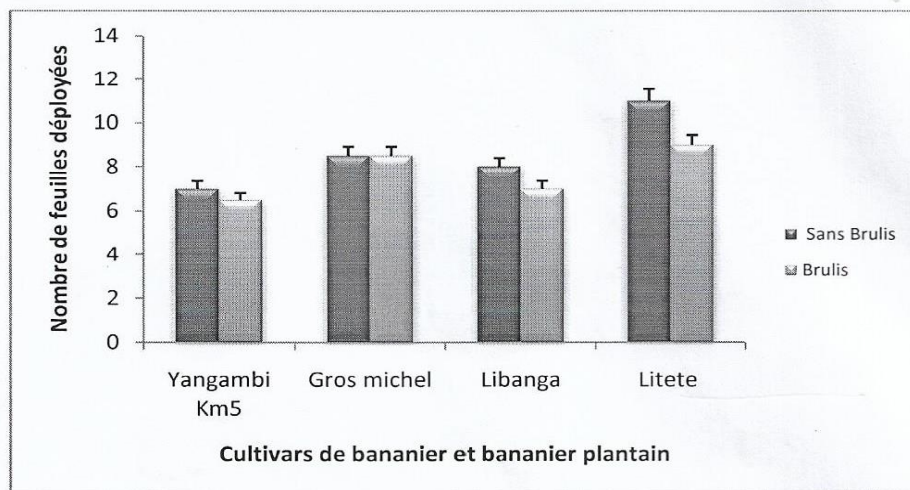


Fig. 4. Nombre moyen de feuilles déployées dans les blocs

En considérant la figure 4, il est à constater que quelques variétés installées dans le bloc non incinéré ont produit plus de feuilles que celles installées dans le bloc où l'on avait pratiqué l'incinération. Toutefois, la variété Gros Michel a produit le même nombre de feuilles dans les deux blocs

La figure 5 présente le nombre moyen des pieds de bananier et bananier plantain installés dans les deux blocs expérimentaux de Masako.

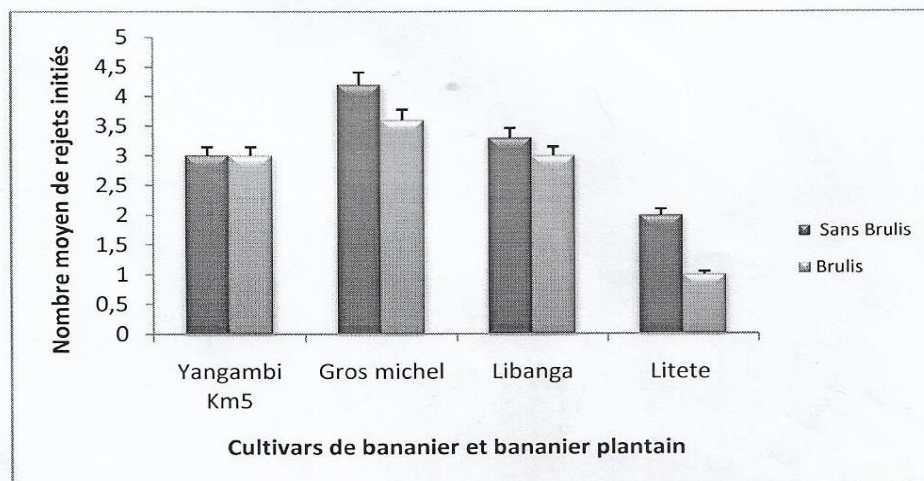


Fig. 5. Nombre moyen de rejets initiés dans les 2 blocs

Relativement à la figure 5, la variété Yangambi Km5 a produit le même nombre des rejets dans les deux blocs. Néanmoins, les autres variétés ont initié les rejets dans le bloc non incinéré, au nombre moyen élevé par rapport aux pieds retrouvés dans le bloc qui avait été incinéré.

En terme numérique, la variété Gros Michel a produit, dans les deux blocs, le nombre de rejets supérieur aux autres cultivars.

Yenga (2014), pour une étude des bananiers avec les émondes des légumineuses locales, a constaté que tous les cultivars ont produit le nombre de rejets qui allait de 1 à 5 à l'exception du plantain litete dont le maximum a été égal à 3 rejets par plant. La majorité de rejets émis par les bulbes de Yangambi Km5 était de 3 à 4 contre la moyenne de 1 à 2 rejets enregistrés chez le plantain litete. En termes de groupes génomiques, les bananiers ont produit plus de rejets que les bananiers plantains.

Les paramètres de la production aussi ont été comparés pour les mêmes plants de 3^{ème} cycle, se développant dans les conditions similaires à l'agriculture sur brûlis et sur les terrains non incinérés. Ainsi, le tableau 3 présente le nombre de régimes récoltés dans chaque cultivar pendant toute la période couverte de notre essai comparatif.

Tableau 3. Nombre moyen de régimes récoltés par cultivar

| Cultivars | Système | |
|--------------|---------|-------------|
| | Brûlis | Sans brûlis |
| Yangambi Km5 | 9 | 10 |
| Gros Michel | 6 | 8 |
| Libanga | 5 | 6 |
| Litete | 4 | 4 |
| Moyenne | 6 | 7 |

Le tableau 3, comme pour majorité des paramètres végétatifs, indique que les plants des bananiers et bananiers plantains du 3^{ème} cycle qui se sont développés dans le bloc dont les abattis n'ont pas été incinérés, ont donné dans l'ensemble, le nombre moyen de régimes supérieur à celui des plants du bloc préparé par les incinérations des abattis. Toutefois, cette différence entre les deux blocs est numériquement significative pour la variété Gros Michel. Cependant, la variété litete a gardé le même nombre moyen de régime dans les deux blocs.

Le tableau 4 présente le poids moyen des régimes de bananier et bananier plantain récoltés dans les conditions de l'essai.

Tableau 4. Poids moyen (kg) des régimes récoltés dans le champ expérimental

| Cultivars | Système | |
|--------------|---------|-------------|
| | Brûlis | Sans brûlis |
| Yangambi Km5 | 4,5 | 9,4 |
| Gros Michel | 9,7 | 15,9 |
| Libanga | 8,2 | 10,6 |
| Litete | 11,3 | 15,9 |
| Moyenne | 8,4 | 12,9 |

La lecture du tableau 4 démontre que le poids moyen (12,9 kg) des régimes des plants du 3^e cycle se développant dans le bloc non incinéré a toujours été supérieur à celui de l'autre bloc (8,4kg) du champ expérimental.

La comparaison entre les deux pratiques de l'essai a été également faite sur le taux d'infection des maladies les plus courantes dans les jardins de case et les champs de la région de Masako.

Par rapport au taux d'infection à la cercosporiose de bananier et plantain, il ressort que le taux d'infection à la cercosporiose de bananier et plantain est très élevé dans les blocs incinérés que dans le bloc non incinéré. Cette situation montre que l'incinération favorise le taux d'infection de la cercosporiose des cultivars de bananiers et bananiers plantains. La variété Libanga a présenté un taux d'infection plus élevé que les autres cultivars.

Yenga (2009) a trouvé que les bananiers et bananiers plantains des jachères avait manifesté un taux d'infection le plus élevé et cela à tous les stades de la maladie. En général, le pourcentage d'infection dans cet écosystème a varié de 30 à 93% de taches du premier stade et de 20 à 60% pour le 6^{ème} stade. Au premier stade, le taux d'infection de la maladie des plantains était toujours supérieur à celui des bananiers. Libanga avait le taux de 93% et contre 50 et 30% respectivement de gros-Michel et Yangambi Km5.

Concernant le taux d'infection de la fusariose de bananiers et bananiers plantains du 3^e cycle dans les deux blocs d'essai, il se dégage que l'infection à la fusariose a été différente d'un cultivar à un autre et d'une pratique à une autre, respecté par les 2 blocs de l'essai de cette étude.

En tenant compte du taux d'infection, les cultivars installés dans les blocs incinérés sont plus infectés. Cette sensibilité est plus marquée chez le cultivar Libanga comparativement aux autres cultivars pour tous les deux blocs. Les attaques telluriques ont été également suivies dans le cadre de cet essai comparatif des cultivars de 3^e cycle dans les 2 blocs, l'un ayant été préparé depuis le premier cycle par des incinérations des abattis et l'autre par les ouvertures des layons sans incinération.

Ainsi, le tableau 5 présente le taux d'attaque des charançons et des nématodes sur les bulbes et les racines des plants de bananier et bananier plantain mis en observation.

Tableau 5. Attaque des cosmopolites et des nématodes

| Cultivars | Attaque de Cosmopolite (%) | | Attaque de nematode (%) | |
|--------------|----------------------------|--------|-------------------------|--------|
| | Sans brûlis | Brûlis | Sans brûlis | Brûlis |
| Yangambi Km5 | 64,2 | 84,6 | 55,3 | 75,6 |
| Gros Michel | 77,3 | 90,4 | 74,6 | 91,3 |
| Libanga | 89,5 | 96,5 | 84,9 | 97,2 |
| litete | 93,7 | 97,7 | 91,8 | 98,5 |
| Moyenne | 81,17 | 92,3 | 76,65 | 90,65 |

Il ressort du tableau 5 que tous les cultivars utilisés ont présentés un taux d'infestation plus élevé pour l'ensemble de deux blocs. Les cultivars installés dans le bloc qui avait été incinéré sont plus attaqués par les cosmopolites sordidus et les nématodes. Une particularité est signalée pour le cultivar Litete, suivi de Libanga qui ont été très attaqués par ces deux ravageurs dans tous les blocs.

4 CONCLUSION

La présente étude avait comme objectif de comparer la performance des cultivars de bananier et bananier plantain du 3è cycle dans les conditions de deux blocs, l'un incinéré et autre non incinéré.

En ce qui concerne le nombre de souche, la variété Yangambi Km5 a gardé l'effectif le plus élevé des touffes que tous les autres cultivars. La taille des plants de bananier et bananier plantain installés dans le bloc non incinéré a été en moyenne supérieure à celle des pieds installés dans le bloc incinéré. Mais cette différence n'a pas été observée chez les cultivars Yangambi Km5.

Quant au diamètre moyen des plants du 3è cycle installés sur le bloc non incinéré, les valeurs ont été supérieures par rapport à celles des plants installés sur le bloc incinéré. Pour le groupe génomique constitué des plantains, le cultivar Litete a présenté une valeur supérieure à 35 cm sur le bloc non incinéré contre une valeur supérieure à 30 cm. Quant aux bananiers, le cultivar Gros Michel a présenté une valeur égale à 33,3 cm contre 29,6 cm.

Le nombre moyen de feuilles a varié d'un cultivar à un autre. Pour le cultivar Litete, ce nombre a été de 11 feuilles déployées sur les tiges installés dans le bloc non incinéré contre 9 feuilles des pseudotruncs présents dans le bloc incinéré. Pour le bananier Gros Michel, le nombre des feuilles est resté le même pour les deux blocs d'observation, soit une moyenne de 8,5 feuilles.

Quant aux infections de la cercosporiose et la fusariose, tous les cultivars ont présenté les symptômes de cette infection à des taux différents d'un cultivar à un autre. Dans les conditions de brûlis, le plantain libanga a manifesté un taux de sensibilité élevé à 69,9% contre 48,7 % observé dans les conditions sans brûlis. Pour l'infection à la fusariose, le même cultivar, Libanga a encore présenté des valeurs qui se sont élevées à 80,5 % dans les conditions de brûlis contre 78,1% dans les conditions sans brûlis.

Les infestations de cosmopolites et nématodes ont été très élevées dans toutes les conditions de l'essai. Les différences statistiques significatives avec supériorité des valeurs des plants installés sur le terrain qui n'avait pas été incinéré confirment toutes les hypothèses de cette étude qui, en général ont stipulé que la pratique d'incinération décroît à long terme la culture de bananier et bananier plantain à Masako.

Au regard de ces résultats, il y a lieu de suggérer que les études continuent avec les autres espèces et dans d'autres milieux. Que les essais de l'agroforesterie avec les bananiers soient initiés afin de bannir, à moyen ou à long terme, la pratique d'incinération qui ne cesse d'être décriée.

REFERENCES

- [1] Chapion (1963). *Le bananier*. Paris: Maison neuve et larose.
- [2] Cirad-Gret (2002). Memento de 194 agronomes. *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement*. Groupes des recherches et d'échange technologique (GRET). France: Jouve.
- [3] Cirad-Gret (2006). *Memento de l'agronome*. Ministère de la Coopération française. France: Jouve.
- [4] Dhed'a, Mwango et Swennen (2010). La culture des bananiers et des bananiers plantains en R.D. Congo, support didactique. Kinshasa: Edition Saint-Paul Afrique.
- [5] Dudu (1991). Etude de peuplement d'insectes et les ravageurs de la forêt ombrophile de basse altitude du Zaïre (Kisangani, Masako). Thèse de doctorat inédite, Université de Kisangani.
- [6] FAO (1987). Systèmes de production améliorés susceptibles de remplacer l'agriculture itinérante, service des sols-ressources aménagement et conservation. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Bull. pédologique, n° 53, Rome.
- [7] FAO (1974). L'agriculture itinérante et la conservation des sols en Afrique, Bull. pédologique, n° 24, Rome.
- [8] Feno, B. (2011). Détermination des conditions optimales de cultures de bananier et bananier plantain en zone forestière de Kisangani. Mémoire de licence, inédit, Institut Facultaire Agronomiques de Yangambi.
- [9] Gold et Messiea (2000). *Charançons du bananier Cosmopolites sordidus*. Parasites et ravageurs de *Musa*.
- [10] Juakaly (2007). Résilience et écologie des araignées de la forêt équatoriale de basse altitude (R.F. de Masako, Kisangani, R.D. Congo). Thèse de doctorat inédite, Université de Kisangani.
- [11] Kazadi (2004). Introduction aux amphibiens forestières de la R.D. Congo (Afrique Centrale), Kisangani. VZM, Kortesseem.
- [12] Lassoudiere (2007). *Le bananier et sa culture*. Ed. Quac.
- [13] Mwanze, K. (2011). Influence de l'agriculture itinérante sur brûlis sur les propriétés du sol dans la réserve biosphérique de Yangambi.
- [14] Nyakabwa (1982). *Phytocenose de l'écosystème urbain de Kisangani*. Thèse de doctorat inédit, Université de Kisangani.
- [15] Soki KK. (1994). Biologie et écologie du termite (Isoptera) de forêt ombrophile du Nord-Est du Zaïre (Kisangani). Thèse inédite, Université Libre de Bruxelles.
- [16] Tezenas (1985). *Le bananier plantain*. Paris: Maison neuve et larose.
- [17] Vanden put (1981). *Les principales cultures de l'Afrique Centrale*. Bruxelles: Presse de l'imprimerie LESAFRRE.
- [18] Watters, RF. (1971). *L'agriculture itinérante en Amérique latine*. Collection FAO: mise en valeur des forêts, Rome.
- [19] Yenga, D. (2009). Prévalence de la Cercosporiose de bananiers et bananiers plantains dans les systèmes agro-forestiers autour de la réserve forestière de Masako. Mémoire DEA, inédit, Université de Kisangani.
- [20] Yenga, D. (2014). Potentialité des légumineuses locales pour un système agro-forestier en culture de bananiers et bananiers plantains à Kisangani, RDC. Thèse de doctorat inédite, Université de Kisangani.

Gestion et la dangerosité des déchets municipaux dans la ville de Likasi

[Study of dangerousness of municipal waste in the city of Likasi]

Lubenga Mpungu Serge¹ and Diongo Lowolo Raymond Albert²

¹Assistant, Département de Géologie, Université des Sciences et de Technologies de Lodja, RD Congo

²Assistant, Département de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté de Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Lodja, RD Congo

Copyright © 2023 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: Given the state of insalubrity faced by the inhabitants of cities, communities and villages in so-called developing countries, particularly in the Democratic Republic of Congo (DR Congo), a study on the production of waste and its composition with a view to its probable reprocessing would be significant.

In the city of Likasi, DR Congo, this study looked at the case of existing management. Although this management leaves something to be desired, it does allow the bulk of the waste produced to be removed. In practice, the aim was to see what is being done to remove or eliminate the waste produced by the population of Likasi through its various activities. Afterwards, a sample of the waste had to be taken in order to study its composition with the means available.

The results obtained show great potential in the waste, with significant contents of recyclable materials such as paper, plastic and some metals such as aluminium and copper. When reprocessed, this waste turns out to be an invaluable source of wealth.

KEYWORDS: Waste, dangerousness, disposal, treatment, social.

RESUME: Vu l'état d'insalubrité auquel sont confrontés les habitants des villes, collectivités et villages des pays dits en voie de développements, notamment en République Démocratique du Congo (RD Congo), une étude sur la production des déchets et la composition de ceux-ci en vue d'un probable retraitement serait non négligeable.

Dans la ville de Likasi, en RD Congo, la présente étude s'est intéressée au cas de gestion déjà existante. Même si c'est une gestion qui laisse à désirer, elle permet, tant soit peu, à évacuer le gros des immondices produites. En pratique, il s'agissait de se rendre compte de ce qui se fait, en vue d'éloigner ou d'éliminer les déchets que la population de Likasi produit de ses différentes activités. Après, il fallait constituer un échantillon des déchets afin d'en étudier la composition avec les moyens disponibles.

Ainsi, les résultats obtenus montrent de grands potentiels dans les déchets avec des teneurs importantes en matériaux recyclables comme le papier, le plastique et quelques métaux tels que l'aluminium et le cuivre. Retraité, ce déchet s'avère être une source de richesse inestimable.

MOTS-CLEFS: Déchet, dangerosité, évacuation, traitement, social.

1 INTRODUCTION

Partout où l'homme vit, il produit des déchets. Ces déchets sont donc attachés à toute activité humaine. Ainsi, plus la population humaine n'est grande, la production d'ordures est d'autant plus importante. Quand les ordures sont produites,

elles nécessitent une gestion appropriée et efficace. En fait, mal gérés, les déchets deviennent encombrants et dangereux pour ceux-là même qui les ont produits. Bien gérés, ils sont potentiellement une source de bien de revenus souvent ignorée.

Le présent travail, tend à montrer le potentiel que regorgent les déchets dans la ville de Likasi et plus particulièrement ses déchets municipaux lorsqu'ils sont mieux gérés par rapport à la manière qu'ils sont traités présentement.

Traiter les déchets d'une ville, implique d'importantes prises en comptes. Parmi ces prises, une place de choix va au stockage de ceux-ci. Faire des dépôts comme cela se fait à Likasi, ne fait que résoudre momentanément le problème. En effet à la longue, l'espace finit par faire défaut. Ainsi, il faut donc trouver des solutions plus efficaces et durables. C'est là la problématique à laquelle cet article tente de répondre.

Il est aisé d'affirmer, par hypothèse, que c'est par manque de moyens que les autorités municipales sont incapables de mieux gérer ces déchets mais cela reste quand même à démontrer dans la suite de cette étude.

Ce travail se limite au cas de la ville de Likasi qui, par ailleurs est tout à fait semblable aux cas des agglomérations de la République Démocratique du Congo et sous réserve, peut être extrapolé aux autres villes et cités des pays les moins évolués.

Dès lors qu'il en est ainsi, aussi tôt que les conséquences de ces constats résultent de l'inconscience et de la nonchalance de ceux-là qui sont supposés s'occuper de cet état des choses.

Doit-on demeurer dans le silence face à cette situation qui freine le développement de la société ? N'est-ce pas là le devoir d'un scientifique dans ce domaine.

1.1 NOTION DE DÉCHET

Les déchets peuvent être abordés de manière différente en fonction de leurs propriétés. Leur classification peut notamment se faire en fonction de leur état physique (solide, liquide, gazeux), de leur provenance (déchets ménagers, déchets industriels...), de leur traitement (primaires, secondaires, ultimes) ou encore de leur dangerosité (déchets inertes, déchets banals...). La variété de ces propriétés et des points de vue que l'on peut adopter lorsque l'on s'intéresse aux déchets amène la plupart des auteurs à dire qu'il n'existe pas de définition satisfaisante du déchet. Cette définition est différente en fonction du point de vue réglementaire, environnemental, économique ou encore fonctionnel.

Dans le cadre fonctionnel, le déchet est considéré comme un flux de matière issu d'une « unité fonctionnelle » représentée par une activité ou un ensemble d'activités. Cette unité fonctionnelle a pour but de fabriquer un produit (matériel ou immatériel) et, pour ce faire, fonctionne avec des flux d'entrée (matières premières, eau, énergie) et de sortie (le produit recherché et les sous-produits non désirés).

En termes de préoccupations environnementales et sanitaires, la question des déchets est indissociable de celle des effluents et de leurs polluants. Le déchet se définit donc comme une combinaison de ces approches différentes qui se combinent, s'influencent et évoluent dans le temps. Il en ressort un système complexe, difficile à appréhender, à l'image des enjeux sanitaires qui y sont rattachés.

1.2 PRÉOCCUPATION MONDIALE

Selon l'ouvrage « *Du rare à l'infini: panorama mondial du déchet en 2006* », les statistiques mondiales sur les déchets sont difficiles à rassembler. Les données sont peu disponibles car elles ne sont comptabilisées que lors du traitement des déchets, selon l'approche économique décrite plus haut, provenant de statistiques des entreprises d'élimination. Dans les États les moins organisés, les collectes se limitent généralement à quelques grandes villes et les chiffres nationaux moyens manquent de significativité.

1.3 DÉFIS ET FACTEURS À PRENDRE EN CONSIDÉRATION

Les produits chimiques domestiques ont non seulement des effets sur la santé humaine, mais ils posent également des risques pour l'environnement. L'élimination inadéquate de produits chimiques ménagers, qu'ils soient jetés avec les déchets domestiques, vidés dans un conduit pluvial, déversés ou rincés dans un évier ou directement sur le sol, représente une source de pollution environnementale.

Les principaux constituants néfastes à une qualité irréprochable de l'eau sont les phosphates (PO₄) et les nitrates (NO₃). Mais il y a aussi les métaux lourds, les PCB (Polychlorobiphényle), les hydrocarbures et les médicaments.

1.4 LES EAUX USÉES

Les eaux usées, aussi appelées « effluents » ou « eaux polluées », sont constituées de toutes les eaux de nature à contaminer les milieux dans lesquels elles sont déversées. Ces eaux sont généralement formées du sous-produit d'une utilisation humaine, soit domestique, soit industrielle, d'où l'usage de l'expression « eaux usées ». Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être traitées ou bien gérées.

1.5 DÉCHETS DANGEREUX

Du point de vu les déchets dangereux, une menace particulière pour l'environnement. En fonction de la nature de leurs constituants et de leurs propriétés. Certains déchets représentent un danger spécifique pour l'homme ou pour l'Environnement et sont considérés comme dangereux. Il s'agit par exemple de déchets contenant des métaux lourds (plomb, cadmium, Mercure, arsenic,...) des hydrocarbures, des déchets explosifs, carburants ou facilement inflammables, des déchets irritant, etc.

La majeure partie des déchets dangereux provient de l'industrie. Il s'agit principalement de déchets de sidérurgie, de sous-produit animaux, de solutions acides et de déchets de l'industrie chimique, de résidus de broyage, de terres polluées, de déchets d'épuration, etc. Les déchets hospitaliers fait aussi partie de déchets dangereux.

Une petite fraction de déchets dangereux provient de déchets ménagers; il s'agit entre autres d'huiles usagées, de peintures, d'encres (cartouches d'imprimante), de colles, vernis, Solvant (white sport,...), d'emballages contaminés, des piles, etc cela ne représentent qu'une très petite partie de nos poubelles (environs 1%) mais peuvent être aussi toxique que la totalité des autres déchets.

Les déchets dangereux doivent être collectés de manière spécifique afin d'éviter toute contamination de l'environnement. Donc il est interdit de jeter des déchets dangereux avec des ordures ménagères ou de s'en débarrasser en les déversant à l'égout au risque de perturbation de fonctionnement des écosystèmes aquatiques et ichtyologiques.

D'après le rapport de synthèse « *Suivi de l'unité de prétraitement aérobie et des casiers de stockage des déchets du site de traitement de Mende* », les produits chimiques domestiques sont considérés comme des déchets dangereux s'ils appartiennent à l'une ou l'autre des catégories suivantes: (1) Produits inflammables, (2) Produits toxiques, (3) Produits corrosifs, ou (4) Produits réactifs.

Les déchets dangereux regroupent les déchets spécifiques des entreprises, les déchets toxiques en quantité dispersée produits par toutes sortes de structures, dont les établissements de soins, et les déchets dangereux des ménages.

1.6 STOCKAGE

Chacun a en tête des images de décharges ouvertes aux quatre vents, insulte au paysage et véritables désastres environnementaux aux risques sanitaires importants. Ces risques sont d'autant plus affirmés que les déchets sont aujourd'hui variés et contiennent de nombreux polluants. Les décharges sauvages constituent probablement le mode de non-gestion le plus risqué en termes d'impact sur l'environnement et sur la santé. Exposées aux eaux de pluie et de ruissellement, aux vents et aux animaux (dispersion), aux combustions, elles constituent la pratique la plus susceptible d'exposer la population à des risques sanitaires importants. Situation à laquelle des populations dans le monde et en RD Congo en particulier sont confrontées impuissantes.

A Likasi, il existe des cas très flagrants de pollution de divers genres qui vont des émissions de gaz industriels à la pollution des rejets ménagers rejetant dans la nature des REFIOM (résidus de fumées d'incinération des ordures ménagères) et des REFIDI (résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères), cas du dépôt de Marlinza à la limite du centre-ville avec le quartier Mission.

Autres parts, c'est une autre forme de gaz qui indispose la population likasienne. En effet, les riverains des dépôts des déchets provenant du centre-ville et les environs ont souvent du mal à respirer l'air à cause des odeurs de décomposition et de putréfaction des déchets entassés ou même des fumées produites par l'incinération sur place de ces déchets.



Fig. 1. Stockage temporaire des déchets à côté de l'arrêt central à Likasi.

Le stockage concerne aujourd'hui une grande variété de déchets et des risques sanitaires associés, en fonction des substances stockées. Les risques sont toujours liés aux rejets de ce stockage (air, eau, sol).

On distingue trois types de sites au regard de la protection des eaux:

- Les décharges de classe III, utilisées pour les seuls matériaux inertes (déblais, gravats...). La liste actualisée des décharges de classe III est difficile à fournir
- Les décharges de classe II, imperméables, utilisées pour les résidus urbains et les déchets industriels banals (DIB). Ces derniers sont constitués par les catégories des déchets commerciaux, déchets des activités de service, (hors emballages valorisables), certaines boues de stations d'épuration industrielles, déchets de l'agro-alimentaire et les déchets peu évolutifs

Les déchets interdits dans ces centres de stockage sont essentiellement les déchets dangereux, les déchets radioactifs, les résidus liquides, les emballages valorisables et les pneus.

- Les décharges de classe I ne doivent en principe ne recevoir que les déchets ultimes progressivement stabilisés. On y retrouve donc l'ensemble des déchets industriels spéciaux ainsi que les résidus issus du traitement des déchets. Les installations doivent être guidées par une réglementation stricte en matière de choix de terrains (qui doivent être peu perméables) d'aménagements (en termes de sécurité) et d'exploitation
- Le tableau résumé stipulant ainsi que l'abandon et l'épandage incontrôlé des déchets dans la nature posent des graves problèmes dont

Tableau 1. Résumé des problèmes posés par les déchets

| | |
|------------------------------|---|
| Aspect sanitaire | Présence des germes pathogènes susceptibles d'être propagés par les insectes et rongeurs, ou d'atteindre Les nappes aquifères par les eaux de percolations s'infiltrant dans le sol, Prolifération des insectes et rongeurs dans le climat chaud surtout grâce à l'existence dans les déchets d'une nourriture abondante et nombreux gîtes larvaires (boîtes de conserves, pneus,...) |
| Pollution de l'air | Risque d'incendies spontanés, Production d'odeurs nauséabondes (fermentation) |
| Pollution de l'eau | Risque d'infiltration vers les nappes aquifères, des germes pathogènes ou de matières nocives, organiques ou minérales, extraites de déchets ménagers. |
| Pollution du sol | A proximité des terrains d'épandage, le sol devient acide (PH 1 à 3) et présente de mauvaises caractéristiques mécaniques; le sol peut également contenir des produits toxiques ou des germes pathogènes extraits des déchets ménagers par les eaux de pluies. |
| Atteinte à la faune et flore | En cas de rejets en mer (rejet industriels surtout): introduction possible d'éléments toxiques (métaux lourds,...) dans le plancton, puis les poissons. La plupart de ces métaux toxiques s'accumulent dans les organismes, ils peuvent donc atteindre l'homme, maillon final de la chaîne alimentaire. En cas de rejets aux abords de mares et étangs: risque grave pour la faune et la flore de ces plans d'eau. |
| Aspect social | Enlaidissement des sites, Troubles psychologiques possibles chez les personnes habitant au voisinage des terrains d'épandage |
| Aspect économique | Gaspillage de matière, Gaspillage de terrain: un terrain d'épandage ne peut plus être utilisé pour l'habitation, les loisirs, l'industrie ou l'agriculture. De longues années après sa fermeture, ses mauvaises caractéristiques physiques et chimiques le rendent encore impropre à la construction et à l'agriculture. En général, un terrain d'épandage épuisé est égalisé, remblayé et rendu aux loisirs, sous forme de parc, terrain de sport ou terrain de boisement. La dépollution d'un site coûte très cher. |

Source: DOTREPPE-GRISARD. *Déchets solides, 2^{ème} partie. Notes de cours, Université de Liège, Faculté de Sciences appliquées (pp. 16-17).*

1.7 PARTICULES FINES ET ULTRAFINES

L'incinération des déchets libère des substances toxiques (par exemple des polluants organiques persistants comme la dioxine) qui se dispersent dans l'air et se retrouvent ensuite dans les sols et dans l'eau. Les résidus d'incinération représentent environ 30% de la masse des déchets brûlés, ils peuvent contenir les mêmes substances dangereuses que les fumées.

Les particules fines et ultrafines (PF et PUF) sont notamment émises par l'incinération des ordures ménagères – en plus des transports, du chauffage domestique et des autres processus industriels. Elles seraient retenues à 99 % par les systèmes de piégeage des incinérateurs dans les pays organisés.

Selon le livre « *Traitement biologique des déchets* » de Bayard et Gourdon, ces particules possèdent des propriétés chimiques complexes qui rendent possible une multitude de combinaisons chimiques par agglomération avec d'autres polluants présents dans l'atmosphère.

Du fait de leur faible densité, elles sont facilement emportées par l'air et voyagent plus loin que les particules plus denses. Du fait de leur faible taille (entre 0,1 et 0,25 micromètres pour les PUF, entre 0,25 et 10 micromètres pour les PF), elles sont peu retenues par les filtres respiratoires de l'organisme et pénètrent plus en profondeur dans les poumons. Une partie des particules ultrafines passe dans le sang et est ensuite distribuée dans tout l'organisme, provoquant réactions inflammatoires et troubles fonctionnels des organes.

Les PF et les PUF seraient responsables de plusieurs décès prématurés. Il n'existe pas de seuil d'exposition aux particules: on parle d'effet linéaire, toute diminution d'exposition aux PF et aux PUF étant bénéfique pour la santé. Il est souhaitable de réduire cette exposition pour parvenir à un plafond de concentration de 25µg/m³ en moyenne annuelle.

Pour atteindre ces objectifs, le développement des politiques énergétiques peut contribuer à faire baisser les émissions de particules. Le taux de concentration préconisé reste tout de même supérieur aux normes préconisées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui ne dépassent pas $10\mu\text{g}/\text{m}^3$.

1.8 MESURES PRISES À LIKASI

La ville de Likasi, comme les autres villes de la République Démocratique du Congo, manque atrocement de services compétents dans le traitement des déchets produits. Le seul service actif est la brigade d'assainissement dépendant de la mairie et des différentes communes.

Pour la présente étude, nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la quantité des déchets produits à Likasi, les mesures prises pour l'évacuation, le traitement et si possible la revalorisation.

Lors de notre passage au bureau de la brigade d'assainissement au sein du bâtiment de la mairie de Likasi, mis à part les petits outils de travail manuel, la brigade avait en sa possession une caravane motorisée comptant quatre camions bennes; trois camions vidanges dont deux en bon état et un en panne; une chargeuse et quatre motos poubelles.

Cette équipe motorisée est censée fonctionner en synchronisation avec l'équipe de l'entretien manuel (« les mamans Tengeneza ») chaque jour, y compris parfois les dimanches.

Les déchets sont collectés par l'équipe d'entretien manuel pour être entreposés en petits tas appelés « petits clandestins » disséminés partout au centre-ville mais aussi dans les différentes communes, à des places bien ciblées. Les immondices collectées sont ensuite transférées vers les dépôts de transit avec les motos poubelles. Le plus grand dépôt de transit est celui du site de Marlinza. Un autre dépôt de transit, parfois controversé, est celui situé au rail de l'arrêt central au centre-ville.

La destination finale dans ce circuit est le grand dépôt de Katuzembe. Les travaux d'évacuation des déchets vers ce site sont appelés « grands travaux ». Comme pour les dépôts de transit, le seul moyen de traitement des déchets ainsi collectés reste l'incinération avec tous ses inconvénients. Les déchets en question ici, sont des types ménagers et assimilés ou déchets municipaux qui sont constitués des ordures ménagères, des boues des différents résidus de l'activité humaine, des déchets d'espaces verts et des déchets en provenance d'administrations ou d'entreprises.

2 MÉTHODE ET MATÉRIEL

Notre étude s'est réalisée à Likasi une de ville de la RD Congo, dans la Province de Haut Katanga, avec une superficie de 235 km², située à 10°59'00" sud et 26°44'00" Est. Nous présentons ici les données obtenues lors de notre passage à la brigade d'assainissement de la mairie de Likasi. Elles concernent la quantité de tous les déchets collectés dans la ville sans distinction de catégories. En effet, les déchets ne sont pas catégorisés, comme ça se passe sous d'autres cieux.

Pour les travaux manuels, les déchets sont regroupés dans des dépôts clandestins au moyen du balayage à la main essentiellement par les ouvrières appelées « mamans Tengeneza ». Dans le tableau ci-après, les quantités sont exprimées en tonnes et elles couvrent à chaque fois une période d'un mois, pratiquement tout au long du deuxième semestre de l'année 2014 et le début de l'année 2015. (Du mois de Mai 2014 au mois de Janvier 2015).

Tableau 2. Quantités mensuelles d'ordures collectées après entretien des ménagères municipales

| (Période) Mois | Quantités des déchets collectés (en tonnes) |
|-------------------|---|
| Mai 2014 | 1000 |
| Juin 2014 | 700 |
| Juillet 2014 | 720 |
| Aout 2014 | 840 |
| Septembre 2014 | 140 |
| Novembre 2014 | 180 |
| Décembre 2014 | - |
| Janvier 2015 | 1060 |
| Total | 5000 |

Les résultats des activités de l'équipe d'évacuation vers la destination finale (Le site de Katuzembe) sont donnés dans le tableau suivant et exprimés en mètre-cubes. (Le volume étant plus facile à mesurer quand on n'a pas de balance pour ce genre d'activité).

3 PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTAT

Tableau 3. Les quantités d'ordures évacuées grâce aux engins vers le dépôt final en mètres-cubes

| Mois | Quantité de déchets évacués à chaque tour (en m ³) | | | | | | | | | | | | | | | Total | |
|------------|--|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Sept. 2014 | 3.18 | 6.91 | 5.87 | 7.19 | 8.47 | 1.03 | 6.91 | 20.73 | 27.64 | 6.81 | 6.84 | 6.91 | 6.91 | 10.73 | 10 | 136.13 | 9.08 |
| Oct. 2014 | 11.27 | 9.84 | 7.53 | 6.41 | 9.37 | 17.41 | 34.55 | 17.66 | 20.73 | 13.49 | 9.23 | 17.44 | 6.91 | 6.37 | 6.77 | 194.98 | 13 |
| Nov. 2014 | 8.13 | 10.73 | 9.84 | 4.32 | 7.43 | 13.02 | 5.64 | 17.31 | 6.31 | 23.3 | 9.83 | 6.91 | 5.43 | 8.21 | 5.39 | 141.8 | 9.45 |
| Déc. 2014 | 27.41 | 11.4 | 13.78 | 6.91 | 13.06 | 6.77 | 23.17 | 14.04 | 9.06 | 14.44 | 13.41 | 25.76 | 9.91 | 5.01 | 17.83 | 211.96 | 14.13 |
| Jan. 2015 | 13.81 | 11.42 | 6.23 | 9.99 | 21.71 | 26.17 | 13.82 | 8.41 | 7.03 | 11.24 | 9.33 | 5.97 | 8.71 | 14.46 | 10.77 | 179.07 | 11.94 |
| Totaux | | | | | | | | | | | | | | | | 863.94 | 11.52 |

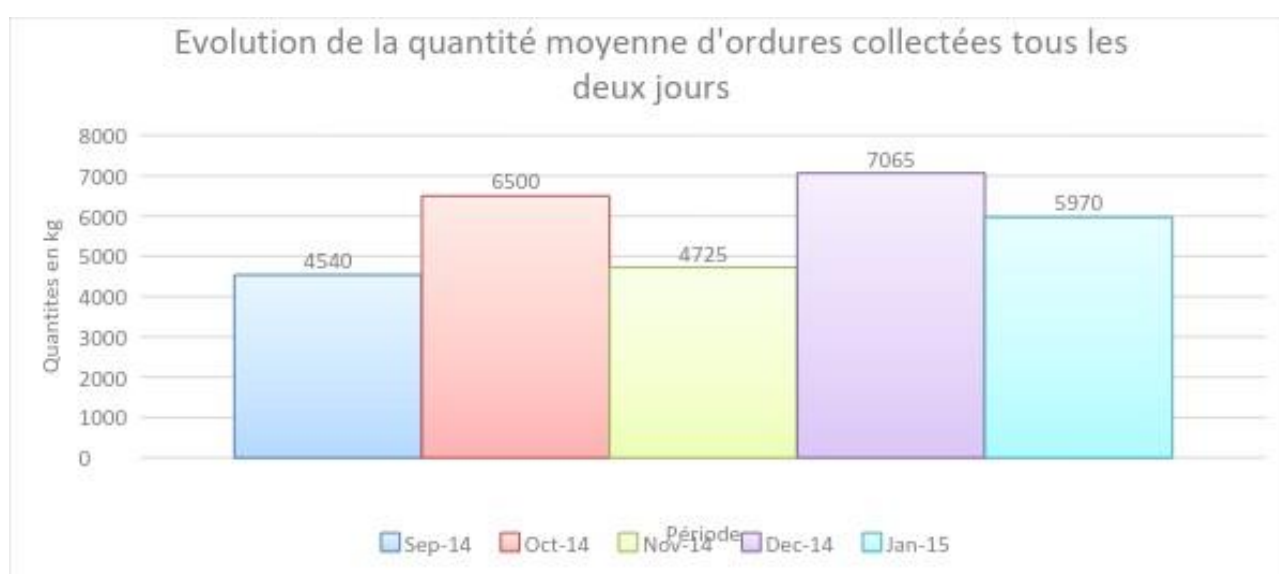


Fig. 2. Évolution mensuelle de la quantité d'ordures collectées et évacuées.

Comme on le constate bien, les quantités reprises dans nos tableaux ne sont que celles des ordures qu'on a pu collectées, en majeure partie, au centre-ville de Likasi. Si la mairie et les différentes communes avaient beaucoup plus de moyens et de stratégies de collecte efficaces, les quantités seraient encore plus grandes vu l'étendue de notre ville. Il nous est même difficile d'évaluer le nombre d'habitants qui sont concernés dans cette quantité de déchets. Une chose serait très intéressante dans cet état des choses: la revalorisation de ces ordures.

Nous avons, pour ce faire, essayer de trouver la constitution de nos déchets, en suivant les critères du rapport *ADEME, Déchets municipaux, les chiffres clefs - février 1998*. Pour déterminer la composition des déchets municipaux sur lesquels notre travail a porté, nous avons eu à prélever par la méthode de quartage un échantillon de 500 grammes d'ordures évacuées après compaction. Ci-après sont repris les résultats de l'analyse.

Tableau 4. La répartition des différents constituants des déchets ménagers

| Répartition par grande masse en % | | Répartition fine en % | |
|-----------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| Déchets putrescibles 160 | 32 % | Déchets putrescibles | 32 % |
| Papier carton 106 | 21,2 % | Papier | 10,2 % |
| Plastiques 102 | 20,4 % | Carton | 11 % |
| Verre 30,5 | 6,1 % | Plastiques | 20,4 % |
| Métaux 35,5 | 7,1 % | Verre | 6,1 % |
| Autres 66 | 13,2 % | Métaux | 7,1 % |
| Total 500 | 100 % | Incombustibles | 6,8 % |
| | | Combustibles divers | 3,2 % |
| | | Textiles | 2,6 % |
| | | Textiles sanitaires | 3,1 % |
| | | Complexes | 1,4 % |
| | | Spéciaux | 0,5 % |

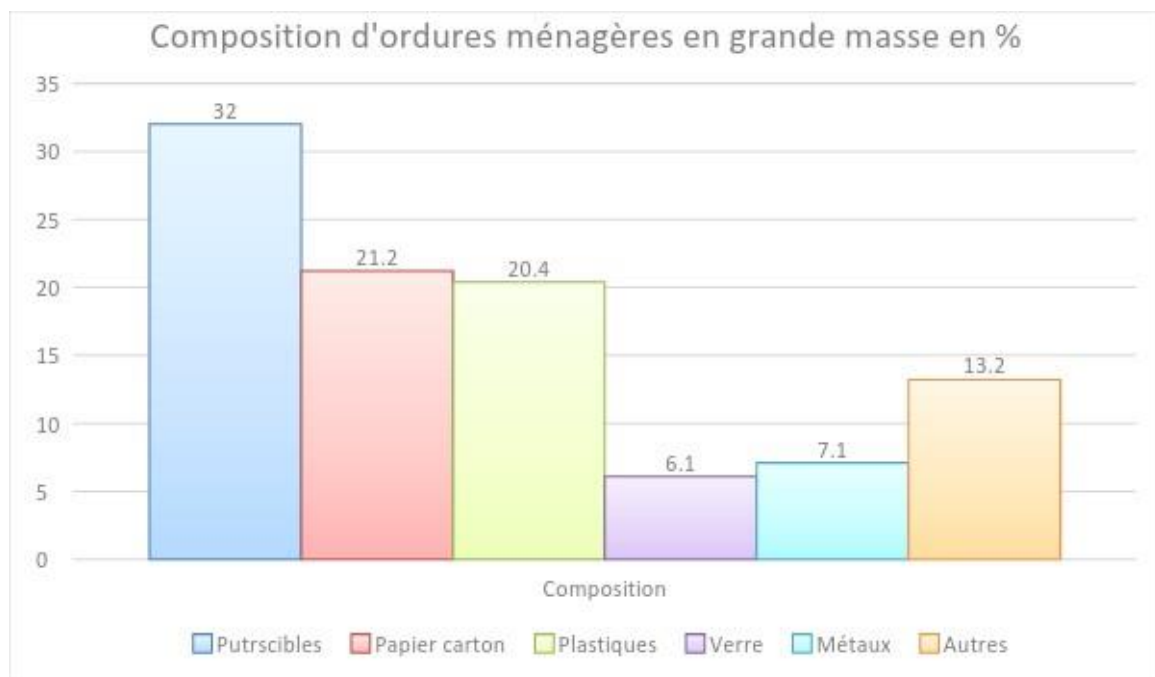


Fig. 3. Composition de grandes masses de l'échantillon d'ordure étudié.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS ET SUGGESTIONS

Au regard des résultats obtenus ci-haut sur l'échantillon analysé et les différentes considérations précitées, il est plus souhaitable de retraiter nos déchets car ils s'avèrent être une manne précieuse dans le domaine du recyclage. Mis à part les putrescibles, les papiers et la catégorie des autres déchets, les matières plastiques, les verres et les métaux sont les éléments les plus facilement recyclables. Les trois types de constituants représentent à eux seuls plus du tiers de la quantité globale des déchets municipaux.

Selon notre constat, le seul mode de traitement des déchets reste l'incinération qui est parfois accompagnée de l'enfouissement. Mais comme nous l'avons déjà vu, ces deux méthodes font certes disparaître les ordures de la vue mais comportent beaucoup d'inconvénients sur la santé humaine.

Les inconvénients les plus notoires sont dus à la pollution provoquée par la combustion de ces immondices et la contamination de la nappe phréatique. Ces méfaits touchent la personne en la rendant malade ou invalide et peuvent même affecter fortement le système de reproduction. Ces émissions peuvent être traitées par des mesures spécifiques, mais il n'en

demeure pas moins que nombre d'entre elles présentent un potentiel toxique pour les hommes et l'environnement. Les problèmes sont cependant différents selon les polluants.

Il s'agit des gaz, mise à part la vapeur d'eau on a: le dioxyde de soufre (SO₂) pour 2 % des émissions totales, et oxyde d'azote (NO_x) pour 4 % des émissions totales, de particules pour 2 % des émissions totales, de métaux (plomb, mercure, chrome, cuivre, nickel, arsenic, cadmium) pour 9 % des émissions et jusqu'à 40 % pour le mercure et le cadmium, de polluants organiques persistants tels que les dioxines ou les furanes (24,6 % des rejets totaux de dioxines).

Les effets nocifs de l'incinération sur l'environnement végétal, animal et sur la santé de l'homme (cancers, malformations congénitales, maladies respiratoires et cardiovasculaires) décrits dans la littérature ont permis d'élaborer des normes de plus en plus strictes, grâce auxquelles les émissions de certains polluants ont sensiblement diminué. Mais on ne parle ici que d'une trentaine de polluants identifiés comme pathogènes alors que d'autres nous sont probablement encore inconnus tant la variété chimique des déchets incinérés est vaste et que les effets de certains polluants identifiés n'ont pas encore été rigoureusement évalués.

L'accueil des déchets ne peut se faire qu'après analyses d'échantillons et contrôle des envois par un laboratoire sur site. Ces décharges accueillent notamment des résidus de la métallurgie et fonderies, des résidus de traitement de boues industrielles, des REFIO (résidus de fumées d'incinération des ordures ménagères) et des REFIDI (résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères), des résidus d'amiants fibreuses ou encore des déchets minéraux de traitement chimique.

Les décharges observées sur la ville de Likasi, ne tiennent en compte aucune catégorisation des déchets. C'est ainsi qu'il est plus dangereux de vivre dans les parages d'une décharge à Likasi. L'incinération pratiquée par moments pour ces déchets met en danger toute la population riveraine.

Pour réduire l'impact environnemental de ces produits, il faut les éliminer de façon adéquate. Les produits chimiques domestiques dangereux doivent être progressivement remplacés par des produits de rechange plus sécuritaires. Au nombre de ces produits plus sécuritaires, mentionnons entre autres les produits dits « verts » et les nettoyeurs maison. Bon nombre de pays développés ont des centres pour la récupération des produits chimiques domestiques au sein de grandes villes. Il n'est toutefois pas nécessairement facile pour les citoyens du tiers-monde d'accéder à de telles installations. Lorsqu'on vit dans ces régions, il est donc particulièrement important d'éviter de tels produits.

La stabilisation de ces déchets avant stockage relève de plusieurs techniques (solidification, vitrification, fixation physique ou chimique); cette étape est nécessaire pour minimiser les risques environnementaux et sanitaires liés au stockage des déchets dangereux. Il s'agit de sites à faibles niveaux d'émissions pour lesquels la surveillance environnementale et sanitaire pour les travailleurs, a surtout pour objet d'attester auprès des populations riveraines du respect des règles de fonctionnement et de la préservation de la qualité des milieux.

Dans l'idéal, le déchet devrait suivre le cycle ci-après:

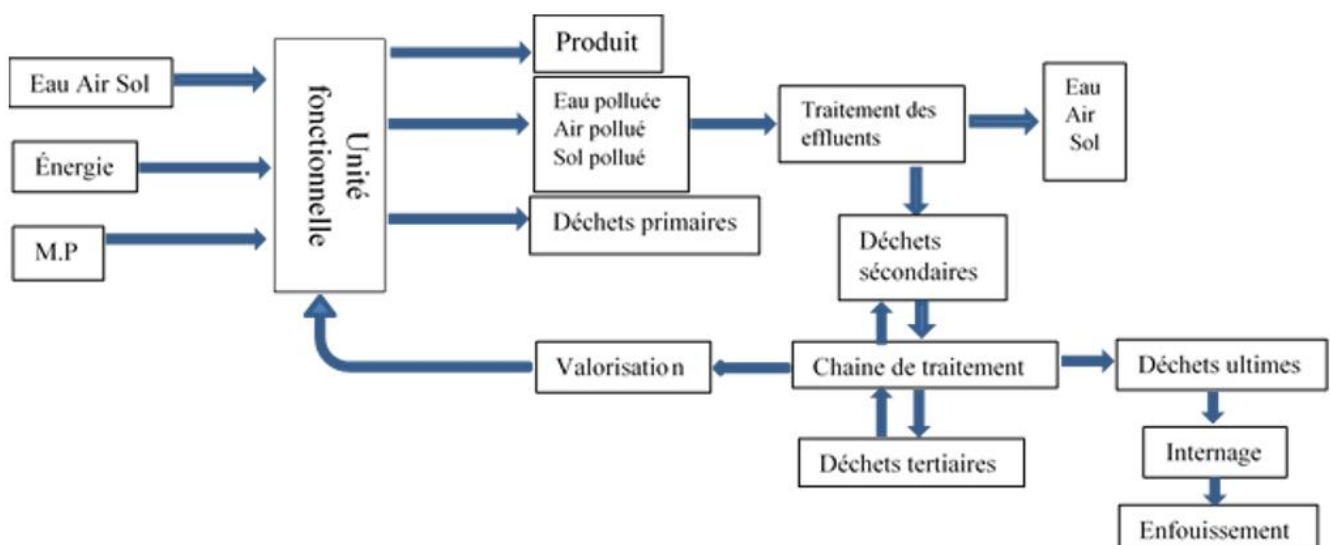


Fig. 4. Cycle de vie du déchet

5 CONCLUSION

La lecture des différents résultats auxquels nous avons abouti montre une situation assez alarmante au niveau de la ville de Likasi. Cependant, il suffit d'un peu de volonté et de moyens pour réduire les risques que présentent les méthodes de traitement d'ordures, jusqu'ici, utilisées par le service de la mairie et ses différentes communes chargé de l'assainissement.

En effet, sans conteste, le recyclage reste le seul moyen efficace dans cette lutte contre l'insalubrité publique. Très souvent, dans le mental du congolais et de l'africain en général, le recyclage est conçu comme une affaire des pays développés. Pourtant, nous pouvons bien bénéficier des avantages, non seulement dans le domaine de la bonne gestion des déchets, mais aussi du point de vue financier.

Parmi les éléments constitutifs de notre échantillon de déchets que nous avons analysé, il y a des éléments très faciles à récupérer et revaloriser. Il s'agit notamment des métaux, du verre, du plastique et dans une certaine mesure, du papier.

Avec seulement cette possible revalorisation, on gagnerait de tous les points de vue. Les matières putrescibles, qui sont constituées en grande partie des déchets verts, sont moins polluantes comme leur désintégration ne prend que peu de temps. Les seuls constituants inquiétants à ce niveau, sont les éléments de la catégorie « autres ». Le point positif avec ceux-ci, c'est qu'ils ne représentent qu'une petite partie de la quantité globale d'ordures évacuées.

Les gouvernants de notre pays doivent suffisamment s'impliquer dans ce processus comme ce domaine est à la charge de l'Etat. Au fait, pour la sécurité sanitaire de la population et la conservation des certaines infrastructures chèrement acquises, le gouvernement doit tout mettre en œuvre pour consolider cet état des choses. La vulgarisation des dangers que présentent les différents produits mis à la disposition de cette population s'avère aussi importante.

Ce qui est primordial, dans la collecte des déchets, est la sélection et la différenciation. Ceci demande la participation de tous. La population doit apprendre à différencier les différentes sortes des déchets et de savoir dans quelle poubelle les mettre. (Bien entendu, que le gouvernement pourvoie lesdites poubelles et se charge de la vulgarisation de cette façon de procéder.

REFERENCES

- [1] ADEME (1998). *Déchets municipaux, les chiffres clefs*. Tiré du site <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=29871&p1=00&p2=08&ref=12441>.
- [2] ADEME (2007). *Suivi de l'unité de prétraitement aérobique et des casiers de stockage des déchets du site de traitement de Mende*. Rapport de synthèse extrait du site <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/dechets/quoi-parler/prevention-gestion-dechets/traitement-dechets>.
- [3] Dotreppe-Grisard, N. (2022). *Déchets solides*. Notes de cours à la Faculté de Sciences appliquées, Université de Liège.
- [4] Gestion des déchets ménagers-Les cahiers du DD-Outil Complet (les cahiers-développement- durable.be)
- [5] Observatoire Régional de la santé Nord Pas-de-Calais (2010). *Environnement et santé publique*. France.
- [6] Philippe Chalmin, Cathérine Gaillochet (2009). *Du rare à l'infini: panorama mondial du déchet* ». Edit. Economica.

« *Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1 By Night* » à Kara au Nord-Togo: Des espaces publics entre loisirs et sexe, quelles implications géographiques ?

[« *Lufthansa, Ascko Terrain and Shell 1 By Night* » in Kara in North-Togo: Public spaces between leisure and sex, what geographical implications?]

Agbeyadzi Kossi

Laboratoire Pôle de Recherche et d'Expertise sur la Dynamique des Espaces et des Sociétés (PREDES), Département de Géographie, Université de Kara, Togo

Copyright © 2023 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 research analyzes the fun nightlife mainly around drink and sex in Lufthansa, Ascko terrain and Shell 1 and their socio-economic and environmental implications in the city of Kara in North Togo. From analytical observation of the field, the survey questionnaire, interviews and documentary research, we obtained scientific results linking space, leisure, sexuality and socio-economic development. The results show that Lufthansa, Ascko Terrain and Shell 1 are public leisure spaces, the busiest places in Kara every night throughout the year around the pleasure of drinking, playing, chatting, eating, to enjoy sex, to live and for good reason. For men, it's drowning marital worries, showing social success, or just getting on with life. When it comes to women, it's about surviving, building up businesses or it's a job just like any other. This entails, therefore, not only some economic advantages, namely the purchase of learning materials, installation of shops, workshops, bars or restaurants, financing of studies, construction of houses but also heavy social consequences. In particular exposure to sexually transmitted infections, social and family stigma and discrimination, particular pollution, theft, particular violence, assault, etc. The sustainability of the phenomenon is essentially ensured by the availability of «free women» and insatiable men. The phenomenon is now spreading to other public places in the city and even beyond.

KEYWORDS: Public space, Leisure, sexuality, social development, North Togo.

RESUME: Cette recherche analyse l'animation ludique nocturne principalement autour de la boisson et du sexe à Lufthansa, à Ascko terrain et à Shell 1 et leurs implications socio-économiques et environnementales dans la ville de Kara au Nord-Togo. A partir d'observation analytique du terrain, du questionnaire d'enquête, des entretiens et de recherche documentaire, l'on a obtenu des résultats scientifiques mettant en lien l'espace, loisirs, sexualité et développement socio-économique. Les résultats montrent que Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1 sont des espaces publics de loisirs, des lieux les plus animés à Kara chaque nuit tout au long de l'année autour du plaisir de boire, de jouer, de discuter, de manger, de jouir du sexe, de vivre et pour cause. Pour les hommes, c'est noyer les soucis conjugaux, montrer sa réussite sociale ou simplement faire la vie. Quant aux femmes, c'est survivre, constituer les fonds de commerce ou c'est un métier tout comme les autres. Ceci entraîne, de ce fait, non seulement quelques avantages économiques à savoir l'achat de matériel d'apprentissage, installation de boutiques, d'ateliers, de bars ou de restaurants, financement des études, construction de maisons mais aussi de lourdes conséquences sociales notamment les expositions aux infections sexuellement transmissibles, la stigmatisation et la discrimination sociale et familiale, des pollutions particulières, des vols, des violences particulières, des agressions, etc. La pérennité du phénomène est essentiellement assurée par la disponibilité des « femmes libres » et des hommes insatiables. Le phénomène s'étend aujourd'hui à d'autres lieux publics de la ville et même au-delà.

MOTS-CLEFS: Espace public, Loisirs, sexualité, développement social, Nord-Togo.

1 INTRODUCTION

« L'association entre loisir et développement social ne coule pas de source. Pourtant, le loisir s'avère un puissant outil de construction sociale et de lutte à la pauvreté sociale, un lieu de participation sociale unique. Si on réduit le loisir à la récréation, et le développement social à la lutte contre la pauvreté, le loisir ne fait pas très sérieux alors que la lutte à la pauvreté est une urgence. Pourtant, sur le plan des faits et des concepts, la synergie entre loisir et développement social est radicalement naturelle au Québec. S'il y a deux solitudes, il faut blâmer l'ignorance ou les préjugés. Pour comprendre et reconnaître cette radicalité du lien entre loisir et développement social, il faut revenir aux notions de base et à la réalité vécue sur le terrain dans les deux domaines » (Thibault André, 2011: 1)

Le loisir est un temps de récréation volontaire ou imposé par les circonstances de la vie. Dans le cadre de cette étude, il constitue un temps libre ou libéré par un individu pour se divertir, se détendre, se développer ou travailler autrement. Aujourd'hui, le loisir associé au sexe apparaît comme une représentation sociale qui conçoit le loisir non comme un temps libéré des contraintes professionnelles mais plutôt comme un temps de travail, un temps d'emploi ou simplement comme un emploi dans un monde où le chômage reste la chose la mieux partagée. C'est aussi l'activité faite au cours de ce temps. Cette définition relevant de la réalité de notre zone d'étude, bouleverse la théorie des loisirs de Dumazedier et s'oppose à la réalité du contexte occidental des années 1970 où les loisirs sont considérés comme « une conséquence du progrès technique et du développement industriel; bénéfique que la société toute entière retire des efforts consentis dans le travail » (M-F. Lanfant 1972, p. 15). Dans les années 1950, Friedman pose que le travail ne peut être le facteur principal de l'épanouissement humain mais qu'il doit être compensé par les loisirs (A.Thierry, 2000, p. 11). Or, dans notre contexte, c'est justement les loisirs et le sexe qui constituent le travail, donc le facteur par excellence de l'épanouissement humain de certaines catégories humaines à Kara (surtout les femmes). De ce constat, nous dégageons la question de recherche suivante *quelles sont les implications sociales, économiques et environnementales des attroupements ludiques et sexistes nocturnes à Lufthansa, Ascko et Shell1 dans la ville de Kara ?* L'objectif de cet article est d'analyser les animations loisireuses nocturnes autour du sexe et leurs implications socio-économiques et environnementales dans certains espaces publics de Kara. Le travail est structuré en deux parties: la première est consacrée à la description de l'espace étudié et la deuxième présente les résultats discutés.

2 ESPACE D'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Il s'agit de présenter l'espace public de loisir étudié et la méthodologie de recherche.

2.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'approche méthodologique de cette étude repose sur la méthodologie classique d'une recherche géographique et ethnographique: l'observation du terrain, la recherche documentaire, les entretiens et l'enquête par questionnaire.

L'observation a permis d'apprécier Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1 la nuit, les pratiques des clients et différents usagers de ces espaces, de prendre des photos avec l'appareil androïde Iteel P33 Plus dual camera et relever par GPS Garmin certains points dans la zone d'étude, etc. La recherche documentaire a, quant à elle, donné accès à la consultation des études antérieures sur les espaces publics de loisir. Il s'agit des travaux de Roux Sébastien, 2010; Thibault André, 2008; 2010 et 2011; Thierry Anne, 2000; etc. Le questionnaire d'enquête de terrain a pris en compte plusieurs acteurs en l'occurrence les clients de certains bars des lieux étudiés, les riverains de ces espaces publics, les pratiques, les appréciations des comportements des usagers et leurs implications socio-économiques. Il est administré, du 4 au 10 mars 2019, à 91 riverains et usagers nocturnes de Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1 (Carrefour Tomdè Shell 1)

Un guide d'entretien a permis de discuter avec 17 individus dont 9 « femmes libres » et 5 hommes usagers des lieux étudiés et 3 agents de police qui surveillent et sécurisent discrètement ces lieux la nuit. Les données collectées sont dépouillées manuellement et traitées conformément à l'objectif de l'étude. Les logiciels Word, Excell et ArcGIS 10.4 ont été utilisés pour la mise en forme du texte et des figures.

2.2 LE TRIANGLE « LUFTHANSA, ASCKO TERRAIN ET SHELL 1 », UN ESPACE MULTIFONCTIONNEL AU CENTRE-VILLE DE KARA

Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1 forment un triangle, un espace très important au centre-ville de Kara (figure 1). C'est un espace à double visage. Le jour, il a un triple rôle: centre commercial, centre administratif et centre des affaires. La nuit, il devient un espace de loisir et de sexe avec ses trois points chauds (Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1). C'est la situation à ces points chauds qui fait l'objet d'attention dans cette recherche. Cet espace couvre une superficie d'environ 2 km² et abrite quinze hébergements marchands avec près de 200 lits ou environ 300 place-lits.

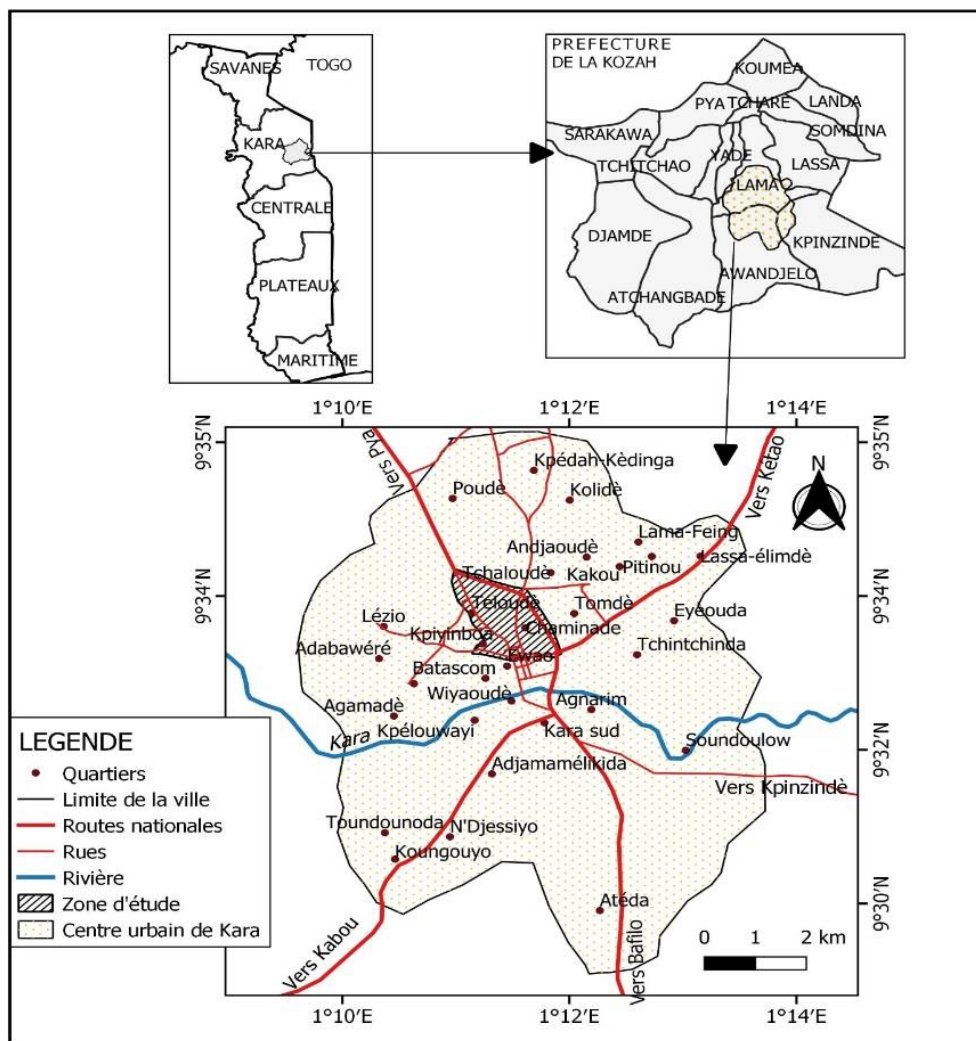


Fig. 1. Situation de la zone d'étude

Source: Fond de carte IGN 1986, adapté par l'auteur, 2020

L'espace d'étude occupe une place particulière dans l'espace urbain de la capitale régionale. C'est le plus ancien centre de commerce du sexe et de loisirs dédié à une clientèle nationale et internationale et le plus touristique. Il est au centre de Kara et jouxte deux artères économiques: Lomé –Sahel et Bénin/Ghana. C'est l'un des seuls endroits de la ville actuellement le plus animé de jour comme de nuit. Si cet espace désigne aujourd'hui un quartier de nuit, il s'agissait à l'origine d'un noyau originel de la ville coloniale allemande (1898-1914). On y voit le poste administratif colonial et les centres commerciaux allemands de l'époque encore visibles.

Cet espace attire ainsi de l'époque coloniale allemande et française un nombre croissant de investisseurs économiques. Plusieurs bars commencent à ouvrir leurs portes. Il en est de même pour des hôtels publics et privés, des banques, des marchés, des écoles, des restaurants, des ateliers, des boutiques, magasins... Initialement, les établissements d'hébergement marchand et les coins de loisirs de la zone ne proposaient pas de services sexuels ouvertement mais face à l'afflux massif des participants aux festivités d'Evala en pays Kabyè en juillet de chaque année s'est rapidement traduit par le développement d'un commerce de sexe et de loisirs que des établissements hôteliers et des débits de boissons ont progressivement et discrètement institutionnalisés.

En 1980 s'ouvrent ainsi les premiers bars autour de l'ancien marché de Kara et de l'hôtel Kara précédés par des magasins européens, des banques, des ateliers, des boutiques, des écoles, des églises, des mosquées, des centres de soins, etc. On y voit aujourd'hui 90 bars (débits de boissons), huit succursales d'institutions financières dont la Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO), quinze établissements d'hébergements marchands formels, plus de 150 ateliers d'artisans,

l'ancien 2^e grand marché (toujours opérationnel) du Togo, quatre gares routières de bus interurbains, près de 40 restaurants, trois centres de santé dont deux privés, trois pharmacies, six établissements scolaires dont deux universités privées en l'occurrence l'Institut Supérieur de Management Adonai et le Centre Informatique et Bureautique-INTA, le siège régional du parti présidentiel Union pour la République, des grillades de porcs, poulets, pintades, de bœufs, de moutons, d'ânes, de chiens, etc. Les rues sont étroites mais restent les mieux bitumées de la ville.

L'abondance des équipements socio-collectifs dans la zone d'étude le prédispose au développement et à la consommation nocturne du sexe et des loisirs. Le développement du quartier s'accélère. Les espaces réservés de certains bars et hôtels se retrouvent plus particulièrement dédiés aux spectacles de nudité et aux live shows et attirent une importante clientèle masculine, encouragée par le développement de la présence des agences de voyages, des taxis-motos, des professionnels du sexe faisant le trottoir.

Trois points chauds sont pris en compte dans cette étude. Il s'agit de Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1. Ces points sont hétéroclites mais un espace en réalité fortement organisé et rationalisé. Ils ne sont pas exclusivement réservés aux loisirs et au sexe mais proposent, en plus des établissements où le sexe se négocie autour d'un pot (bière), une multitude d'offres commerciales: restaurants, échoppes, bars, artisanat, salons de coiffure et de tresse, mais aussi banques, agences de voyages, épicerie, cliniques, supermarchés et même pharmacies. Plus qu'un espace dédié à la consommation de loisirs et sexe, Lufthansa, Ascko Terrain et Shell 1 apparaissent davantage comme des espaces publics dédiés au commerce, dont les loisirs et la négociation et la consommation du sexe les nuits ne seraient qu'une modalité.

Lufthansa, Ascko Terrain et Shell1 constituent les principaux coins chauds commerciaux nocturnes de Kara. La nuit, ces coins débordent d'animations ludiques. En plus des boutiques spécialisées qui proposent toutes sortes de produits, ce quartier abrite également de nombreuses succursales de célèbres magasins de détail ainsi que plusieurs galeries commerciales. Les échoppes de rue se succèdent. Ce triangle constitue également la principale zone commerciale et de divertissement de Kara. Les visiteurs adeptes du shopping trouveront un vaste choix de boutiques, supermarchés et galeries marchandes qui regorgent de bijoux, pierres précieuses, antiquités, céramiques, accessoires en cuir, vêtements, produits artisanaux, appareils électroniques, appareils photos, outils et instruments informatiques, etc. Ainsi, tout est organisé afin de promouvoir l'aspect commercial de Kara en s'appuyant sur l'existence du marché de nuit pour évoquer, sans le faire savoir, l'aspect sexuel nocturne du quartier. Mais si l'espace est commerçant, son image reste avant tout associée au sexe tarifé et à la possibilité de monnayer des services sexuels spécifiques organisés clandestinement.

Tout un ensemble de relations sexuelles commerciales se déroulent de manière moins explicite au sein des nombreux « espaces récréatifs » qui caractérisent le quartier. Par espace récréatif, nous désignons ici les établissements qui, s'ils ne proposent pas d'offres sexuelles directement tarifées, facilitent la réalisation des rencontres potentiellement intéressées par la rétribution de services sexuels. Il s'agit le plus souvent de restaurants, de bars ou de discothèques dans lesquels les visiteurs nationaux ou étrangers rencontrent des jeunes femmes venues passer la soirée. Les relations qui s'y déroulent apparaissent comme particulièrement révélatrices des enjeux qui traversent la sexualité commerciale dans le tourisme. Même si elles sont traversées par l'intérêt économique et social, elles ne sont pas systématiquement rémunérées en espèces. Elles facilitent le développement de relations affectives (E. Cohen, 1986, p. 115; S. Roux, 2010, p. 15). Par exemple, les serveuses des bars sont régulièrement invitées et séduites par des visiteurs avec qui elles peuvent entretenir ou entretiennent des liens sexuels et/ou affectifs, d'une durée variable et dont elles tirent bénéfices. Elles sont pourtant absentes de la majorité des discours sur la sexualité commerciale et n'apparaissent qu'épisodiquement dans les analyses sur le tourisme sexuel (S. Roux, 2010, p. 14).

La fréquentation régulière des bars et certains trottoirs du quartier a permis d'accéder discrètement à des échanges entre des couples occasionnels. Ce sont des espaces publics du centre-ville de Kara qui cherchent à séduire et à fidéliser une clientèle jeune venant de la ville et de ses périphéries. On y voit des tables disposées accueillant les buveurs, qui consomment bières et cocktails en compagnie de jeunes dames d'origine professionnelle diverse (couturières, coiffeuses, tresseuses, commerçantes, étudiantes, élèves, etc). Lufthansa, Ascko Terrain et Shell1 se remplissent progressivement à partir de 19h 30 (Figures 2, 3 et 4) et se retrouvent finalement surchargés les weekends. Les lieux se vident entre 4 h et 5 h du matin. Le phénomène a tendance à s'étendre au-delà du centre-ville pour les quartiers périphériques de la ville et même s'internationaliser au Bénin, au Burkina Faso, Niger et au Mali.

Nombreux sont les motifs des visiteurs de ces points chauds nocturnes du centre-ville de Kara. Les principaux sont entre autres le plaisir de boire, de se détendre ou de se divertir, de montrer sa réussite sociale, de se prostituer ou de consommer le sexe suivant des raisons diverses, de rencontrer des amis, de discuter affaires, divertir sa famille, faire découvrir la vie sociale à ses progénitures, éduquer ses enfants par rapport aux logiques sociales en crise avec les valeurs éducatives et culturelles endogènes, etc. L'analyse de ces motifs recensés sur le terrain permet d'apprécier les implications de la consommation des espaces publics pour les loisirs et le sexe dans le centre-ville de Kara. Ces visiteurs sont d'origine géographique diverse. Il s'agit des citoyens de Kara, des citoyens des communes environnantes, des transporteurs routiers en transit ou non, des Béninois,

des nigériens, Burkinabés, Maliens, des togolais venant d'horizon divers surtout de Lomé, des occidentaux en visite à Kara, des Ghanéens et des Ivoiriens, etc.



Fig. 2. Station shell 1 Kara: début d'ambiance nocturne

Source: Agbeyadzi K., vue prise le 5 juin 2021



Fig. 3. Vue partielle nocturne de l'ambiance à Ascko Terrain

Source: Agbeyadzi K., vue prise le 5 juin 2021



Fig. 4. *Vue partielle nocturne de l'ambiance à Lufthansa*

Source: Agbeyadzi K., vue prise le 5 juin 2021

Les figures 2, 3 et 4 montrent une vue partielle des débuts des ambiances nocturnes des trois principaux territoires de loisirs du centre-ville de Kara au Togo.

3 LOISIRS PAR LE SEXE AU CENTRE-VILLE DE KARA: QUELLES IMPLICATIONS ?

Cette rubrique expose les implications socioéconomiques et environnementales de la jouissance des loisirs et du sexe dans les espaces publics du centre-ville de Kara.

3.1 LES IMPLICATIONS SOCIOÉCONOMIQUES

Les implications sociales sont à la fois positives et négatives. Elles vont des problèmes sociaux récurrents aux avantages des acteurs impliqués.

3.1.1 LES AVANTAGES DES LOISIRS PAR LE SEXE DANS LE CENTRE-VILLE DE KARA

D'après les enquêtés, la consommation du sexe ou sa marchandisation regorge beaucoup d'avantages. Elle est reconnue comme sources de revenu intervenant dans la scolarisation et l'apprentissage des jeunes, création d'ateliers et d'achats des outils du métier appris, soutiens aux proches en difficulté, des possibilités de mariage et de concrétisation du rêve de vivre un jour en occident, plaisir, divertissement (filles ou femmes).

Antoinette, jeune dame de 27 affirme ceci: « je suis couturière de formation; grâce à mes sorties nocturnes depuis quatre ans, j'ai eu des partenaires gentils qui m'ont aidé à ouvrir mon atelier et à payer trois machines à coudre, recevoir des cadeaux de sacs, des vêtements et même inscrire ma sœur cadette dans une université privée de la place...en tout cas, je suis heureuse de me faire plaisir par le sexe tout en gagant de l'argent. Le sexe ne finit pas; je vais continuer à l'utiliser jusqu'à ma mort...De ma naissance jusqu'à 23 ans, ce que je n'ai jamais réussi à faire dans ma vie surtout au foyer, je l'ai fait en quatre ans dans mes sorties nocturnes. Quand la saison est dure ici, je me rends parfois au Bénin ou au Burkina Faso ».

Quant à Jean, 38 ans, il s'agit de faire la vie, se détresser, noyer un peu les ennuis et les routines quotidiens. « Mon frère, si tu veux te contenter de ta femme seule... avec caprices qu'elles font souvent là, tu vas mourir par crise cardiaque donc de temps en temps il faut sortir un peu. Et puis si tu réussis un peu dans la vie et tu ne fais pas ça là, tu ne seras pas expérimenté et heureux dans la vie; le sexe est un loisir tout comme un quelconque jeu, sport, danse, musique, lecture, cinéma, football, ballade, nage... ».

Ces déclarations montrent que le loisir (par le sexe) est source d'emploi ou de travail, de développement social, d'affirmation de soi, de prestige social, d'estime de soi et de bien-être social; ce que semble confirmer Thibault André en ces termes.

« On ne s'étonne donc pas que le loisir, qu'il soit jeu, sport, art ou activité physique et sociale, soit tantôt un outil, tantôt un instrument de la vie personnelle, communautaire et familiale. Le match de soccer de son enfant prend l'envergure d'une expérience familiale; le festival de quartier est vécu comme une expérience communautaire; le parc devient une place publique. Un groupe d'entraide aménage des temps de loisir essentiels au développement du sentiment d'identité, de solidarité et d'appartenance de ses membres. Bref, le loisir est devenu un lieu de participation sociale, accessible et porteur de richesses personnelles et collectives (André Thibault, 2011, p.2) ».

Ce point de vue bouleverse la théorie des 3D (Délassement/Détente, Divertissement et Développement) de Dumazedier Joffre qui définit les principales fonctions du loisir. La détente, réparatrice des détériorations physiques ou nerveuses issues des tensions résultant des obligations quotidiennes du travail, délivre de la fatigue. Le divertissement délivre, quant à lui, de l'ennui et du stress. La fonction de développement de la personnalité du loisir restaure le travailleur des automatismes de la pensée et de l'action quotidienne (J. Dumazedier, p. 26-27; A. Thierry, p. 14). Le loisir qui représentait la récompense du travail bien fait et la satisfaction des autres obligations de la vie est devenu à la fois un facteur de la qualité de vie et même un temps fort de cette vie ainsi qu'un instrument de la santé et de la richesse physique et sociale des personnes et des collectivités. Le loisir s'oppose moins au travail, qu'on veut maintenant de qualité. Il est plutôt facteur d'équilibre, de ressourcement, de retour vers soi, sa famille, sa vie personnelle et ses communautés d'appartenance. Dans cette optique, le loisir n'a plus principalement la signification morale de repos ou de plaisir bien mérités. Il est au cœur du droit au bonheur. À ce titre on ne peut refuser aux moins nantis et aux chômeurs, par exemple, le droit aux vacances. L'absence de loisir est donc une forme de pauvreté (Thibault, 2010, p.6).

3.1.2 LES RISQUES LIÉS AUX LOISIRS SEXUELS NOCTURNES AU CENTRE-VILLE DE KARA

Les risques liés aux loisirs sexuels sont multiples et variés. Ils n'apparaissent pas au même moment. D'après les enquêtés, ils sont sociaux, psychologiques et physiques. Presque tous les enquêtés (98%) reconnaissent les risques liés aux loisirs sexuels. Il s'agit du point de vue des enquêtés, de l'insomnie, de l'anxiété, des dépressions, de faible estime de soi, de phobies, de dissociation, d'insensibilité née des violences sexuelles répétées, d'addiction à l'alcool et à la drogue, du suicide, de stigmatisation sociale, d'incapacité professionnelle (incapable de faire autre chose que le métier du sexe) etc. Socialement, physiquement et médicalement, il y a risque de contamination des infections sexuellement transmissibles, de cancers, de SIDA, de grossesses non-désirées, d'infections de la vessie, de cystites à répétitions, d'hépatite, d'infections broncho-pulmonaires, d'arthrite, de fibromyalgie, d'anorexie et ou boulimie, de déficience alimentaire, de blessures vaginales ou anales, d'incontinence urinaire ou intestinale, de coups et blessures sur le corps. Il y a également le risque de traumatisme lié à la peur quotidienne des anciens clients, des proxénètes, d'être dévoilé aux proches, enfants, conjoints ou ex-amis ou parents, retour des souvenirs traumatisants, des cauchemars, difficultés de trouver un emploi ou de se marier, etc.

Ces risques sont lourds pour la prostituée à en croire les déclarations rapportées par la Concertation des Luttes contre l'Exploitation Sexuelle (CLES, 2020, p. 1):

« Un homme te paie pour te pénétrer et après celui-ci un autre, et encore un autre. Tu te sens réduite à tes orifices. Ils te pénètrent avec leurs mains, des objets, leurs pénis. Tu deviens leur objet. Comme une poupée programmée, tu dois montrer que tu aimes cela même s'il te déchire et que cela te fait mal. Tu n'as pas le droit de te plaindre, un objet ne peut ressentir des émotions sauf celles qui sont programmées par le client qui achète l'objet. Donc, tu dois leur montrer qu'ils sont les meilleurs, si tu ne le fais pas tu risques d'être battue puisque tu viens de les blesser dans leur orgueil d'homme. De plus, s'ils sont insatisfaits ils peuvent demander un remboursement comme un objet qu'on retourne au magasin pour insatisfaction de la marchandise ». Gyna;

« J'ai beau refuser tout ce que je juge dégradant et tout client qui ne parle pas ou ne me traite pas avec respect au téléphone ou en personne, il reste que je sais maintenant à quel point, sans que je ne m'en rende compte, avec le temps, le travail du sexe a miné mon estime personnelle et ma confiance en moi et ce, même si j'ai les meilleures notes à l'université. On en vient à sentir que l'on ne vaut pas mieux que ça ». Anonyme.

3.2 LES IMPLICATIONS ENVIRONNEMENTALES

Les gérants et promoteurs des bars, auberges, hôtels, restaurants de rue, kiosques, boutiques et maquis; des vendeurs de brochettes de porcs, pintades, saucisses, poulets affirment avoir fait des aménagements de leurs établissements face à la demande des clients de plus en plus nombreux et exigeants en termes de qualité de service et de prestation dans un espace

soumis à de rudes concurrences. Ainsi, 72% des enquêtés ont renouvelé leurs équipements de sonorisation; 87% affirment avoir changé les tables et chaises et réhabilité des locaux. Ces aménagements ont rendu le quartier chic et entraîné l'affluence de la clientèle, par ricochet, l'augmentation du chiffre d'affaires et le recrutement de nouveaux travailleurs. Des maisons sont vendues ou modifiées en bars, restaurants ou en hébergements marchands. Les populations résidentes se délocalisent et se font remplacer par de nouveaux acquéreurs plus nantis. On assiste à un début de *gentrification*. Les résidents se plaignent de la pollution sonore nocturne liée à la sonorisation des bars du quartier. On voit dans les ruelles du quartier, des préservatifs masculins et féminins usagés le long des clôtures ou sous des arbres bordant ces ruelles.

4 CONCLUSION

En somme, cette recherche met en relief la description de trois espaces ou territoires particuliers (Lufthansa, Ascko Terrain et Shell1) du centre-ville de Kara et les pratiques de loisirs qui s'y déroulent particulièrement autour du sexe négocié, affectif, relationnel, commercial ou tarifé. Ces espaces sont interdépendants et permettent d'offrir aux visiteurs une pluralité d'expériences qui explique la diversité des publics. En plus des hommes et femmes consommateurs de loisirs autour du sexe auxquels on réduit trop souvent ces territoires, on retrouve ainsi au centre-ville de Kara, des femmes, des hommes, des familles, des touristes, des jeunes, des étrangers, des adultes, etc, qui viennent se divertir selon des modalités spécifiques.

Bien que le quartier est réputé zone de prostitution nocturne tarifée à Kara, il faut y noter la complexité des relations et échanges. On y distingue ainsi une diversité de conduites et de pratiques. Le commerce en général s'y pratique mais la marchandisation féminine de la sexualité est une caractéristique non négligeable.

L'analyse des trois territoires du centre-ville de Kara révèle bien que les loisirs par le sexe intègre bien la sexualité féminine dans les biens consommables de la ville. Le quartier appelle à s'interroger sur les unions, les affections ou les représentations croisées qui rendent possible les échanges, les interactions et le paiement ou la consommation d'un service sexuel. L'analyse du quartier interroge la diversité des biens qui s'échangent, les circulations locales ou internationales qui les encadrent ou les modes de rémunérations financiers, matériels ou symboliques qui expliquent le succès et la reproduction des relations sexuelles tarifées ou non aux conséquences à la fois positives et négatives à dominance négative apparemment qui les caractérisent. Il convient de faire remarquer que le sexe négocié ou tarifé autour du loisir de boire, de se distraire, de se détendre, de se divertir, de causer avec un ami ou trouver un partenaire pour s'offrir quelques folies, etc, remet en cause le fondement classique même du loisir pour en faire un travail rémunéré, source de développement social à risque. Cette mise en question du rôle et fondement historique et classique du loisir invite à relancer le débat sur le rôle et sens du loisir dans un monde actuel où l'intelligence artificielle prend le pas sur les humanités, où danser, jouer, boxer, chanter, courir, sauter, grimper, promener, assister, réciter un poème, etc, deviennent du travail rémunéré.

REFERENCES

- [1] Cohen Erik, 1986, Lovelorn Farangs: The Correspondence between Foreign Men and Thai Girls. *Anthropological Quarterly* Vol. 59, No. 3 (Jul., 1986), p. 115-127; Published By: The George Washington University Institute for Ethnographic, 13 p.
- [2] Concertation des Luttes contre l'Exploitation Sexuelle, 2020, La prostitution en jeu. <https://tablejeunessevpp.org/doc/trousse/Consequences-de-la-prostitution.pdf>; 3p.
- [3] Dumazedier Joffre, 1962, « Vers une civilisation du loisir », Paris, Seuil, p. 1- 248.
- [4] Lanfant Marie-Françoise, 1972, « Les théories du loisir », Paris, PUF, p. 1- 54.
- [5] Rakibi Sabine, 2020, « Exposé sous le thème prostitution cas du Maroc », 16 slides. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjX_dz8yL_9AhULUcAKHdoxBvkQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fd1n7iqsz6ob2ad.cloudfront.net%2Fdocument%2Fpdf%2F53bce22323d91.pdf&usg=AOvVaw0i8HFoBcDoPpwrpWpMZTE.
- [6] Roux Sébastien, 2010, « Patpong, entre sexe et commerce. », in: *EspacesTemps.net*, Travaux, 23.03.2010 <http://www.espacestems.net/articles/patpong-commerce>.
- [7] Thibault André, 2008, Le loisir public et civil au Québec, dynamique, démocratique, passionnel et fragile, Presses de l'Université du Québec, 256 p.
- [8] www.puq.ca/catalogue/livres/loisir-public-civil-quebec-878.html.
- [9] Thibault André, 2011, Loisir et développement social: c'est du sérieux ! Bulletin de l'Observatoire québécois du loisir – Volume 8, n°16, 3p. www.uqtr.ca/oql; in *Développement social*, Vol.11 n°1, mai 2010, pp 6-7.
- [10] Thibault, André, 2010, Loisir et développement social: c'est du sérieux! *Revue Développement social*, 11 (1), 6-7.
- [11] Thierry Anne, 2000, « Etat des lieux des travaux relevant de l'anthropologie du tourisme »; volume 1, rapport de synthèse, bibliographies Annexes, Paris, 269p.

Les NTIC face au développement de la communauté rurale: Cas de la cité de Katanda au Kasai Oriental

[NICTs facing the development of the rural community: Case of the city of Katanda in Kasai Oriental]

Kalala Kabamba Marcel^{1,2}, Mutombo Muanabuta Félicien³, Tuenda Mbombo José⁴, and Mukendi Kadima Pierre⁵

¹Assistant 2, Département d'informatique, ISP Katanda, RD Congo

²Faculté des sciences agronomiques, Université Protestante au Coeur du Congo, Mbujimayi, RD Congo

³Assistant 2, ISP Katanda, Département d'informatique, ISP Katanda, RD Congo

⁴Assistant, ISP Katanda, Département de biologie, ISP Katanda, RD Congo

⁵Assistant, ISP Katanda, Département d'informatique, ISP Katanda, RD Congo

Copyright © 2023 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 article presents a perspective according to which, how New Information and Communication Technologies (NICT) can participate in the development of the rural community of Katanda on the economic, agricultural, medical and educational levels. Given that New information and communication technologies have a great influence on said development, this research exhibits in a simple way the means and procedures for supervising the population of the city of Katanda on the responsible use of new information and communication technologies in the purpose of making this development effective.

KEYWORDS: numeric, alphabetic, platform, progress, radiophony, technologic innovation.

RESUME: Cet article présente une perspective selon laquelle, comment les Nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) peuvent participer au développement de la communauté rurale de Katanda sur les plans économique, agricole, médical et éducatif. Etant donné que les nouvelles technologies de l'information et de la communication ont une grande influence sur ledit développement, cette recherche exhibe de manière simple les moyens et procédures d'encadrement de la population de la cité de Katanda sur l'utilisation responsable des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans le but de rendre effectif ce développement.

MOTS-CLEFS: numérique, télémédecine, alphabétisation, plateforme, progrès, radiophonie, innovation technologique.

1 INTRODUCTION

Pendant plusieurs décennies, la communauté rurale vivant dans la cité de Katanda a été victime d'une insuffisance communicationnelle, cela était dû à son inaccessibilité aux ressources informatiques. Mais les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) ont révolutionné presque tous les aspects de la vie privée et professionnelle de cette communauté.

Le développement technologique de la cité de Katanda nécessite un renforcement de capacité d'un nombre croissant de sa population et autres acteurs sur l'utilisation des NTIC.

Par ailleurs, dans le domaine de l'éducation, l'enseignement des TIC doit être privilégié dans toutes les écoles de la place afin d'initier les jeunes et futurs responsables à s'imprégner des nouvelles connaissances sur l'usage correct et responsable des nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) telles que les ordinateurs, l'Internet, le GPS; la téléphonie mobile [1],... puisque notre investigation sur terrain stipule que $\frac{3}{4}$ d'écoles de la cité de Katanda n'accordent pas beaucoup d'importance à l'enseignement des TIC comme prévoit le Programme National de cette Discipline.

Les causes sont le manque d'enseignants qualifiés dans le domaine des NTIC et le manque d'équipements nécessaires pour les apprentissages.

A cet effet, le manque d'informations nécessaires sur l'utilisation des NTIC de la part de la communauté rurale de Katanda, constituant ainsi un frein au développement, nous a motivé dans la mise à la portée de nos lecteurs et chercheurs le présent article.

Pour mener à bon port cette présente étude, nous avons entrepris la démarche suivante:

- Expliquer en présentant l'utilité d'utiliser les NTIC pour arriver au développement de la communauté rurale dans les domaines éducatif, agricole, économique et médical;
- Proposer la procédure à utiliser pour parvenir à informer et former cette population à manier les NTIC

La réalisation de cet article a été rendu possible grâce à la méthode documentaire, nos contacts sur terrain tout en exploitant les différents ouvrages publiés par d'autres chercheurs qui ont abordé eux aussi dans le même sens afin d'acquérir d'une théorie nécessaire.

Ce faisant, cette recherche met l'accent sur l'importance des NTIC face à la communauté rurale¹. l'apport des NTIC au développement de la communauté rurale.

Cette étude mérite tout son pesant d'or car l'usage des NTIC est très répandu et personne ne peut s'en passer [2].

2 IMPORTANCE DES NTIC FACE A LA COMMUNAUTE RURALE

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication ont une influence croissante sur la façon dont l'information est divulguée et obtenue par la communauté rurale. Commençons par la radiophonie qui était utilisée pour fournir aux villageois une information cadrant avec le domaine de tout un chacun. Ensuite, la télévision s'est transformée en un important outil de divulgation de l'information et récemment, les NTIC dont l'application holistique au développement suscitent une attention particulière.

Les progrès de la technologie moderne de l'information, y compris les ordinateurs, les réseaux, la télémédecine, l'Internet, la télédétection, le GPS, les systèmes d'information géographique, ainsi que la technologie des communications sans fil peuvent amener la communauté rurale à être à jour dans le but de se développer [3].

La communauté rurale peut rendre sa vie aisée grâce aux NTIC et cela dans presque tous les secteurs, entre autres: agricole, économique, éducatif et médical.

2.1 SECTEUR AGRICOLE [4]

Les TIC peuvent constituer un soutien en leur permettant d'accéder à une information relevant des catégories suivantes qui couvrent l'ensemble du processus de production agricole:

2.1.1 ACHAT D'INTRANTS ET COMMERCIALISATION DE PRODUITS AGRICOLES

Les NTIC favorisent l'accès à l'information commerciale en temps réel et facilitent le contact avec d'autres parties prenantes tout en assurant l'acquisition des intrants agricoles de qualité à des prix compétitifs [5].

¹ Dans la suite de cet article, si aucune confusion n'est à craindre, le mot communauté rurale désignera la communauté rurale vivant dans la cité de Katanda.

2.1.2 INFORMATION STRATÉGIQUE

Les NTIC peuvent fournir une information relative aux pratiques culturelles telles que aménagement et préparation des terres, déterminer la qualité adéquate d'intrants, fournir l'information climatique [6],...

2.1.3 LE PAIEMENT MOBILE

Les applications, comme M-Pesa et Orange-money, permettent d'offrir aux populations non bancarisées, souvent majoritaires parmi les agriculteurs de Katanda, des moyens de paiement sécurisés, ce qui évite le risque de parcourir de longues distances avec des sommes importantes en espèces et donne également accès à d'autres services financiers: épargne, assurance...

2.1.4 LE CRÉDIT

Besoin particulièrement important pour les producteurs (crédits de campagne et investissements) et souvent cité comme l'un des principaux freins au développement agricole en raison de la réticence des banques congolaises à financer l'agriculture. Les nouveaux outils qui cherchent à régler ce problème sont à la fois des outils de gestion du risque et des plateformes de banque mobile (M-Pesa en partenariat avec Equity-BCDC par exemple)

2.1.5 L'ÉPARGNE

La capacité à épargner est essentielle pour les producteurs agricoles en raison de la saisonnalité de leurs revenus. Les applications de paiement par la « banque mobile » proposent généralement ce service.

2.2 SECTEUR ÉDUCATIF

Hormis la mission pédagogique qui lui a été allouée, l'école doit contribuer en plus, au bien-être social, participer activement à la démocratisation du savoir et soutenir le développement des industries de la connaissance [7]. Pour se faire, elle doit mettre l'accent particulier sur l'apprentissage des NTIC en vue de faciliter aux apprenants d'être sur le qui-vive en science; initier l'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) et l'utilisation des NTIC de manière adéquate et responsable [8]. Outre ce qui précède, les NTIC facilitent aussi les transferts des frais de scolarité, l'alphabétisation, l'accès à l'internet mobile, implantation possible d'applications et logiciels spécifiques dans les téléphones intelligents (Smartphones), les coopérations entre les élèves villageois et le monde extérieur en temps réel [9].

2.3 SECTEUR ECONOMIQUE

Grâce à d'importantes innovations technologiques, l'économie rurale ne cesse de croître car les petites entreprises qui utilisent les NTIC ont un pourcentage à remettre aux trésors publics, les impôts, la taxe etc. (Réseaux de télécommunication, les agences de transfert d'argent,...). Avec l'arrivée du numérique, l'activité des collectivités locales s'élargit et se simplifie [10]. Des nouvelles missions leur sont confiées en matière d'infrastructures, de service et usages [11],... La gestion informatisée de la chose publique est l'un des grands progrès économique [12].

2.4 SECTEUR MÉDICAL

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) connaissent, depuis plusieurs décennies, un développement rapide [13]. Le secteur de la santé, en particulier, a vu se multiplier de très nombreuses applications. Grâce au numérique, la décision médicale et paramédicale est rendue plus fiable et sûre, grâce à des outils permettant la diminution des risques d'erreur ou de retard au diagnostic et augmentant la fiabilité et la sûreté globale des processus [14]. La télémédecine (télédiagnostic, télésurveillance, télé-encadrement, télé-chirurgie...) modifie en profondeur les pratiques médicales et la relation entre le praticien et son patient. Les patients sont rendus plus autonomes et gèrent leur propre santé, à travers des solutions digitales leur permettant de suivre leur maladie et d'interagir avec le système de soins (applications mobiles, chatbots appuyés sur l'intelligence artificielle, prises de rendez-vous en ligne, etc.). L'e-santé (informations et prestations sur le net, gestion en ligne des dossiers médicaux...) offre aux praticiens et aux patients, des sources d'information et des services nouveaux [15]. Comme le cas de l'épidémie de Covid-19 qui a permis le développement de nombreuses solutions de téléconsultation et a mis en lumière leurs impacts positifs en termes d'accès aux soins et de facilitation des parcours dans le contexte d'une crise sanitaire, au-delà de la pratique courante.

3 APPORT DES NTIC SUR LE DEVELOPPEMENT DE LA COMMUNAUTE RURALE DE LA CITE DE KATANDA

Depuis l'avènement de la téléphonie mobile dans cette contrée de la province du Kasai oriental, nous avons enregistré un grand nombre de bienfaits dans le chef de cette communauté entre autres:

- Les partages des ressources sur les réseaux sociaux tels que Facebook, Whatsapp et autres
- Le transfert d'argent via la téléphonie mobile: Orange-money, M-pesa, Airtel-money
- La facilité d'être informé en temps réel sur ce qui se passe dans le monde grâce à un décodeur CanalSat, Startimes
- Le système d'échographie et radiologie pour les femmes enceintes et d'autres cas de maladie
- La taxation numérique.

Il sied de signaler que les facteurs ci-après font obstacle à l'utilisation accrue des NTIC dans la cité de Katanda:

- Les divergences entre la recherche et les réalités locales
- L'infrastructure lacunaire ou peu fiable
- Des coûts financiers élevés (à la fois pour le matériel et pour le logiciel),
- Le manque de formation (rares sont les experts formés à l'utilisation efficace des NTIC)

4 PRESENTATION D'UN MODELE DE FORMATION SUR L'UTILISATION DES NTIC DANS LA CITE DE KATANDA

Le renforcement des capacités est un processus tourné vers l'avenir et permettant à atteindre des objectifs d'apprentissage.

Dans cette réflexion autour de l'encadrement à l'usage des NTIC, il nous semble également important de soulever une dimension selon laquelle cet encadrement ne concerne que les élèves près-finalistes, finalistes, les étudiants ainsi que les agents de l'administration publique de la cité de Katanda et eux aussi à leurs tours joueront le rôle des relais vis-à-vis de la communauté.

Voici les points sur lesquels l'encadrement devrait être organisé:

- Les généralités sur les NTIC (importance)
- Types d'ordinateurs et description de ses différentes parties
- Manipulations sur le Windows
- Utilisation des logiciels tels que: Word; Excel; Powerpoint; Publisher; Outlook;
- Manipulations sur l'Internet (messagerie électronique; la recherche sur Internet,...)
- Manipulation d'un téléphone intelligent
- Utilisation des logiciels de collecte des données (Kobocollect, ODKcollect, SurveyCTO, QGIS,...)
- Création des bases de données
- Quelques notions sur le numérique

5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

A cet égard, l'impact des NTIC sur le développement de la communauté rurale de Katanda va souvent au-delà de ce qui peut être mesuré. Outre sa fonction de destinataire des informations, la communauté rurale joue aussi un rôle crucial en termes de « créateurs de connaissances » moyennant le partage de techniques et d'expériences sur l'Internet et par les téléphones mobiles de manière responsable.

Ayant constaté tous ces défis cités ci-haut, nous proposons ce qui suit:

- D'envisager d'organiser les séances d'encadrement sur l'utilisation des NTIC par des conférences et ateliers de formations et renforcement des capacités
- Sensibiliser les jeunes de la cité de Katanda à se rendre à l'école et, aux diplômés d'Etat, à persévérer avec l'enseignement supérieur surtout que l'ISP est implanté dans cette cité et organise des filières en rapport avec les NTIC
- Aux Gouvernement et Partenaires techniques et financiers, d'aménager les infrastructures et de subventionner les écoles en les dotant d'équipements informatiques nécessaires
- Aux responsables de l'EPST de Katanda, de multiplier les inspections pour se rendre compte de la mise en œuvre du programme national des TIC dans les écoles de leur entité

REFERENCES

- [1] Bibeau, Robert (2007), *Les TIC peuvent améliorer la réussite des élèves*, Revue de 'EPI, No 94. Avril 2007, France.
- [2] Kabamba Mwenda K.G, YandK.F (2018). Impact du rayonnement radiofréquence généré par les téléphones cellulaires sur la santé, Revue scientifique et culturelle Madose N°048: 73-93.
- [3] Les téléphones mobiles au service du développement: Comment les technologies mobiles peuvent améliorer le travail de plan et de ses partenaires en Afrique. <http://plancanada.ca/Document.Doc?id=158>.
- [4] Marke, A.T. 2014. Climate-resilient agriculture and foodsecurity. New network capabilities to solve global problems. Global Solution Networks.
- [5] Zvavanyange, R.E. 2016. How can data and digital services secure rural and food futures in Africa.
- [6] FAO Dimitra Clubs.<http://www.fao.org/dimitra-clubs>.
- [7] The American Journal of Distance Education, Vol 12 (1): 38-51.
- [8] Tardif, M. & J. Mukamurera (1999). « La pédagogie scolaire et les TIC: l'enseignement comme interactions, communication et pouvoirs ». Revue de l'ACELF, vol. XXVII, N° 2.
- [9] Lieury, Alain et Fabien Fenouillet (2006), *Motivation et réussite scolaire*, Dunod, Paris.
- [10] Verpeaux M. (2008), *Droit des collectivités locales*, puf, collection« Major», 368.
- [11] Alland D., [et al.] (2006). Les contrats de communications électroniques Collectivités locales et NTIC, Le Moniteur Editions, 258p.
- [12] Kothari, R. (2016). 4 Secrets to ICT for AG social and behavior change communication.
- [13] Jean Gabriel Jeanot (25, 07, 2020), La santé autrement. <https://blogs.letemps.ch/dr-jean-gabriel-jeanot/category/qualite-des-soins/denouveau/>.
- [14] JEANNETTE GROS, (9 avril 2002).Santé et nouvelles technologies de l'information. Note d'IENA.

Les défenses à exécuter contre les ordonnances rendues par la juridiction présidentielle en contentieux d'exécution OHADA

[Defenses to be enforced against orders issued by the presidential court in OHADA enforcement litigation]

Pierre Malagano Kalongola Wa Maloani

Professeur d'Université et Premier Président de la Cour d'Appel du Haut-Katanga, RD Congo

Copyright © 2023 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 courthouses are, in our states, the places of legal reading - a culture constantly policed and hardened by jurisprudence and praetorian practices; themselves difficult to abandon notwithstanding the pressure and scope of new laws didn't stop swelling. Indeed, legal practitioners are still unable to agree on the foundations, perception, conceptualization and implementation procedure of this important judicial institution. Certainly, the fog that hung over the identification of the « article 49 judge » in the Congolese judicial system is now lifted. However, this is not the case for appeals against decisions of the presidential court which, in principle, are provisionally enforceable and sometimes, on the spot. In addition, differences of opinion subsist as to the form of the act carrying the defense to be executed. So many problematic questions around which this reflection is articulated; but in a fairly limited format given the presentation requirements of a scientific article.

KEYWORDS: matter of urgency, executory clauses, jurisdiction of appeal, admissibility.

RESUME: Les palais de justice sont, dans nos Etats, les hauts lieux de la culture juridique – culture sans cesse policée et durcie par la jurisprudence et les pratiques prétorienne; elles-mêmes difficiles à abandonner nonobstant la pression et la portée des lois nouvelles. Depuis l'adhésion de la République démocratique du Congo à l'OHADA – et nonobstant la supralégalité du droit uniforme africain des affaires – la polémique sur les défenses à exécuter n'a pas cessé d'enfler. En effet, les praticiens du droit n'arrivent toujours pas à s'accorder sur les fondements, la perception, la conceptualisation et la procédure de mise en œuvre de cette importante institution judiciaire. Certes, le brouillard qui planait sur l'identification du « Juge de l'article 49 » dans le système judiciaire congolais est aujourd'hui levé. Il n'en est pas cependant le cas des régimes d'appel contre les décisions de la juridiction présidentielle qui, par principe, sont exécutoires par provision et, parfois, sur minute. Par ailleurs, des divergences de vues subsistent quant à la forme de l'acte emportant la défense à exécuter. Autant des questions problématiques autour desquelles s'articule cette réflexion; mais dans un format assez limité compte tenu des exigences de présentation d'un article scientifique.

MOTS-CLEFS: matière d'urgence, clauses exécutoires, supralégalité, juridiction d'appel, recevabilité.

1 INTRODUCTION

Avec l'adhésion de la République Démocratique du Congo au Traité de l'Organisation pour l'Harmonisation en Afrique du Droit des Affaires, OHADA en sigle et l'application du droit africain des affaires depuis Septembre 2012, le droit congolais a subi de profondes réformes ayant conduit à l'abandon des pans entiers de son arsenal normatif tombé dans le champ d'application du droit uniforme africain (Traité OHADA, art. 2). De même, de nombreuses dispositions du droit interne ont simplement cessé d'être effectives en raison de la supralégalité des actes uniformes consacrée par l'article 10 du Traité constitutif de l'OHADA¹.

¹ Les actes uniformes sont directement applicables et obligatoires dans les Etats-Parties, nonobstant toute disposition contraire de droit interne, antérieure ou postérieure.

Les procédures de recouvrement des créances et des voies d'exécution constituent l'une des matières qui rentrent dans le champ d'application du droit uniforme africain des affaires (le droit OAHADA). Cette matière est régie par l'Acte uniforme portant organisation des procédures simplifiées de recouvrement et des voies d'exécution (AUPSRVE). Dans sa version actuelle (telle qu'adoptée à Libreville, le 10 avril 1998), l'AUPSRVE se décline en 338 articles répartis en deux livres. Le premier est relatif aux procédures simplifiées de recouvrement et le second traite des voies d'exécution.

Notre statut de chef de juridiction judiciaire d'appel et d'enseignant d'université nous permet de soutenir – comme beaucoup d'autres avant nous – que l'AUPSRVE est le texte le plus usité de l'arsenal juridique de l'OHADA. Notre propre constant est, par ailleurs, celui d'un texte dont l'application est aussi la plus problématique. En effet, les registres des tribunaux congolais font état des litiges de plus en plus nombreux sur l'application et l'interprétation de cet important instrument du droit uniforme africain. L'un des sujets polémiques qui opposent les praticiens du droit congolais porte sur les défenses à exécuter contre les ordonnances rendues par la juridiction présidentielle. C'est autour de cette thématique que s'articule la présente réflexion pratique qui, en substance, n'a vocation ni d'exposer, encore moins d'expliquer tout le contenu de l'AUPSRVE. La préoccupation ici de savoir sur quel fondement et sous quelles conditions une juridiction d'appel peut ordonner les défenses à exécuter contre les décisions rendues, en matière d'urgence, par la juridiction présidentielle.

N'étant pas si aisée, la réponse à un tel questionnement mérite une réflexion profonde. Mais en raison des contraintes de concision qu'exige la publication d'un article scientifique, la présente réflexion s'organise simplement autour de trois axes majeurs: la spécification du statut de la juridiction présidentielle, le caractère exécutoire des décisions rendues en juridiction présidentielle et, enfin, la recevabilité des défenses à exécuter.

2 STATUT ET COMPETENCE DE LA JURIDICTION PRESIDENTIELLE

2.1 STATUT DE LA JURIDICTION PRESIDENTIELLE

En matière de droit OHADA de l'exécution, la juridiction présidentielle est une institution judiciaire de premier. Son importance est telle que la doctrine ne tarit en concepts pour la désigner. Les concepts « juridiction présidentielle », « juridiction du Président », « juge de l'exécution » ou, mieux, « juge du contentieux de l'exécution » ou « juge de l'article 49 » désignent, en fait, la même réalité. Il, s'agit, en substance, d'une juridiction autonome au sein d'une juridiction ordinaire, dont les compétences sont exercées par un seul magistrat. Ce magistrat unique est le président de la juridiction ou le magistrat délégué par lui. Il siège seul avec l'assistance du greffier et – dans la pratique en R.D. du Congo – sans le concours du Ministère public.

Pour le juriste congolais, il est un fait que la juridiction présidentielle n'est pas une invention du législateur OHADA; son existence étant connue en droit judiciaire congolais bien avant son arrimage au droit uniforme africain des affaires. En effet, les articles 107 et 137 du Code de procédure civile de la R.D. du Congo organisées déjà les saisies-arrêts et les saisies conservatoires. Ces mesures d'exécution étaient ordonnées par le président du tribunal de paix siégeant seul avec l'assistance du greffier à l'instar du juge du contentieux de l'exécution institué par l'article 49 de l'AUPSRVE.

2.2 DÉTERMINATION ET DOMAINE DE COMPÉTENCE DE LA JURIDICTION PRESIDENTIELLE DANS LE SYSTÈME JUDICIAIRE CONGOLAIS

La compétence du juge du contentieux de l'exécution est fixée par l'article 49 de l'AUPSRVE qui, en l'espèce, dispose: « La juridiction compétente pour statuer sur tout litige ou toute demande relative à une mesure d'exécution forcée ou à une saisie conservatoire est le Président de la juridiction statuant en matière d'urgence ou le magistrat délégué par lui ». Au-delà de l'énoncé du principe, cette disposition opère, en réalité, un renvoi à la législation interne des Etats. En effet, il faut se référer au droit judiciaire interne pour identifier, avec précision, le juge dont il s'agit.

Dans le système judiciaire congolais, la qualité de juge du contentieux de l'exécution peut être reconnue à divers chefs des juridictions. En tenant compte de l'objet de la créance, il s'agit des juges suivants: le président du tribunal de paix, le président du tribunal de grande instance, le président du tribunal de commerce et le président du tribunal du travail.

La compétence de la juridiction présidentielle couvre, notamment, les matières suivantes:

- L'autorisation de pratiquer une saisie conservatoire sur les biens meubles corporels ou incorporels du débiteur et, subséquemment, l'examen des contestations relatives à la saisie autorisée (AUPSRVE, art. 54 et 62);
- La désignation du séquestre auprès duquel sont consignées les sommes saisies (AUPSRVE, art. 78);
- L'examen des contestations relatives à la saisie-vente (AUPSRVE, art. 129);
- L'examen des contestations relatives à la saisie-attribution (AUPSRVE, art. 169);
- L'autorisation de la saisie-revendication (article 227 de l'aupsrve);
- L'examen de toute contestation ou demande incidente relatives à une poursuite de saisie immobilière (AUPSRVE, art. 298)

3 PROTÉE DES DÉCISIONS RENDUES PAR LA JURIDICTION PRÉSIDENTIELLE

3.1 RÉGIME JURIDIQUE DE PRINCIPES DES DÉCISIONS DU JUGE DU CONTENTIEUX DE L'EXÉCUTION

Toutes les décisions rendues par la juridiction présidentielle n'obéissent pas au même régime juridique. Il convient ainsi de distinguer le régime juridique de principe des régimes juridiques d'exception des décisions du juge du contentieux de l'exécution.

Le régime juridique de principe est celui fixé par les alinéas 2 et 3 de l'article 49 de l'AUPSRVE. En substance, ces dispositions énoncent, d'une part, que la décision de la juridiction présidentielle est susceptible d'appel dans un délai de quinze (15) jours à compter de son prononcé et, d'autre part, que le délai d'appel – de même que l'exercice de cette voie de recours – n'ont pas un caractère suspensif; sauf décision contraire spécialement motivée du président de la juridiction compétente.

Les alinéas 2 et 3 de l'AUPSRVE appellent les observations suivantes:

- L'appel est la seule voie de recours ordinaire permise. Il doit être relevé dans les quinze (15) jours à compter du prononcé de la décision et non de la notification. L'opposition est donc exclue
- Le délai d'appel et l'exercice de cette voie de recours n'ont pas un caractère suspensif. Les décisions rendues sur le fondement de cet article sont ainsi exécutoires de plein droit ou aussitôt qu'elles sont rendues
- Même si les décisions sont exécutoires, le juge de l'article 49 peut, d'office, par une motivation spéciale, dire sa décision non exécutoire en l'état. Autrement dit, il peut, en quelque sorte, en surseoir l'exécution

Il s'ensuit que ce régime d'exécution nonobstant tout appel est dit régime de principe en ce qu'il s'appliquera chaque fois que, par une disposition dérogatoire ou exceptionnelle, le législateur n'en aura pas disposé autrement.

3.2 LIMITATION DU CARACTÈRE EXÉCUTOIRE EN MATIÈRE DE SAISIE-ATTRIBUTION DE CRÉANCES

A côté du régime de principe édicté par l'article 49 de l'AUPSRVE, il existe d'autres régimes qui encadrent la portée des décisions du juge du contentieux de l'exécution. Les occurrences les plus notables portent sur la saisie-attribution de créances et la saisie immobilière.

Relativement à la saisie-attribution des créances, l'article 172 de l'AUPSRVE énonce une exception à l'article 49 du même Acte uniforme. En effet, l'article 172 traite de la décision de la juridiction présidentielle tranchant les contestations relatives à la saisie-attribution. Une telle décision n'est pas exécutoire en ce que le délai d'appel et l'exercice de cette voie de recours sont suspensifs, sauf si, par une décision spécialement motivée, la juridiction présidentielle la déclare exécutoire nonobstant appel. Par ailleurs, le délai d'appel court, non pas à compter du prononcé, mais à compter de la notification de la décision.

3.3 LIMITATION DU CARACTÈRE EXÉCUTOIRE EN MATIÈRE DE SAISIE IMMOBILIÈRE

Les articles 263, 281 et 300 de l'AUPSRVE instituent d'autres régimes d'exception au principe du caractère exécutoire des décisions du juge du contentieux de l'exécution. En effet, il ressort de l'article 263 de l'AUPSRVE qu'en matière de saisie immobilière, toutes difficultés qui se rapportent à la conservation de l'immeuble, des loyers et du prix sont, avant la répartition entre créanciers, réglées par la juridiction compétente. La décision rendue dans le cas précis n'est pas susceptible d'appel. Dans cette hypothèse, c'est donc l'appel même qui est supprimé.

Le principe même de l'appel contre les décisions du juge du contentieux de l'exécution est rejeté par l'article 281 de l'AUPSRVE relativement à l'adjudication de l'immeuble objet de saisie. En effet, la juridiction présidentielle peut remettre l'adjudication à une date ultérieure pour motifs graves et légitimes sans l'éloigner de plus de 60 jours. Dans ce cas, sa décision n'est pas susceptible d'appel, sauf si cette juridiction a méconnu ce délai légal.

Par ailleurs, les décisions rendues en matière de saisie immobilière ne sont pas susceptibles d'opposition et ne sont appelables que dans les cas spécifiquement prévus par l'AUPSRVE en son article 300. En substance, les décisions rendues en matière de saisie immobilière ne sont pas susceptibles d'opposition et ne sont appelables lorsqu'elles statuent sur le principe même de la créance ou sur des moyens de fond tirés de l'incapacité d'une des parties, de la propriété, de l'insaisissabilité ou de l'inaliénabilité de biens saisis.

Il demeure donc que devant cette multiplicité de régimes, le défi reste celui de vérifier, chaque fois, à quel régime juridique obéit une décision rendue par la juridiction présidentielle pour admettre son caractère exécutoire. Dans tous les cas, la question qui se pose est celle de savoir si le caractère exécutoire des ordonnances rendues en matière d'urgence peut être anéanti par les défenses à exécuter ordonnées par la juridiction d'appel. Ceci nous amène à aborder le troisième et dernier chapitre de ce travail.

4 CONDITIONS ET SANCTIONS DE L'EXECUTION PROVISOIRE

4.1 CONDITIONS DE L'EXECUTION PROVISOIRE

L'exécution provisoire s'entend comme le bénéfice qui permet au gagnant d'un procès d'exécuter un jugement dès sa signification, malgré l'effet suspensif du délai des voies de recours ordinaires ou de leur exercice. Elle consiste, ainsi, en une faculté donnée à cette partie de poursuivre, à ses risques et périls, l'exécution immédiate de la décision judiciaire qui en est assortie; en dépit de l'effet suspensif attaché à ce délai. Le jugement revêtu d'un tel effet est aussi dit « exécutoire par provision ou nonobstant tout recours »².

L'article 21 du Code de procédure civile de la République démocratique du Congo énumère les cas qui permettent au juge d'ordonner l'exécution provisoire de sa décision. En effet, l'exécution provisoire est ordonnée lorsqu'est établie l'une des conditions suivantes:

- L'existence d'un titre authentique;
- L'existence d'une promesse reconnue;
- L'existence d'un premier jugement dont il n'y ait pas fait appel

Lorsque les conditions requises pour qu'une décision soit assortie de l'exécution provisionnelle, le juge doit y procéder. Si l'exécution provisoire n'a pas été ordonnée alors qu'elle aurait dû l'être, l'article 75 du Code congolais de procédure civile permet de la faire ordonner en appel à l'audience.

4.2 EXECUTION PROVISOIRE ET EXECUTION SUR MINUTE

L'exécution « sur minute » est celle qui est mise en œuvre sur la seule présentation de la minute de la décision du juge; sans qu'il ne soit nécessaire à la partie gagnante de procéder, d'abord, à la signification de l'expédition de cette décision. Elle s'entend, en d'autres termes, de l'exécution d'un jugement au seul vu de la minute du juge; c'est-à-dire de l'original signé de la main de ce dernier.³

La minute est, en effet, l'original d'un document émanant notamment d'une juridiction et signé par le juge qui a rendu la décision concernée. La décision est exécutoire sur minute lorsque le juge l'ayant rendu autorise – en ce qu'il y a urgence – qu'elle soit exécutée sans apposition de la formule exécutoire ni signification préalable.

Tout compte fait, l'exécution provisoire et celle sur minute se valent en ce que toutes les deux ont pour effet de permettre l'exécution immédiate d'une décision susceptible d'un recours suspensif. Ces deux institutions judiciaires permettent de mettre la décision en exécution sans désespérer. Elles confèrent, à la décision, le statut d'un titre exécutoire sans qu'elle ait été coulée en force de chose jugée. L'exécution provisoire et l'exécution sur minute constituent, ainsi, « une exception à la règle selon laquelle seules les décisions coulées en force de chose jugée doivent être exécutées »⁴.

Il existe, en revanche, une nuance notable entre les deux institutions judiciaires. En effet, l'exécution provisoire requiert l'apposition de la formule exécutoire et la signification de la décision concernée alors que l'exécution sur minute ne nécessite pas à l'accomplissement de ces formalités.

5 EXECUTION PROVISIONNELLE ET DEFENSES A EXECUTION

5.1 LES DÉFENSES À EXÉCUTER EN DROIT CONGOLAIS

L'expression « défenses à exécution » renvoie à la procédure qui permet à une partie de saisir le juge d'appel afin qu'il se prononce sur la régularité ou non de la clause d'exécution provisoire insérée dans une décision rendue par une juridiction du premier degré. Cette procédure est autrement appelée « défenses à exécuter » ou même « défenses d'exécuter ». La procédure de défense à exécution vise les décisions assorties d'une clause d'exécution provisoire ou d'une clause d'exécution sur minute. En droit congolais, les articles 21, 75 et 76 du Code de procédure civile constituent le siège de la matière relative aux défenses à exécution.

Il a été dit, ci-haut, que lorsque les conditions requises pour qu'une décision soit assortie de l'exécution provisionnelle, le juge doit y faire droit. Il s'ensuit que si l'exécution provisoire n'a pas été ordonnée alors qu'elle aurait dû l'être, elle peut être ordonnée ordonner à l'audience en appel. Si, par contre, l'exécution provisoire a été ordonnée alors qu'elle n'aurait pas dû l'être, l'appelant peut, sur pied de l'article 76 du même Code de procédure civile, demander et obtenir, à l'audience, des défenses à exécution sur assignation à bref délai.

² MATADI NENGA *Droit judiciaire privé*, Editions Droit et idées nouvelles, Kinshasa 2006, p. 469, n° 495

³ Thierry DEBARD, *Lexique des termes juridiques*, Edition 2021-2022, Dalloz, Paris

⁴ MUKADI BONYI et KATUALA KABA KASHALA, *Procédure civile*, Editions Batena Ntmbua, Kinshasa 1999, p.p. 123-124.

La procédure des défenses à exécution est ainsi « l'une des voies de contre-exécution par lesquelles une partie peut obtenir l'annulation ou la suspension de l'exécution d'une décision. La décision des défenses est celle par laquelle les juges d'appel statuent, avant l'examen du fond de l'appel, sur la clause de l'exécution provisoire contenue dans le jugement déféré. Elles constituent un droit reconnu à une partie condamnée d'obtenir, auprès du juge de second degré, la suspension de l'exécution d'une décision dite exécutoire par provision »⁵.

5.2 APPROCHE DES DÉFENSES À EXÉCUTION EN DROIT OHADA DE L'EXÉCUTION

Avant l'application du droit OHADA en R.D. du Congo, les débats judiciaires en matière de défenses à exécution portaient essentiellement sur la bonne ou la mauvaise application de l'article 21 du Code de procédure civile qui fixe les conditions requises pour qu'une décision soit assortie de la clause d'exécution provisionnelle. Avec l'institution de la juridiction présidentielle, par l'article 49 de l'AUPSRVE, du principe de l'exécution provisionnelle de ses décisions, le recours aux défenses à exécuter se bute à la nécessité de l'urgence qui caractérise les décisions du juge du contentieux de l'exécution.

Une autre approche nouvelle qui se dessine en matière des défenses à exécution porte sur la désignation même de cette institution judiciaire. Dans le langage vernaculaire des plaideurs congolais, le concept « défense à exécuter » est le plus usité alors que la CCJA emploie, souvent à la place, « défense à exécution » et parfois « sursis à exécution »⁶. Bien que les trois institutions judiciaires procèdent d'une demande du débiteur tendant à obtenir la suspension de la l'exécution, une certaine doctrine opine qu'une « certaine nuance peut être opérée entre la défense à exécution et le sursis à l'exécution pour lesquelles « la pertinence de la distinction demeure »⁷.

Il demeure, néanmoins, que les défenses à exécuter, en matière de droit d'exécution, tendent à obtenir du juge d'appel l'anéantissement du caractère exécutoire d'une ordonnance ayant statué sur une difficulté d'exécution ou sur une contestation d'une mesure d'exécution. A ce propos, le Professeur Victor KALUNGA TSHIKALA écrit que « les défenses à exécution sont des mesures indispensables en ce qu'elles permettent une bonne administration de la justice »⁸.

5.3 FONDEMENT JURISPRUDENTIEL DES DÉFENSES À EXÉCUTER EN CONTENTIEUX D'EXÉCUTION OHADA

Contrairement au droit congolais qui les institue formellement dans le Code de procédure civile, les défenses à exécution n'ont, en droit uniforme africain des affaires, qu'un fondement jurisprudentiel. Ce défaut de fondement légal ouvre la voie à des controverses à des prises de positions divergences dans le chef des plaideurs et des juges quant à la recevabilité des défenses à exécution contre les décisions du juge de l'article 49.

A ce jour, la pratique des défenses à exécuter contre les ordonnances rendues en juridiction présidentielle n'a pu prospérer qu'à la faveur dudit arrêt de principe de la CCJ, à savoir: l'Arrêt n°064/2012 du 07 juin 2012 susvisé dans l'affaire opposant la Société AXA (une entreprise d'assurance) à la Société ARTIS, son client assuré. De l'économie des faits de la cause, il ressort que n'ayant pas trouvé satisfaction après avoir déclaré un sinistre auprès de son assureur AXA, ARTIS demaïn et obtint, du Président du Tribunal de Première Instance d'Abidjan, l'autorisation de pratiquer une saisie-conservatoire contre AXA. La saisie fut effectivement pratiquée. Revenue en contestation et en mainlevée de l'ordonnance ayant autorisé ladite saisie-conservatoire, l'assureur AXA obtiendra gain de cause en ce que la mainlevée fut accordée sur ces entrefaites.

Sachant que les ordonnances du juge du contentieux de l'exécution sont exécutoires nonobstant appel (AUPSRVE, art. 49), ARTIS déposera, auprès du juge d'appel, une requête en défenses à exécuter pour obtenir suspension de l'effet immédiat de la mainlevée; le jour même où la décision ordonnant la mainlevée lui fut signifiée. Le Premier Président de la Cour d'Appel fit droit à la requête et ordonnera les défenses à exécuter sollicitées.

AXA saisit la CCJA en cassation de la décision ayant ordonné les défenses à exécuter et le premier moyen de cassation développé par AXA était justement de dire que l'article 49 de l'AUPSRVE avait été violé parce qu'en disposant, à l'alinéa 3, que « *Le délai d'appel comme l'exercice de cette voie de recours n'ont pas un caractère suspensif, sauf décision contraire spécialement motivée du Président de la juridiction compétente* », il a enlevé à tout juge – dont le Premier Président de la Cour d'Appel – la possibilité de suspendre l'exécution provisoire de l'ordonnance du juge statuant dans le cadre du contentieux de l'exécution et, qu'en conséquence, le Premier Président de la Cour d'Appel d'Abidjan statuant dans cette cause par les différentes ordonnances attaquées, avait violé ledit texte. Ce moyen ne fut pas reçu par la CCJA qui, dans la motivation de sa décision, dit: « En posant le principe du caractère non suspensif du délai d'appel et de l'exercice de ce recours sous réserve d'une décision contraire du juge saisi qui pourrait lui-même en suspendre l'exécution, l'article 49,

⁵ NTETIKA MBAKATA, *L'exécution provisoire et les défenses à exécuter en procédure civile congolaise*, Editions Kapanga, Kinshasa 2011, p. 49.

⁶ CCJA, 1^{ère} Ch., Arr. n° 090/2019 du 28 Mars 2019 ; S.G.B. c/ Tunde Motors SA et Csrts.

⁷ Landry PONGO WONNYA, *Précis des voies d'exécution en droit OHADA*, Ed. Hans Kelsen, Kinshasa, 2020, p. 60.

⁸ Victor KALUNGA TSHIKALA, *Droit OHADA de l'exécution*, Editions LABEL, Lubumbashi, 2022, p. 89.

alinéa 3 n'interdit en rien l'exercice d'une procédure de défenses à exécution qui serait prévue par la loi nationale; une fois que le Président de la juridiction compétente aura épuisé sa saisine en s'abstenant de prononcer ou en prononçant, par une disposition spécialement motivée, du caractère suspensif de sa décision ».

Trois observations méritent d'être relevées à propos de cette décision de la CCJA:

- Admission et consécration, par voie jurisprudentielle, des défenses à exécution comme cadre de discussion de l'effet suspensif ou non d'une décision rendue par une juridiction présidentielle;
- La deuxième concerne le sens des débats en défenses à exécuter. En droit interne, les débats tournent autour du respect ou non du prescrit de l'article 21 du code de procédure civile; tandis qu'en matière de contentieux d'exécution OHADA, la configuration des débats sera toute autre
- La troisième observation porte sur le fait que pour la CCJA, a procédure des défenses à exécuter n'est admise que lorsque la juridiction présidentielle s'abstient de prononcer ou se prononce, par une motivation spéciale contraire, sur le caractère suspensif de sa décision en application de l'article 49, alinéa 3 in fine de l'AUPSRVE

Il en résulte que, dans l'Arrêt AXA, le Premier Président avait ordonné les défenses au motif que, le premier juge, en ordonnant la mainlevée de la saisie conservatoire, s'était, à coup sûr, par une motivation spéciale contraire, abstenu de suspendre l'exécution de sa décision. Ce faisant, ce juge avait ouvert la voie aux défenses à exécuter qu'en l'espèce, le Premier Président avait ordonnées avec comme conséquence, le maintien de la saisie conservatoire.

Néanmoins, ce Premier Président l'avait-il fait à bon escient et la CCJA avait-elle, à bon droit, rejeté le moyen de cassation de la Société AXA tendant à dire qu'en ordonnant les défenses, il avait violé la loi en ce que l'article 49 précité sur le fondement duquel sa décision avait été rendue consacre une exécution provisoire de plein droit et que ces défenses auraient plutôt dues être rejetées ?

S'il est indéniable que l'Arrêt AXA a le mérite d'avoir admis les défenses à exécuter en droit d'exécution OHADA dans les hypothèses sus mentionnées, j'émet néanmoins une réserve sur la pertinence du rejet par la CCJA du moyen de cassation susvisé en ce qu'en édictant que le délai d'appel et l'exercice de cette voie de recours n'ont pas un caractère suspensif, cet article a effectivement institué une exécution provisoire de plein droit qui ne peut être remise en cause par le juge des défenses à exécuter sous peine de violer la loi.

6 PRATIQUE DES DEFENSES A EXECUTER: L'EXPERIENCE CONGOLAISE

6.1 LES HÉSITATIONS DE DÉPART

D'aucuns avaient opiné que la voie qui paraissait sûre était de considérer que ce silence du législateur OHADA valait refus des défenses à exécuter en matière de contentieux d'exécution. C'est de la sorte que dans l'affaire inscrite sous RUA 073 opposant l'appelant Sanka Paul Badibanga à la société PROCREDIT BANK S.A, la Cour d'appel du Haut-Katanga a décidé en ces termes: « La Cour relève que la procédure des défenses à exécuter est prévue par l'article 21 du code de procédure civile congolais qui en donne même les conditions d'application. Celle-ci n'ayant pas été prévue par l'Acte uniforme, il faut considérer que la disposition de droit interne précitée, au demeurant contraire à la lettre et à l'esprit de cet Acte, n'est pas applicable en cette matière ».

Pourtant, il est un fait que le droit est plus vaste que la loi. Il est donc inapproprié de vouloir cantonner toute la réalité juridique dans les textes de loi. C'est dans cette optique que la Cour Commune de Justice et d'Arbitrage avait déjà pris tout le monde de court lorsqu'au détour de la motivation de son Arrêt N°064/2012 du 07 juin 2012, elle jugea possibles les défenses à exécuter en matière de contentieux d'exécution⁹. En jugeant comme elle le fit, la CCJA avait, dès lors, conféré à la pratique des défenses à exécuter un fondement jurisprudentiel.

6.2 PROBLÉMATIQUE DE LA MOTIVATION DES DÉCISIONS

Ainsi, si le premier juge a, par une motivation spéciale, dit sa décision exécutoire nonobstant appel, le juge d'appel sera appelé à apprécier la pertinence d'une telle motivation.

Dans une affaire inscrite sous RUA 055 à la Cour d'appel du Haut-Katanga ayant opposé la Société CNMC HUACHIN MABENDE MINING SA à Monsieur YANG ZHENBO et la RAWBANK SA, la Cour de céans a censuré la motivation spéciale de la juridiction présidentielle du Tribunal de commerce de Lubumbashi. En application de l'article 49 de l'AUPSRVE, le président de cette juridiction avait opiné en ces termes: « *La juridiction présidentielle (...) dira la présente ordonnance exécutoire sur minute nonobstant appel étant donné que la demanderesse a un titre exécutoire* ».

⁹ CCJA, 3^{ème} ch., n° 064/2012, 7 juin 2012, AXA Assurances c/ ARTIS.

A bon droit, la Cour a considéré que « *le fait, pour cette juridiction, de dire sa décision exécutoire sur minute en se fondant sur le titre exécutoire n'est pas une motivation spéciale au sens de cette disposition; dans la mesure où il résulte des termes de l'article 153 de l'AUPSRVE que la saisie-attribution des créances ne peut se pratiquer qu'en vertu d'un titre exécutoire, c'est en tant que dans la présente occurrence, le législateur communautaire exige une motivation spéciale autre que l'existence du titre exécutoire* ».

De même, dans l'affaire inscrite sous RMUA 633 opposant la Société VODACOM CONGO RDC SA à Monsieur MUSHINDE MPONO Stanislas et consorts, la Cour d'Appel de Kinshasa Gombe, fidèle à la terminologie de mise avant l'arrêt de principe sus-évoqué, a jugé que: « *c'est à tort que le premier juge a assorti sa décision de la clause exécutoire sur minute dépourvue d'une motivation spéciale et qu'il y a lieu à accorder le sursis à l'exécution de ladite décision* ».

Au demeurant, ces deux Cours auraient pu ajouter que l'article 49, alinéa 3 ne consacre point une exécution sur minute et que c'est donc à tort que, dans les décisions dont défenses, les premiers juges avaient revêtu leurs décisions de cette clause qui, tel que relevé ci-dessus, entraîne que l'exécution se poursuit sans apposition de la formule exécutoire ni signification préalable sur pied de l'article 171, alinéa 1^{er} de l'AUPSRVE sur le fondement duquel elle est ordonnée; non pas moyennant une quelconque motivation spéciale mais plutôt à chaque fois que la juridiction compétente donne effet à la saisie pour la fraction non contestée de la dette.

En revanche, si le juge, en application de l'alinéa 2 de l'article 172 de l'AUPSRVE, a ordonné l'exécution provisoire sans spécialement motiver sa décision en évoquant, par exemple, la multiplication des procédures par le débiteur en vue d'organiser son insolvabilité et non l'existence d'un titre exécutoire, il sera alors aisé pour la partie demanderesse en défenses d'obtenir du juge d'appel la suspension de l'exécution en se prévalant du caractère suspensif de l'appel consacré à l'alinéa 1^{er} de ce même article.

6.3 REJET DES DÉFENSES À EXÉCUTER

Dans ce sens, par Arrêt sous RUA 311 du 09 décembre 2021, la Cour d'appel du Haut-Katanga, après avoir, conformément à cet arrêt AXA, admis l'existence des défenses à exécuter contre l'ordonnance sous RU 562 du 4 octobre 2021 dite, par une motivation spéciale, exécutoire par provision en application de l'article 49 de l'AUPSRVE par laquelle le premier juge a ordonné la mainlevée de la saisie conservatoire pratiquée sur les avoirs de la Société EURALIA SARL qui devait la somme de 675.087,00 dollars us à la Société EMMAKA CNG SARL, a rejeté ces défenses motif pris de que cette disposition consacre une exécution provisoire de plein droit pour la raison sus rappelée.

De même, ne peuvent prospérer les défenses à exécuter dirigées contre la décision de condamnation, en application de l'article 168 de l'AUPSRVE, d'un tiers saisi ayant refusé de payer les sommes qu'il a reconnues devoir ou dont il a été jugé débiteur en ce qu'elle relève de la compétence de la juridiction présidentielle ou obéit au régime juridique de l'article 49 conformément à la jurisprudence ayant décidé que la décision y afférente n'est pas une contestation de saisie au sens de l'article 172 qui fixe le régime de l'appel contre une décision qui tranche la contestation en matière de saisie-attribution mais une difficulté d'exécution régie par cet article¹⁰. C'est ainsi que la Cour d'appel du Haut-Katanga a, par Arrêt sous RUA 246 du 24 septembre 2020, rejeté les défenses à exécuter de l'ordonnance sous RU 452 du 27 mai 2020 par laquelle la Juridiction présidentielle du Tribunal de Commerce de Lubumbashi a condamné la Société TFM SA à payer la somme de 270.943,98 dollars US à titre des causes de saisie en ce qu'en édictant, à l'article 49, alinéa 3 du même Acte uniforme dont le premier juge a tiré sa compétence, que le délai d'appel comme l'exercice de cette voie de recours n'ont pas un caractère suspensif, le législateur OHADA y a institué une exécution provisoire de plein droit en faveur de toute décision rendue sur pied de cette disposition légale.

En droit interne, l'exécution provisoire de plein droit est, soit dit au passage, prévue notamment à l'article 37 de la loi n° 15/025 du 31 décembre 2015 relative aux baux à loyer non professionnels qui dispose que la décision rendue en matière de libération des lieux est exécutoire nonobstant tout recours. Par Arrêt sous RCA 16.942 du 11 février 2021, la Cour d'appel du Haut-Katanga a rejeté les défenses à exécuter formées par le nommé ILUNGA TSHIBANDA contre le jugement RC 30810 du 8 octobre 2020 par lequel le Tribunal de Grande Instance de Lubumbashi a ordonné son déguerpissement d'un immeuble appartenant à son bailleur LUBOYA MPUNDA Nathan en application de cet article 37 qui consacre une exécution provisoire de plein droit ou sans conditions ne pouvant en conséquence donner lieu aux défenses à exécuter sous peine, pour le juge d'appel, de violer la loi.

En revanche, si la juridiction présidentielle rend une décision sur pied de l'article 49, alinéa 3 in fine de l'AUPSRVE qui institue une exécution provisoire de plein droit et, par une disposition spécialement motivée, prononce le caractère suspensif de sa décision, la partie mécontente peut-elle, comme à l'article 75 du Code de procédure civile, demander au juge d'appel d'ordonner l'exécution provisoire nonobstant appel de cette décision ?

¹⁰ CCJA, Arrêt n° 054/2005 du 15 décembre 2005, Société Sodico SARL c/ Standard Chartered Bank Cote d'Ivoire, in OHADA, Traité et Actes uniformes commentés et annotés, Juriscope 2014, p. 1071).

Bien que cette partie soit admise à introduire une telle demande, l'exécution provisoire sollicitée devra, à mon avis, être rejetée par le juge d'appel en ce que, excepté que les décisions rendues en application de cet article 49 sont naturellement exécutoires même si le juge n'en décide pas ainsi, ce juge n'est astreint à les motiver que lorsqu'il décide de ne pas leur conférer le caractère exécutoire, pouvoir d'ordonner les défenses à exécuter dont ne dispose pas le juge d'appel sous peine d'aller à l'encontre de la volonté du législateur OHADA.

6.4 FORME DE L'ACTE DE SUSPENSION DE L'EXÉCUTION

Il existe sur une controverse sur la nature et la forme de l'acte par lequel l'exécution d'une décision revêtue de la formule exécutoire peut être suspendue. Les solutions envisagées portent notamment sur :

- La présentation de l'acte d'appel;
- La présentation du certificat de non-défenses à exécuter délivré par le juge d'appel;
- La présentation de la requête aux fins d'assigner en défenses à exécuter et à bref délai ou de l'ordonnance autorisant cette assignation;
- La présentation de l'assignation en défenses à exécuter elle-même ou de la décision ordonnant les défenses sollicitées

En pratique, l'exécution est suspendue dès la signification de l'assignation en défenses à exécuter à la partie bénéficiaire de la décision dite exécutoire. Deux raisons sont souvent évoquées pour justifier cette position, à savoir: éviter que le premier juge manque d'égard à l'endroit du juge d'appel chargé d'examiner les défenses sollicitées, d'une part et d'autre part, qu'il y ait contrariété entre la décision déferée et celle qui viendrait à ordonner les défenses à exécuter postulées.

Dans sa Note circulaire n° 012 du 27 septembre 2011 sur l'exécution des décisions judiciaires, Monsieur le Premier Président de la Cour de Cassation honoraire Jérôme KITOKO KIMPELE s'est, quant à lui, insurgé contre cette position au motif que le juge d'appel étant tenu à se prononcer à temps en ce qu'il s'agit d'une procédure à examiner avec célérité, seul un jugement ou un arrêt ordonnant les défenses peut, selon lui, suspendre l'exécution et non l'assignation en défenses à exécuter, moins encore les autres actes sus indiqués¹¹.

Cette opinion préconisée avant l'adhésion de la RDC au droit communautaire OHADA me paraît certes soutenable quant aux défenses à exécuter régies par le droit interne, à condition, tel que relevé par Monsieur le Premier Président honoraire lui-même, que le juge d'appel saisi des défenses se prononce toutes affaires cessantes pour éviter l'insécurité judiciaire qui, comme susdit, pourrait résulter de la contrariété entre sa décision ordonnant les défenses et celle déferée dont l'exécution serait déjà entamée, voire consommée; encore qu'adopter pareille opinion sans cette réserve équivaudrait à vider les défenses à exécuter de leur raison d'être.

De *lege ferenda*, je préconise qu'à l'article 76 du code de procédure civile, un délai, par exemple celui de 48 heures consacré par la pratique en la matière et qui n'a donc pas de base légale, soit, sous peine d'irrecevabilité, imposé à l'appelant pour assigner en défenses à exécuter, avec comme conséquence que l'exécution ne devra se poursuivre que sur présentation du certificat de non-défenses à exécuter par la partie bénéficiaire de la décision dite exécutoire, acte qui, à ce jour, est également dépourvu de base légale.

Par contre, en droit d'exécution OHADA, j'estime qu'aucun problème ne devrait se poser à ce sujet, surtout en matière de saisie-attribution, en ce que de l'article 164 de l'AUPSVE, il se dégage que le tiers saisi procède au paiement sur présentation notamment de la décision exécutoire de la juridiction rejetant la contestation sans, autrement dit, attendre la décision du juge des défenses à exécuter, encore moins les autres actes ci-dessus évoqués par lesquels cette procédure est mise en mouvement sous peine, pour ce tiers, d'être condamné au paiement des causes de la saisie en vertu de l'article 168 du même Acte uniforme.

Pour tout dire, dans le régime juridique de principe, les défenses à exécuter ne sont admises qu'en vertu de l'article 49 alinéa 3 de cet Acte Uniforme. En revanche, dans les régimes juridiques exceptionnels, elles ne sont envisageables que dans les cas où l'appel est prévu avec pouvoir au juge d'appel, pour les dire fondées ou pas, d'apprécier la motivation dont le premier juge s'est servi pour dire sa décision exécutoire par provision ou sur minute. Par contre, dans les cas où l'appel n'est pas admis, les défenses à exécuter ne sont pas, bien entendu, possibles motif pris de ce que pour les obtenir, il faut avoir interjeté appel contre la décision concernée.

6.5 INCERTITUDES DE LA PRATIQUE DES DÉFENSES À EXÉCUTER EN MATIÈRE D'URGENCE

Dans tous les cas de figure, le fondement prétorien des défenses à exécuter en droit uniforme OHADA, bien que palliant le silence du législateur sur une question qui paraît de grande importance, accuse beaucoup d'incertitudes.

Le recours à la procédure des défenses à exécuter contre les ordonnances rendues en matière d'urgence est devenu une pratique constante que nul n'ose plus remettre en question. Cependant, comme relevé ci-dessus, la CCJA n'a pu ouvrir qu'une brèche en reconnaissant la possibilité d'acter les défenses à exécuter pour obtenir du juge d'appel le sursis à l'exécution. Mais cette brèche ne suffit

¹¹ KITOKO KIMPELE, Note circulaire n° 012 du 27 septembre 2011 sur l'exécution des décisions judiciaires, Cour de cassation, Kinshasa.

pas, car demeurent sans réponse, de nombreuses questions fondamentales de détail et de précision sur les différents aspects de cette procédure, notamment celle de savoir à l'aune de quels critères le juge d'appel doit apprécier les motifs avancés par les parties pour obtenir ledit sursis. Il va falloir arrêter les critères précis ou, à tout le moins, indicatifs clairs comme c'est le cas de l'article 21 du Code de procédure civile en matière de défenses à exécuter contre les jugements exécutoires par provision. Dans ces conditions, seule une réforme législative serait à même de lever toutes les incertitudes sur cette problématique. Il est donc impérieux que cette question soit dûment inscrite à l'ordre du jour des prochaines assises du Conseil des Ministres de l'OHADA devant tableur sur certaines améliorations de l'AUPSRVE.

7 CONCLUSION

La Cour Commune de Justice et d'Arbitrage avait été instituée pour permettre aux juridictions des Etats Parties au traité de l'OHADA d'harmoniser leurs vues sur diverses questions de droit qu'elles rencontreraient. L'arrêt de la CCJA n° 064/2012 que nous avons analysé apporte un grand éclairage sur la question des défenses à exécuter. Le grand mérite en est que la CCJA a tranché en faveur de l'admission des défenses à exécuter contre les décisions rendues en juridiction présidentielle. Mais il faut convenir que la configuration des débats sera tout autre en ce qu'il s'agira de statuer non pas sur la bonne ou la mauvaise application de l'article 21 du code de procédure civile mais plutôt sur la pertinence ou pas de la motivation spéciale; là où elle est exigée, ou sur des moyens pertinents devant convaincre le juge d'appel à suspendre l'exécution. Dans tous les cas, il ne faudra pas perdre de vue que les défenses à exécuter ne doivent pas devenir un autre procès autrement plus long et coûteux pour le créancier.

Enfin, il ne nous reste plus qu'à plaider pour que le législateur communautaire édicte des dispositions légales claires sur les défenses à exécuter. En effet, le fondement prétorien des défenses à exécuter n'a pas suffi pour étancher la soif des juristes en ce que de nombreuses incertitudes demeurent. Si l'arrêt de la CCJA susmentionné a eu le mérite d'arrêter le principe des défenses à exécuter contre les ordonnances rendues en matière d'urgence par la juridiction présidentielle, force est de constater que tous les contours du déploiement de cette procédure restent à définir. A ce jour, naviguant à vue, les juridictions de fond se débrouillent comme elles le peuvent alors que la sécurité juridique et judiciaire exigerait plus de clarté et de précision que seule la loi, dans ce cas, peut apporter.

REFERENCES

- [1] Landry PONGO WONYA, Précis des voies d'exécution en droit OHADA, Ed. Hans Kelsen, Kinshasa, 2020.
- [2] MATADI NENGA GAMANDA, Droit judiciaire privé, Editions Droit et idées nouvelles, Kinshasa 2006.
- [3] MUKADI BONYI et KATUALA KABA KASHALA, Procédure civile, Editions Katena Ntambua, Kinshasa, 1999.
- [4] NTETIKA MBAKATA, L'exécution provisoire et les défenses à exécuter en procédure civile congolaise, Editions Kapanga, Kinshasa 2011.
- [5] Thierry DEBARD, Lexique des termes juridiques, Edition 2021-2022, Dalloz.
- [6] Victor KALUNGA TSHIKALA, Droit OHADA de l'exécution, Editions LABEL, Lubumbashi, 2022.
- [7] CCJA, Arrêt n° 064/2012 du 7 juin 2012.
- [8] CCJA, Arrêt n° 054/2005 du 5 décembre 2005.
- [9] CCJA, 1^{ère} Ch., Arr. n° 090/2019; S.I.B. c/ Tunde Motors SA et Csrts.
- [10] Cour d'Appel du Haut-Katanga, RUA 055, 9 février 2017, inédit.
- [11] Cour d'Appel du Haut-Katanga, RUA 073, 21 avril 2017, inédit.
- [12] Cour d'Appel Kinshasa/Gombe, RMUA 633.
- [13] Cour d'Appel du Haut-Katanga, RUA 246, 24 septembre 2020, inédit.
- [14] Cour d'Appel du Haut-Katanga, RCA 16.942, 11 février 2021, inédit.
- [15] Cour d'Appel du Haut-Katanga, RUA 311, 9 décembre 2021, inédit.

Effet d'un traitement couplant la coagulation-floculation par la poudre des graines de *Moringa oleifera* Lam. et la filtration sur sable fin associé au charbon de bois sur la purification des eaux de la rivière Kalamu à Kinshasa

[Effect of a treatment combining coagulation-flocculation with *Moringa oleifera* Lam seed powder and fine sand filtration combined with charcoal on the purification of water from the Kalamu River in Kinshasa]

Roger Kalonga Kalonga¹, Michel Mubiala Katala², and Daniel-Bienvenu Sifa Kwa Mungu²⁻³

¹Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques. Département de Gestion des Ressources Naturelles. BP. 117 Kin XI, RD Congo

²Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques. Département de Chimie et Industries Agricoles. BP. 117 Kin XI, RD Congo

³Direction de Protection de l'Environnement Minier du Ministère des Mines Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 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: Access to drinking water remains a major concern in the Democratic Republic of Congo, particularly in the city-province of Kinshasa where the populations are confronted with the optimal management of water points, the insufficiency of hygiene and sanitation, the low drinking water supply rates and the lack of appropriate water disinfection methods at the family level. Therefore, the integration of biological processes for the treatment of river water could be a sustainable alternative in improving the quality of drinking water, due to the availability and non-toxicity of the substances used. This study aims to test the effectiveness of *M. oleifera* seed powder in purifying the waters of the Kalamu River. The methodology adopted consisted in the treatment of water samples from the mentioned river by coagulation-flocculation with *M. oleifera* seed powder coupled with filtration on fine sand associated with charcoal. The procedure began with the preparation of the colloid solutions. To do this, each of the three different doses (0.5 g/l, 1g/l and 1.5 g/l) of *M. oleifera* seed powder was mixed with 100 ml of water from said river. Then, each solution of the colloids was added to 900 ml of water sample to be treated. After mixing and a rest period, the treated water samples were filtered. To assess the effectiveness of this process, the physicochemical parameters (turbidity, pH, dissolved oxygen, ammonium, nitrates, nitrites, phosphate, COD, BOD₅, electrical conductivity and total hardness) and microbiological (*E. coli*, Faecal streptococci and total Coliforms) of the treated water were evaluated after the filtration step. For all the treated water samples, the best dose was 0.5 g/l of *M. oleifera* seed powder because it significantly improved all the parameters analyzed up to the potability standards prescribed by the WHO.

KEYWORDS: Polluted waters, potability, parameters, physicochemical, microbiological.

RESUME: L'accès à l'eau potable demeure une très grande préoccupation en République Démocratique du Congo, particulièrement dans la ville province de Kinshasa où les populations sont confrontées à la gestion optimale des points d'eau, à l'insuffisance d'hygiène et d'assainissement, aux faibles taux de desserte en eau potable ainsi qu'au manque des méthodes appropriées de désinfection de l'eau à l'échelle familiale. De ce fait, l'intégration des procédés biologiques de traitement des eaux de rivière pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de la qualité des eaux de boisson, du fait de la disponibilité et de la non-toxicité des substances utilisées. La présente étude vise à tester l'efficacité de la poudre des graines

de *Moringa oleifera* dans la purification des eaux de la rivière Kalamu. La méthodologie adoptée a consisté au traitement des échantillons d'eau provenant de ladite rivière par coagulation-floculation avec la poudre des graines de *M. oleifera* couplée à la filtration sur sable fin associé au charbon de bois. La procédure a débuté par la préparation des solutions des colloïdes. Pour ce faire, chacune des trois différentes doses (0,5 g/l, 1g/l et 1,5 g/l) de la poudre des graines de *M. oleifera* a été mélangée avec 100 ml d'eau provenant de ladite rivière. Ensuite, chaque solution des colloïdes a été ajoutée à 900 ml d'échantillon d'eau à traiter. Après le mélange et un temps de repos, s'en est suivie la filtration des échantillons d'eau traitée. Pour évaluer l'efficacité de ce procédé, les paramètres physicochimiques (turbidité, pH, Oxygène dissous, ammonium, nitrates, nitrites, phosphate, DCO, DBO₅, conductivité électrique et dureté totale) et microbiologiques (*Escherichia coli*, Streptocoques fécaux et Coliformes totaux) de l'eau traitée ont été évalués après l'étape de filtration. Pour tous les échantillons d'eau traitée, la meilleure dose a été de 0,5 g/l de la poudre des graines de *M. oleifera* car elle a permis d'améliorer sensiblement tous les paramètres analysés jusqu'aux normes de potabilité prescrites par l'OMS.

MOTS-CLEFS: Eaux polluées, potabilité, paramètres, physicochimiques, microbiologiques.

1 INTRODUCTION

La République Démocratique du Congo (RDC) est l'un des pays du monde à posséder un potentiel très élevé en ressources en eau. Ceci constitue un atout majeur pour son développement car l'eau est reconnue comme ayant une valeur économique, en plus de son caractère vital. Il s'avère que jusqu'à ce jour ce pays ne profite presque pas de cette opportunité mais fait plutôt face à d'énormes difficultés dans le secteur de gestion de l'eau [1]. Le rapport du Programme National Ecole et Village Assainis atteste que la RDC a un sérieux dilemme en matière de gestion d'eau parce que ce pays possède plus de 50 % des réserves d'eau du continent africain mais, malgré ce potentiel fabuleux, 33 millions de personnes en milieu rural n'ont pas accès à l'eau de qualité, seulement 52 % de la population a accès à un point d'eau amélioré et 29 % à des installations sanitaires améliorées [2]. En effet, dans les quartiers périurbains et les zones rurales de la RDC, l'éloignement des points d'eau constitue un problème pour l'alimentation en eau potable des populations qui n'ont pas accès à un réseau ou à un point d'eau individuel. A certains endroits, les femmes et les enfants doivent parcourir des longues distances à pied pour puiser l'eau nécessaire aux ménages.

Face à toutes les difficultés ci-dessus évoquées, l'intégration des techniques écologiques de traitement des eaux de rivières paraît une des solutions pouvant réduire le déficit d'approvisionnement en eau potable en RDC et toutes les maladies d'origine hydrique dont elle est la cause. Plusieurs auteurs, en RDC et dans certains pays d'Afrique, ont eu à faire face à cet épineux problème de disponibilité d'eau potable pour les ménages. Parmi ceux-ci, Ngbolua *et al.* [3] ont tenté de purifier l'eau de mare du plateau de Batéké avec *M. oleifera* et *Vetivera zizanioides*, tandis que Kaboré *et al.* [4] ont mis au point un dispositif qui a permis de purifier l'eau de puits par son traitement à partir d'un dispositif combinant la coagulation-floculation des impuretés provoquée par les tourteaux des grains de *M. oleifera* et la filtration sur une masse filtrante constituée de sable fin et de charbon de bois. Toutefois, la richesse du réseau hydrographique de la ville province de Kinshasa, comme du reste du pays, qui entre en contraste avec le besoin en eau potable que ressent la population kinoise, inspire l'initiation des travaux qui permettent à la population de se prendre en charge en matière de potabilisation de l'eau dont elle a besoin pour ses besoins domestiques. C'est dans cette optique que s'inscrit cette étude au cours de laquelle sera expérimenté un dispositif combinant la poudre des graines de *M. oleifera*, le sable fin et le charbon de bois pour le traitement des eaux de la rivière Kalamu afin d'en améliorer la potabilité.

Cette recherche part de l'hypothèse que l'utilisation d'un procédé couplant la coagulation-floculation à partir de la poudre des graines de *M. Oleifera* avec la filtration sur sable fin associé au charbon de bois permettrait la purification des eaux de la rivière Kalamu afin de les rendre potables pour une consommation humaine. Son principal objectif est de tester, dans la purification de l'eau de la rivière Kalamu, l'efficacité d'un traitement couplant la coagulation-floculation des impuretés de l'eau de ladite rivière par la poudre des graines de *M. oleifera* et sa filtration sur une couche constituée de sable fin associé au charbon de bois. D'une manière spécifique, la présente étude vise à (1) déterminer la meilleure dose de *M. oleifera* à utiliser pour purifier les échantillons d'eau de la rivière Kalamu prélevés dans le cadre de cette étude, (2) rendre la teneur en microorganismes indicateurs de pollution hydrique et les caractéristiques physicochimiques de l'eau traitée conformes aux normes internationales de potabilité des eaux de consommation humaine et (3) comparer l'efficacité de la poudre des graines de *M. oleifera* et celle d'un produit pharmaceutique très utilisé à Kinshasa dans la purification des eaux des rivières.

Il sied de souligner qu'une très grande partie de la population congolaise connaît un sérieux problème d'approvisionnement en eau potable, comme cela a été exposé plus haut. C'est dans ce contexte que sujet trouve son intérêt dans la mesure où les résultats trouvés à la fin de son expérimentation vont contribuer au bien-être de la population kinoise, essentiellement par

l'augmentation de la quantité d'eau potable disponible pour les différents besoins domestiques de cette dernière. La disponibilité et l'accessibilité des graines de *M. Oleifera* ainsi que sa non-toxicité justifient le choix de celles-ci.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉCHANTILLONNAGE

La rivière Kalamu, dans le tronçon situé entre les communes urbaines de Selembao et Bumbu dans la ville de Kinshasa, a été le site sélectionné pour le prélèvement des échantillons d'eau utilisée au cours de cette étude. Cette rivière prend sa source au quartier Cité verte situé dans la commune de Selembao. Les Coordonnées géographiques du point où les échantillons ont été prélevés sont les suivantes: 4,44° de latitude Sud et 15,25° de longitude Est.

2.2 MATÉRIEL

Eau à traiter: Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide de 6 bidons initialement désinfectés de 5 litres chacun. Pour ce faire, les bidons ont été immergés dans la rivière à 5 cm de profondeur, maintenus les goulots tournés vers le haut jusqu'au remplissage, retirés de la rivière, fermés et conservés dans une glacière. Après cela, ils ont été transportés dans un véhicule puis stockés dans un réfrigérateur au laboratoire des aliments de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa pour le traitement et les analyses ultérieures.

Echantillons de *M. oleifera*: les graines de *M. oleifera* ont constitué le matériel biologique de cette étude. Elles ont été récoltées en février 2022, de 2 arbres de *M. oleifera* âgés de 6 ans et 7 ans se trouvant dans deux plantations personnelles, respectivement situées dans les quartiers Mbanza Lemba dans la commune de Lemba et des Officiers à Bandalungwa à Kinshasa. Ensuite, elles ont été gardées à la température ambiante au laboratoire susmentionné.

Sable fin: le sable utilisé dans cette recherche a été prélevé dans le fleuve Congo, au niveau du quartier Kinsuka pêcheur dans la commune de Ngaliema. Il a ensuite été séché à l'étuve de marque MEMMERT à 150°C pendant une heure et a été conservé au laboratoire, à un endroit sec pour éviter son humidification. Il est conseillé de choisir préférentiellement le sable fin dans les travaux de filtration d'eau. En effet, sa texture granulaire permet le passage d'eau et la rétention des particules minuscules que celle-ci transporte [4].

Charbon de bois: le charbon de bois utilisé dans cette recherche a été préparé à partir du broyage de la braise de cuisine achetée au marché de Mbanza Lemba en mars 2022. L'opération de broyage a été effectuée avec un moulin électrique de marque IKA MF10 Basic, jusqu'à atteindre des dimensions moyennes d'un millimètre de diamètre.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 PRÉPARATION DE LA SOLUTION FILTRANTE

Décorticage des graines: les graines ont été décortiquées manuellement, les amandes des graines de *M. oleifera* ont été mises dans un béccher et placées à l'étuve à 105°C pendant 12 heures. Le séchage des graines sauvegarde la qualité protéinique, facilite le broyage, évite l'effet pâteux et collant dû à l'huile [5].

Broyage des amandes des graines de *M. oleifera*: les amandes sèches ont été pesées à la sortie de l'étuve et après leur refroidissement pendant 30 minutes à l'air libre. L'opération de broyage a été réalisée grâce au moulin électrique de marque IKA MF10 Basic. Elle a abouti à l'obtention d'une poudre moyennement fine et amorphe (pâteuse) à cause de la teneur des graines en l'huile. Les amandes ont été conservées après chaque utilisation dans un bol en plastique à l'abri de la lumière et de l'humidité pour éviter toute forme de dégradation.

Préparation des solutions de la poudre des graines de *M. oleifera*: la démarche de purification de l'eau de rivière adoptée pour cette étude a commencé par une préparation préalable d'une solution concentrée de la poudre des graines de *M. oleifera*. Cette dernière devant servir au traitement proprement dit pour les échantillons d'eau de l'étude. La procédure suivie est la suivante: dix-huit bécchers contenant chacun 100 ml de l'échantillon d'eau à traiter ont été préparés pour l'expérimentation. Trois différentes doses de la poudre des graines de *M. oleifera* à tester ont été pesées grâce à une balance de précision de marque OHAUS et placées chacune dans trois bécchers. Les trois premiers bécchers ont reçu chacun 0,5 g de cette poudre de *M. oleifera*; les trois suivants en ont reçue 1 g et trois autres 1,5 g chacun. Les différents mélanges ont été homogénéisés par agitation pendant 2 minutes afin de favoriser l'extraction des protéines actives dans la coagulation-floculation. En plus de ces

préparations susmentionnées, trois autres béchers contenant 100 ml de l'échantillon de l'eau à traiter ont été mélangés avec un produit pharmaceutique à base de dichloroisocyanurate de sodium utilisé dans le traitement d'eau, symbolisé par "Aquaxx". Cela devait servir pour l'établissement d'une comparaison avec l'action de la poudre des graines de *M. Oleifera*. Enfin, les six derniers béchers de l'échantillon témoin n'ont reçu aucune dose de cette poudre.

En résumé, les différents échantillons d'eau récoltés dans le cadre de cette recherche ont été préparés de la manière suivante:

- Dans les six premiers béchers, six échantillons d'eau de 100 ml chacun n'ont reçu aucun produit de traitement afin de servir de témoins, c'est le T0 et le T1;
- Dans trois des béchers suivants, un lot d'échantillons a reçu une seule dose d'Aquaxx: 0,0086 g, c'est le T2;
- Dans les neuf derniers béchers contenant 100 ml d'eau à traiter (répartis en trois groupes de trois béchers), chaque groupe a reçu une des trois doses suivantes de poudre des graines de *M. oleifera*: T3 = 0,5 g; T4 = 1 g et T5 = 1,5 g

2.3.2 TRAITEMENT D'EAU AVEC LA POUDRE DES GRAINES DE *M. OLEIFERA* ET FILTRATION

L'opération de traitement d'eau avec la poudre des graines de *M. oleifera* s'est déroulée en deux grandes étapes à l'issue desquelles les échantillons d'eau traitée ont été récoltés en vue de la vérification de l'efficacité du traitement par des analyses physicochimiques et microbiologiques.

ETAPE 1. MÉLANGE

Dix-huit bouteilles en plastique de 1,5 l chacune, préalablement désinfectées à l'eau savonnée et rincées à l'eau distillée, ont reçu chacune 900 ml d'échantillon d'eau à traiter. Ensuite, les solutions de traitement préalablement préparées (T0 à T5) ont été placées dans chacune de ces bouteilles. L'opération a été suivie par l'homogénéisation du mélange par agitation. Cette dernière s'est déroulée en deux phases dont la première, plus rapide, s'est effectuée pendant une minute pour faciliter la dispersion des protéines actives et la seconde, plus lente, a pris cinq minutes pour favoriser la formation des floccs. Chaque mélange a été maintenu au repos pendant une durée d'une heure trente minutes pour permettre la précipitation des floccs formés.

A l'issue de ces mélanges et agitations, les trois bouteilles contenant 1000 ml des échantillons d'eau T0 ont été gardées comme tel, tandis que les quinze autres (de T1 à T5) sont passées au prochain traitement, c'est-à-dire, la filtration.

ETAPE 2. FILTRATION

Dans l'optique de rendre plus efficace l'effet du premier traitement (à la poudre des grains de *M. oleifera*), la filtration des échantillons d'eau de la rivière Kalamu traitées à l'étape précédente a été effectuée sur un dispositif constitué de quinze bouteilles en plastique de 750 ml. Le fond de chacune de ces bouteilles a été coupé (enlevé) et le couvercle, orienté vers le bas, a été percé d'un trou de 2 mm de diamètre. Ensuite, un tuyau correspondant à ce diamètre a été fixé afin de recueillir l'eau traitée pour l'utilisation. La matière filtrante était formée par 300 g de sable récolté dans le lit du fleuve Congo (dans le cadre de ce travail de recherche) placés dans le fond des quinze bouteilles ci-dessus décrites. Ce sable a été surmonté par 50 g de charbon de bois dont il a été question plus haut (dans la section des matériels). Enfin, une couche de 0,5 cm d'ouate stérile a été placée au fond de la couche filtrante de chaque bouteille, au niveau du goulot du dispositif filtrant afin de retenir les impuretés résiduelles et parfaire le traitement de l'eau. Il sied de noter que tous les traitements ont été répétés 3 fois (trois bouteilles).

Le principe qui régit ce dispositif est de faire couler l'eau de haut en bas à travers une couche filtrante. En effet, cette association (sable fin-charbon de bois) permet de renforcer l'effet du premier traitement en éliminant les particules solides et les germes indésirables résiduels. A la fin de la filtration, les échantillons d'eau provenant de chaque traitement ont été prélevés pour les analyses physicochimiques et microbiologiques.

2.3.3 ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES

Les principales analyses physicochimiques qui ont été effectuées sur chaque mélange et sur le témoin après l'étape de la filtration ont été: les mesures (1) du potentiel hydrogène, (2) de l'Oxygène dissous, (3) des nitrates, (4) des nitrites, (5) de l'ammonium, (6) du phosphate, (7) de la Demande Chimique en Oxygène, (8) de la Demande Biochimique en Oxygène, (9) de la conductivité électrique, (10) de la dureté totale et (11) de la turbidité.

- En ce qui concerne la turbidité: elle est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux courantes [6]; une eau turbide est une eau trouble. Cette caractéristique vient de la teneur de l'eau en particules en suspension, associées au transport de l'eau parce qu'au cours de son parcours, l'eau des rivières se charge de quantités énormes de particules qui la troublent [7]. Dans cette recherche, la turbidité de l'eau a été analysée avec un turbidimètre de marque HACH DR. La valeur de turbidité obtenue exprimée en NTU
- Potentiel hydrogène (pH) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène contenus dans la substance [7]. Le pH a été déterminé en utilisant la sonde du pH-mètre de marque HANNA après son calibrage dans deux solutions tampons (à pH 4, ensuite à pH 8)
- Oxygène dissous (mg/l): la concentration en oxygène dissous est un paramètre utilisé pour mesurer la qualité du milieu aquatique. Sa concentration est liée aux paramètres physicochimiques et à l'activité biologique et il est très important pour la vie du milieu aquatique [8]. Cette analyse a été faite avec un appareil de marque HANNA. La lecture des résultats a été réalisée en pourcentage de Saturation en oxygène (% de saturation en O₂)
- Azote minéral: l'azote peut se présenter dans les eaux aussi bien sous forme minérale qu'organique. En général, s'agissant des eaux naturelles, ce sont les formes minérales qui sont de loin les plus importantes. L'azote minéral est constitué par l'ammoniaque qui se dissocie en ion ammonium, les nitrites, les nitrates [7]. La détermination de la teneur en ammonium a été faite avec un kit de marque MACHEREY-NAGEL qui est un multi paramètre; les nitrates ont été analysés avec un kit de marque MACHEREY-NAGEL, tandis qu'en ce qui concerne les nitrites, pour une prise d'essai de 10 ml, la valeur de la teneur en nitrates a été divisée par 4,43 pour trouver leur teneur [9]. Le résultat de chaque paramètre était exprimé en mg/l d'eau
- Phosphate (mg/l): cette analyse a été faite avec un kit de marque MACHEREY-NAGEL
- Conductivité électrique (µS/cm): la conductivité électrique d'une eau traduit l'aptitude que possède celle-ci à laisser passer le courant électrique. Le transport des charges se faisant par l'intermédiaire des ions contenus dans l'eau. Cette analyse a été faite avec un appareil de marque HANNA. Après réglage de celui-ci, la sonde a été plongée dans les béchers des surnageant d'échantillons d'eau à analyser, ensuite la détermination est directe, la lecture des résultats a été réalisée micro siemens par centimètre (µS/cm)
- Dureté totale (mmol/L): La dureté est basée sur la concentration des sels (calcium et magnésium) dissous contenus dans l'eau. Cette analyse a été faite avec un kit de marque MACHEREY-NAGEL. Le résultat est exprimé en milli mole par litre
- Demande chimique en oxygène (DCO): La dégradation des matières organiques (d'hydrates de carbone, de matières protéiques, d'acides aminés, de lipides et autres substances de réserves) déversées dans les cours d'eau entraîne une consommation de l'oxygène dissout dans l'eau. L'importance de cette pollution dans un effluent peut être évaluée par la demande chimique en oxygène. Cette analyse a été faite avec un DCO-mètre de marque LCK-114. Elle s'exprime en mg/l
- Demande Biochimique en Oxygène (DBO): La demande biochimique en oxygène (DBO) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques [7]. Cette analyse a été faite avec un DBO-mètre de marque BODTrack. Le résultat a été obtenu directement sur l'afficheur et est exprimé en mg d'O₂/l

2.3.4 PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES

Sur le plan microbiologique, les échantillons d'eau traitée ont subi des analyses mettant en évidence la présence ou l'absence des germes indicateurs d'une pollution fécale (Streptocoques fécaux, Coliformes totaux et *Escherichia coli*) dont la présence indique un traitement inefficace de l'eau:

- Les streptocoques fécaux associés aux coliformes fécaux, sont considérés comme des bons indicateurs de pollution, aussi utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes [10]. Les Streptocoques fécaux ont été mis en évidence en suivant le protocole prescrit par la norme ISO 7899-1 [11];
- Les coliformes totaux ont été identifiées en se référant au protocole prescrit par la norme ISO 4831 [12];
- *Escherichia coli*: l'*E. Coli* est une bactérie qui fait partie du groupe des coliformes fécaux et constitue le seul membre de ce groupe que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales des humains et des animaux. Sa présence dans l'eau indique

une contamination récente par des matières fécales [13]. Les bactéries de l'espèce *E. coli* ont été déterminées en suivant le protocole prescrit par la norme ISO 7251 [14]

2.4 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES

Les logiciels R et Excel ont été utilisés pour les analyses statistiques des données. Le calcul des moyennes et écarts-types, l'analyse des variances (ANOVA) ainsi que le test de comparaison multiple de Tukey, au seuil de signification de 5 %, ont été utilisés comme outils statistiques pour déceler les différences significatives entre les valeurs moyennes de tous les paramètres mesurés. Ces derniers ont été évalués suivant les normes de l'OMS [15] pour la qualité des eaux de boisson.

3 RESULTATS

Les résultats des analyses physicochimiques sont présentés dans les tableaux 1, tandis que ceux des analyses microbiologiques sont consignés dans le tableau 2.

3.1 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES ÉCHANTILLONS

Le tableau 1 ci-dessous donne tous les résultats obtenus au cours des analyses physicochimiques des échantillons des eaux de la rivière Kalamu utilisée dans cette recherche, après leur traitement de purification comprenant la floculation-coagulation suivi par la filtration.

Tableau 1. Analyses physicochimiques des échantillons des eaux de la rivière Kalamu

| Paramètres (unités) | Traitements | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| TU (NTU) | 45,50 ± 0,29 _a | 42,43 ± 0,31 _b | 3,47 ± 0,05 _c | 3,90 ± 0,01 _c | 5,36 ± 0,02 _d | 6,03 ± 0,12 _e |
| pH | 6,98±0,02 _a | 7,01±0,05 _a | 6,78±0,01 _b | 6,92±0,00 _c | 6,96±0,00 _a | 6,97±0,02 _a |
| OD (sat O ₂) | 27,20 ± 0,29 _a | 34,23 ± 0,26 _b | 53,40 ± 0,28 _c | 55,57 ± 0,31 _c | 46,93 ± 0,05 _d | 38,27 ± 0,19 _e |
| AM (mg/l) | 23,50 ± 0,37 _a | 20,10 ± 0,14 _b | 1,46 ± 0,04 _c | 1,63 ± 0,09 _c | 11,97 ± 0,37 _d | 12,47 ± 0,21 _d |
| NTA (mg/l) | 62,10 ± 0,83 _a | 61,20 ± 0,86 _b | 8,30 ± 0,22 _c | 7,53 ± 0,05 _c | 26,10 ± 0,08 _d | 38,60 ± 0,29 _e |
| NTI (mg/l) | 5,74 ± 0,05 _a | 4,51 ± 0,01 _b | 0,11 ± 0,00 _c | 0,12 ± 0,00 _c | 2,15 ± 0,04 _d | 2,43 ± 0,05 _d |
| PHP (mg/l) | 6,21 ± 0,15 _a | 4,63 ± 0,05 _b | 0,33 ± 0,05 _c | 0,37 ± 0,05 _c | 1,57 ± 0,05 _d | 2,29 ± 0,02 _e |
| CE (µS/cm) | 565,23 ± 2,74 _a | 551,33 ± 1,70 _b | 246,50 ± 0,28 _c | 248,63 ± 0,25 _c | 525,13 ± 0,84 _d | 568,50 ± 0,41 _a |
| DT (mmol/l) | 4,92 ± 0,04 _a | 4,57 ± 0,05 _b | 0,77 ± 0,01 _c | 0,84 ± 0,00 _c | 2,78 ± 0,03 _d | 3,60 ± 0,02 _e |
| DCO (mg/l) | 70,70 ± 0,45 _a | 66,73 ± 0,52 _b | 28,99 ± 0,09 _c | 28,87 ± 0,09 _c | 34,36 ± 0,26 _d | 36,02 ± 0,20 _e |

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne ± écarts types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre sur la ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

Légende:

T0 (Témoin sans floculant, ni filtration), T1 (sans floculant mais avec filtration), T2 (0,0086 g d'Aquaxx avec filtration), T3 (0,5 g de *M. oleifera* avec filtration), T4 (1 g de *M. oleifera* avec filtration) T5 (1,5 g de *M. oleifera* avec filtration); TU: turbidité; PH: potentiel hydrogène (pH); OD: Oxygène dissous; AM: ammonium; NTA: Nitrate; NTI: Nitrite; PHP: Phosphate; CE: Conductivité Electrique; DT: Dureté Totale; DCO: Demande Chimique en Oxygène

L'examen des résultats d'analyse des différents paramètres physicochimiques de l'eau de la rivière Kalamu traitée par coagulation-floculation et filtrée sur une couche constituée de sable fin associé aux charbons de bois, révèle ce qui suit:

- Turbidité: Tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont sensiblement réduit la turbidité par rapport au témoin. Cependant, seuls les T₂ et T₃ correspondent aux normes de l'OMS (0-5 NTU);
- Potentiel hydrogène (pH): Tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau n'ont pas influencé le pH par rapport aux témoins. En effet, toutes les valeurs de pH, y compris celles des témoins, correspondent aux normes de l'OMS (6,5-8,5);
- Teneur en Oxygène dissous: Tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont sensiblement augmenté la teneur en oxygène dissous par rapport aux témoins. Cependant, seuls les T₂ et T₃ correspondent aux normes de l'OMS (50 % de saturation en O₂);

- Teneur en ammonium: Tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont sensiblement réduit la teneur en ammonium par rapport aux témoins. En effet, tous les traitements correspondent aux normes de l'OMS (15 mg/l);
- Teneur en nitrates: tous les traitements appliqués aux échantillons ont sensiblement réduit la teneur en ion nitrate par rapport aux témoins. A l'instar du paramètre précédant, tous les traitements correspondent aux normes de l'OMS (50 mg/l);
- Teneur en nitrites: tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont sensiblement réduit la teneur en ion nitrite par rapport aux témoins. Cependant, seuls les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (0-1,5 mg/l);
- Teneur en phosphates: tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont sensiblement diminué le phosphate par rapport aux témoins. Cependant, seuls les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (0,5 mg/l);
- Conductivité: Tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont sensiblement réduit la Conductivité électrique par rapport aux témoins. Cependant, seuls les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (125-400 µS/cm);
- Dureté: Tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont eu l'influence sur la dureté par rapport aux témoins. Cependant, seulement les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (0,75-1,5 mmol/l);
- DCO: Tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont diminué la DCO par rapport aux témoins. Cependant, seulement les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (30 mg/l)

3.2 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES ÉCHANTILLONS

Le tableau 2 ci-dessous donne tous les résultats obtenus au cours des analyses microbiologiques des échantillons des eaux de la rivière Kalamu utilisée dans cette recherche, après leur traitement de purification.

Tableau 2. Résultats des analyses microbiologiques des échantillons des eaux de la rivière Kalamu après leur traitement de purification

| Paramètres (unités) | Traitements | | | | | |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| DBO (mg/l) | 7,71±0,18 _a | 6,84±0,03 _b | 0,64±0,04 _c | 0,66±0,03 _c | 1,25±0,04 _d | 1,68±0,02 _e |
| EC (UFC/100ml) | 253,67±2,05 _a | 248,67±1,70 _b | 0,00±0,00 _c | 0,00±0,00 _c | 10,67±0,47 _d | 16,00±0,82 _e |
| SF (UFC/100ml) | 356,00±0,82 _a | 348,00±1,63 _b | 0,00±0,00 _c | 0,00±0,00 _c | 10,33±0,47 _d | 12,67±0,94 _d |
| CT (UFC/100ml) | 2059,00±0,82 _a | 2044,33±1,70 _b | 0,00±0,00 _c | 0,00±0,00 _c | 39,00±0,82 _d | 55,33±0,47 _e |

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne ± écarts types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre sur la ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

Légende:

T0, T1, T2, T3, T4 et T5: voir légende du Tableau 1; DBO: demande biochimique en oxygène; EC: *Escherichia coli*; SF: *Streptocoques fécaux*; CT: Coliformes totaux

L'analyse des résultats consignés dans le tableau 2 révèle ce qui suit:

- DBO: Tous les traitements appliqués aux échantillons d'eau ont diminué la DBO par rapport aux témoins. Cependant, seulement les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (1 mg/l)
- *Escherichia coli*: En analysant le tableau 2, il convient de remarquer que tous les traitements appliqués aux échantillons ont eu l'influence considérable sur la présence d'*E. coli* dans les échantillons d'eau par rapport aux témoins. Cependant, seuls les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (0 UFC/100ml)
- *Streptocoques fécaux*: Tous les traitements appliqués aux échantillons ont réduit considérablement la présence des *Streptocoques fécaux* dans les échantillons d'eau par rapport aux témoins. Cependant, seuls les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (0 UFC/100ml);
- Coliformes totaux: tous les traitements appliqués aux échantillons ont sensiblement réduit des coliformes totaux par rapport aux témoins. En effet, seulement les T2 et T3 correspondent aux normes de l'OMS (0 UFC/100ml)

4 DISCUSSION

Dans ce travail de recherche, les échantillons d'eau prélevés de la rivière Kalamu ont subi un traitement de purification comprenant la coagulation-floculation par la poudre des graines de *M. oleifera* et la filtration sur sable fin associé au charbon de bois. Au bout du processus, l'eau traitée a subi des analyses physicochimiques et bactériologiques afin que l'efficacité de ce

traitement soit vérifiée. En effet, plusieurs travaux effectués dans les zones tropicales indiquent que les graines de *M. oleifera* ont la capacité d'améliorer les paramètres physicochimiques de l'eau polluée mais aussi d'en diminuer le taux microbien car ces graines renferment des principes flocculant et précipitant les impuretés des eaux ainsi que des substances antimicrobiennes [4], [16].

4.1 EFFET DE LA POUDRE DES GRAINES DE MORINGA OLEIFERA ET DE L'AQUAAX SUR LES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

Les différentes analyses effectuées sur les échantillons d'eau non traitée prélevés de la rivière Kalamu ont révélé que ces derniers présentaient des indices de pollution très sérieux en comparaison aux normes internationales. Ceci est probablement dû aux multiples usages et à la forte activité humaine dont le site fait l'objet. En effet, la Kalamu est une rivière où l'eau est utilisée pour les activités domestiques, agricoles ainsi que pour la consommation animale.

Cependant, en ce qui concerne l'acidité de tous les échantillons, y compris les témoins, le traitement au *M. oleifera* n'a pas eu un effet significatif sur sa variation. Ainsi, la composition chimique des eaux semble subir une faible évolution avec le traitement au *M. oleifera*. Cela est en accord avec les résultats obtenus par Folkard [17] qui indiquent que le traitement au *M. oleifera* influe peu sur le pH de l'eau.

Les traitements ayant associé les doses de 0,5g/l de *M. oleifera* et la filtration ainsi que l'usage de 0,0086g/l de l'Aquaax ont occasionné une baisse de la turbidité initiale de l'eau et l'ont ramené dans les normes de potabilité des eaux. Ces résultats peuvent être justifiés par le fait que les graines de *M. oleifera* contiennent un polypeptide basique, plus précisément un ensemble de poly-électrolytes cationiques actifs de 12 à 14 k Da [18]. Ces poly-électrolytes de charge positive neutralisent les colloïdes des eaux troubles car la majorité de ceux-ci est chargée négativement [4].

Selon Faby et Eleli [19], la dose des graines de *M. oleifera* nécessaire pour le traitement des eaux polluées se situe entre 0,075 et 0,2 g/l en fonction la turbidité initiale de l'eau. Les études de Kaboré et al. (2020) ont montré que pour les eaux moyennement turbides (35-100 NTU), la dose optimale de coagulant se situe entre 0,25 et 0,3g/l pour obtenir les valeurs répondant aux normes des eaux de boisson (OMS). Celles menées par Ngbolua et al. [3] ont montré que la dose optimale de coagulant est de 1,818 g/l pour les eaux turbides de 41-45 NTU. Cependant, les échantillons d'eau de la rivière Kalamu prélevés dans le cadre de cette étude qui avaient une turbidité initiale moyenne de 45,5 NTU, il a fallu utiliser 0,5g/l de coagulant pour sa purification. De ce qui précède, les valeurs de turbidité obtenues avec la dose de 0,5 g et la filtration qui s'en est suivie, se situent à cheval entre les trois travaux précités. Ceci peut s'expliquer par le fait que les doses requises dans le traitement des eaux au *M. oleifera* varient en fonction du taux de matières organiques présentes dans l'eau, de la turbidité initiale de celle-ci et de la nature des éléments à flocculer (argiles, etc...) [9].

En ce qui concerne les teneurs en ammonium, nitrates, nitrites et phosphate, les échantillons non traités ont présenté des valeurs sensiblement élevées. Ceci laisse supposer que la forte concentration de l'eau de cette rivière en tous ces éléments était due au maintien des habitudes comportementales des populations environnantes vis-à-vis de ce cours d'eau, à l'accentuation des pratiques domestiques favorisant la pollution de ces eaux, aux activités humaines et aux mauvaises pratiques agricoles comme l'affirment Belghiti et al. [20] en parlant de la pollution des eaux courantes. Par conséquent, la consommation de cette eau devrait être interdite, particulièrement aux femmes enceintes et aux nourrissons pour prévenir la méthémoglobinémie ou "Baby Blue Syndrome", dans lequel le sang perd sa capacité à transporter l'oxygène en quantité suffisante [21].

Les doses de 0,5g/l de *M. oleifera* et 0,0086g/l d'Aquaax, associées aux filtrations ont sensiblement réduit les valeurs des paramètres physicochimiques précités et les ont placés dans les normes de potabilité de l'OMS [15]. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Mamadou et al. (2015) qui ont comparé la qualité physico-chimique des eaux de puits, de forages et de rivières traitées au *M. oleifera* consommées dans le bassin pétrolier de DOBA au Tchad.

Les T2 et T3 ont permis une baisse significative de la conductivité électrique et la dureté totale des échantillons d'eau qui étaient trop élevées au départ. Cela peut s'expliquer par le fait que les graines de *M. oleifera* sont composées d'une protéine positive qui attire les sels minéraux négatifs qui se trouvent dans l'eau brute [22]. L'amélioration de la conductivité qui rend compte de la minéralisation de l'eau est un paramètre physicochimique qui peut rassurer les consommateurs souffrant de maladies cardiovasculaires [3].

En ce qui concerne la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) et la teneur en Oxygène dissous, les deux traitements précités ont donné des bons résultats sur ces paramètres qui ont considérablement diminué pour les deux premières et augmenté pour le troisième. Cela pourrait être dû à l'effet purifiant des doses D₁ et D₂ qui ont été très efficaces pour corriger tous les paramètres physicochimiques des échantillons d'eau récoltés. Ces résultats

corroborent les travaux de Rakotoniriana et *al.* [23] et Kaboré et *al.* [4] qui ont pu établir que le traitement des eaux usées par la poudre des graines de *M. oléifera* était capable d'en améliorer les propriétés physico-chimiques.

4.2 EFFET DE LA POUDRE DES GRAINES DE M. OLEIFERA ET DE L'AQUAAX SUR LES PARAMÈTRES BACTÉRIOLOGIQUES

Les échantillons d'eau prélevés de la rivière Kalamu, dans le cadre de cette étude, ont présenté un niveau de contamination très élevés en ce qui concerne tous les paramètres de contrôle de la potabilité des eaux, c'est-à-dire, la présence de *E. coli* (240 UFC/100 ml), des *Streptocoques* fécaux (320 UFC/100 ml) et des Coliformes totaux (2035 UFC/100 ml). Ces valeurs indiquent que l'eau de la rivière Kalamu n'est pas potable du point de vue bactériologique. Belgheti et *al.* [20] expliquent que la forte contamination d'un cours d'eau en ces germes microbiens serait due à une pollution fécale d'origine animale ou humaine des riverains (fosse septique, élevage de bétail, utilisation des déchets des animaux comme fertilisant pour les terres agricoles avoisinant la rivière).

Les doses de *M. oleifera* et d'Aquaax appliquées dans les T2 et T3 ainsi que les filtrations y associées ont permis d'éliminer la quasi-totalité des contaminants dans l'eau traitée par rapport aux témoins. En effet, l'efficacité d'un traitement d'élimination des microorganismes est fonction du degré de pollution initiale de l'eau à traiter, de ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques initiales. En outre, la réduction de la charge microbienne est aussi fonction du niveau de la turbidité d'un échantillon d'eau. Elle lui est proportionnelle [24]. En effet, étant donné que les microorganismes sont rattachés aux particules en suspension, leur sédimentation entraîne également celle des microorganismes.

A la fin de l'expérimentation, le classement des traitements selon leur influence positive sur la purification de l'eau suit l'ordre décroissant suivant: T2, suivi du T3, suivi du T4, suivi du T5, suivi du T1 et du T0. Les résultats relativement médiocres de T4 et T5 où les doses de *M. oleifera* ont été les plus élevées paraît curieux dans la mesure où les résultats de la purification des eaux de la rivière Kalamu devraient être proportionnels à la dose de produit utilisé. L'explication plausible qui peut être avancée pour expliquer cette situation est le dépassement du seuil optimal de la dose de *M. oleifera* requise pour ce traitement. Toutefois, une étude visant à déterminer la dose optimale MO en fonction des propriétés physico-chimiques des eaux à traiter est à envisager pour élucider ce mystère.

5 CONCLUSION

Cette recherche avait pour objectif général de tester l'efficacité d'un traitement de purification de l'eau de la rivière Kalamu par un procédé couplant la coagulation- floculation des impuretés par la poudre des graines de *M. oleifera* et la filtration sur sable fin associé au charbon de bois. Spécifiquement, il a été question de déterminer la meilleure dose de *M. oleifera* à utiliser pour effectuer cette purification, rendre la teneur en éléments indicateurs de pollution hydrique de l'eau traitée conformes aux normes internationales sur la potabilité des eaux de consommation humaine. Les analyses physico-chimiques ont montré que la dose de 0,5 g/l de *M. oleifera* associée à la filtration a donné le meilleur résultat en ce qu'elle a rendu tous les paramètres évalués dans les seuils réglementaires. Ces résultats permettent de confirmer l'hypothèse selon laquelle l'utilisation d'un procédé couplant la coagulation-floculation à partir de la poudre des graines de *M. Oleifera* avec la filtration sur sable fin associé au charbon de bois permet la purification des eaux de la rivière Kalamu afin de les rendre potables pour une consommation humaine. À partir de ces résultats prometteurs, il sera intéressant d'étendre la recherche sur des méthodes de réduction de la matière organique résiduelle dans l'eau traitée afin de la stabiliser ainsi que sur la durée de conservation; de renforcer la capacité des populations à l'élaboration du dispositif de filtration, en mettant un accent particulier sur l'hygiène des matériaux utilisés pour éviter une recontamination de l'eau traitée et d'établir les normes de potabilité de l'eau de consommation humaine pour la RDC.

REFERENCES

- [1] Banque Mondiale, Riche en eau, Pauvre en Accès: Diagnostic de la pauvreté et de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène en RDC: Résumé Exécutif. Diagnostic pauvreté et WASH. Banque Mondiale, Washington DC, 2017.
- [2] PNEVA. Atlas 2018. Accès à l'eau potable, à l'hygiène et à l'assainissement pour les communautés rurales et périurbaines de la République Démocratique du Congo. Programme National Ecole et Village Assainis, Ministère de la Santé de la RDC, Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel de la RDC, 2018. [en ligne] Disponible sur: <http://www.unicef.org> (30.04.2022).
- [3] K.Ngbolua A.L. Pambu, L.S. Mbutuku, N.H. Kongo, G.N. Bongo, M.N. Bimpendu, M.C. Falanga, Z.B. Gbolo & T.P. Mpiana. Etude comparée de l'activité floculante de *Moringa oleifera* et *Vetivera zizanoïdes* dans la clarification des eaux des mares au plateau de Batéké, République Démocratique du Congo. *IJISR*, 24 (2), 379-387, 2016.

- [4] A. Kaboré, I. Zongo, J. Sawadogo, B. Sawadogo, A. Doumounia, S.A. Kima & I.N. Nombré. Efficacité du traitement de l'eau des puits avec les tourteaux de *Moringa oleifera* par coagulation et filtration sur sable dans les ménages ruraux au Burkina Faso. *EWASH & TI Journal*, 4 (1), 307-314, 2020.
- [5] J.F. Cruz, D.J. Hounhouigan, M. Harvard & T. Ferré. *La transformation des grains*. Collection Agricultures tropicales en poche, Quae, Presses agronomiques de Gembloux, CTA, Versailles, Gembloux, Wageningen, 2019.
- [6] P. Le Cloirec, Y. Andrès, C. Faur & C. Gérente. La biosorption dans le traitement des eaux chargées en ions métalliques. In: Gregorio C., et Pierre-Marie B., Ed. *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées. Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique*. Presses Univ. Franche-Comté, pp. 237-264, 2007.
- [7] CREPA. Guide pour le contrôle et suivi de la qualité des eaux usées: Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Ouagadougou, Burkina Faso, ASDI, DDC, DANIDA, 2007.
- [8] O. Passafume, L. Oriol, O. Jolly, N. Garcia, E. Grosteffan & P. Rimmelin-Maury. *Détermination de l'Oxygène dissous par la méthode Winkler*. Service d'Observation en Milieu Littoral (SOMLIT), France, 2020.
- [9] J. Rodier, B. Legube & N. Merlet. *L'analyse de l'eau, contrôle et interprétation: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 10^e Ed. Paris, Dunod, 2005.
- [10] F. Berne & C. Jean. *Traitement des eaux*, Édition TECHNIP, 1991.
- [11] ISO 7899-1. Qualité de l'eau – Recherche et Dénombrement des Entérocoques Intestinaux – Partie 1: Méthode Miniaturisée (Nombre le Plus Probable) pour les Eaux de Surface Résiduaires. Organisation Internationale de Normalisation. Genève, Suisse, 1998.
- [12] ISO 4831. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs – Horizontal Method for the Detection and Enumeration of Coliforms – Most Probable Number Technique. International Standard Organisation. Geneva, Switzerland, 2006.
- [13] G. Leyral, C. Bonnefoy & F. Guillet. *Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires*. Doin, Paris, 2002.
- [14] ISO 7251. Microbiologie des aliments – Méthode Horizontale pour la Recherche et le Dénombrement d'*Escherichia coli* Présumés – Technique du Nombre le Plus Probable. Organisation Internationale de Normalisation. Genève, Suisse, 2005.
- [15] OMS. *Directives de qualité pour l'eau de boisson*. 4^e éd. Intégrant le premier additif. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse, 2017.
- [16] M. Arbonnier. *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest*. 2^e éd. Paris, France; CIRAD-MNHN, 2002.
- [17] G. Folkard. Development of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala* tree to provide valuable products: coagulant for water/wastewater treatment and vegetable oil. Technical report for period 1, University of Leicester, UK, 1997.
- [18] N. Foidl, H.P.S. Makkar & K. Becker. *Potentiel de Moringa oleifera en agriculture et dans l'industrie*. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale. Dar Es-Salaam, Tanzanie, 2001.
- [19] J.A. Faby & F. Eleli. *Utilisation de la graine de Moringa: essais de floculation au laboratoire et en vraie grandeur*, 1993. [en ligne] disponible sur: <http://www.genevaundcover.ch> (5.5.2022).
- [20] M.L. Belghiti, A. Chahlaoui, D. Bengoumi & R. El Moustaine. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*, 14, 21-36, 2013.
- [21] T. Maoudomba, G. Ndoutamia & A. Ngakou. Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits, de forages et de rivières traitées au *Moringa oleifera* consommées dans le bassin pétrolier de DOBA au Tchad. *Larhyss Journal*, 24, 193-208, 2015.
- [22] N. Benkaddour. Contribution à l'étude de l'efficacité de la graine de *Moringa Oleifera* dans la dépollution des eaux d'Oued Safsaf, 2016. [en ligne] disponible sur: <http://www.fac.umc.edu.dz> (15.04.2022).
- [23] H.J. Rakotoniriana, N.R. Randriana, J.D. Ramarason, A.M. Herihajaniavo & L. Andrianaivo. Etude comparative des coagulants dans le traitement des eaux. *Madia-Hary*, 4, 67-77, 2015.
- [24] J. Bratby. *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment*. Second Edition. London, IWA Publishing, 2006.

Etude diagnostic et amélioration du système de production d'un champignon aux vertus nutritionnelles reconnues, le *Pleurotus geesteranus* Singer (1961)

[Diagnostic study and improvement of the production system of a mushroom with recognised nutritional virtues, the *Pleurotus geesteranus* Singer (1961)]

KOUAME Adam Camille¹, OKA N'Zué Kouadio Christian², ADOU Marc², N'DRI Yao Denis², and AMANI N'Guessan Georges²

¹Station de Recherche sur les Productions d'élevage, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Direction Régionale de Bouaké, 01 BP 633 Bouaké 01, Bouaké, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Biochimie Alimentaire et de Technologies des Produits Tropicaux (LBATPT), Université NANGUI ABROGOUA (UNA), UFR des Sciences et Technologies des Aliments, Abidjan, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Despite its cultivation in Côte d'Ivoire, the unavailability of edible mushrooms limits its promotion in human food. The objective of this study was therefore to find solutions to the productivity problems of the mushroom *Pleurotus geesteranus* on a mycicultural farm. To this end, a SWOT diagnostic study of the mushroom production system was carried out on the FESAAP farm in order to identify the causes of the lack of production and to provide solutions. This enabled corrective measures to be implemented. Production performance was then assessed. The SWOT diagnosis indicated a number of problems, including management, production knowledge, good farming practices... It also revealed strengths such as the proximity of the company to its customers and low production costs... The analysis of the external environment also showed opportunities such as a non-competitive local market and a diverse customer base... On the other hand, the lack of technical support, the absence of bank financing and the unavailability of inputs were mentioned as threats to the existence of this activity. The implementation of corrective actions such as the establishment of an operating organisation chart, the establishment of a relationship of trust between the staff and the executive office, etc., has enabled a substantial resumption of production with an efficiency level of 68.5%. However, efforts still need to be made regarding the yield per log, which for 600 g expected, only 190.3 g were obtained.

KEYWORDS: *Pleurotus geesteranus*, Fishbone diagram, SWOT, management, myciculture.

RESUME: L'indisponibilité des champignons comestibles se pose malgré sa culture en Côte d'Ivoire, limitant du coup sa promotion dans l'alimentation humaine. L'objectif de cette étude visait donc à trouver des solutions face aux problèmes de productivité du champignon *Pleurotus geesteranus* d'une ferme mycicole. Pour ce faire, une étude diagnostic SWOT du système de production du champignon a été réalisé au sein de la ferme FESAAP afin d'identifier les causes de l'absence de production et y apporter des solutions. Cela a permis de mettre œuvre des mesures correctives. Les performances de production ont été ensuite évaluées. Le diagnostic SWOT a indiqué un bon nombre de problèmes notamment le management, la connaissance de la production, les bonnes pratiques de culture... Il a aussi révélé des atouts comme la proximité de la avec sa clientèle, le faible cout de production... L'analyse de l'environnement externe a également montré des opportunités comme un marché local non concurrentiel, une diversité de la clientèle... Par contre, le manque d'encadrement technique, l'absence de financement des banques et l'indisponibilité des intrants ont été désignés en exemple comme des menaces pour l'existence de cette activité. La mise en œuvre d'actions correctives comme la mise en place d'un organigramme de fonctionnement, l'établissement d'une relation de confiance entre le personnel et le bureau exécutif... aura permis une reprise substantielle de la production avec un niveau d'efficacité de 68,5 %. Toutefois, des efforts restent encore à faire concernant le rendement par bûche qui pour 600 g attendus, seulement 190,3 g ont été obtenus.

MOTS-CLEFS: *Pleurotus geesteranus*, Diagramme d'Ishikawa, SWOT, management, myciculture.

1 INTRODUCTION

Face à la recrudescence des maladies métaboliques (diabète, obésité, hypertension.), le choix des aliments doit être judicieux et devrait se baser sur des aliments sains, peu hyperglycémiant, mieux encore sur des aliments dont le profil nutritionnel est satisfaisant. Les champignons comestibles présenteraient ces atouts et méritent d'être exploités. Plusieurs études ont déjà montré leur valeur nutritionnelle, leur acceptabilité dans les habitudes alimentaires des ivoiriens, ainsi que leurs propriétés thérapeutiques [1; 2]. Cependant en Côte d'Ivoire, la culture du champignon est encore au stade embryonnaire et le *Pleurotus geesteranus* (*P. geesteranus*) est actuellement l'espèce la plus cultivée, principalement à Dabou, dans la région des Grands-Ponts [3]. Malgré un engouement autour de cette activité, sa disponibilité reste malheureusement limitée. C'est un problème en matière de sécurité alimentaire qui se pose, malgré sa demande forte. Une démarche résiliente qui pourrait être envisagée est un processus permettant de collecter et traiter les informations indispensables à l'identification des problèmes et des opportunités de la culture champignonnière, à l'analyse de problèmes essentiels et à la proposition de solutions potentielles. C'est pour répondre à cette problématique que la présente étude, s'est donnée pour objectif de trouver des solutions face aux problèmes de productivité mycicole en Côte d'Ivoire et plus spécifiquement de la ferme mycicole FESSAP.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

L'espèce *Pleurotus geesteranus* (Fig. 1) généralement appelé le champignon d'huîtres se caractérise par un chapeau (pileus) légèrement bombé puis s'étalant en éventail avec un diamètre de 4 à 15 cm.



Fig. 1. Culture du champignon *Pleurotus geesteranus*

2.2 CADRE D'ÉTUDE

Cette étude s'est déroulée dans une exploitation agro-pastorale. Elle s'est concentrée principalement sur les activités de production de la ferme « Femme Solidaire pour l'Action pour Auto-Promotion » ou FESAAP en abrégé. Cette ferme a été choisie comme la principale zone de recherche parce qu'elle soutient la promotion de la production des cultures à haute valeur biologique. Créée le 03 Octobre 2006 (Référence: N°559/MI/DGAT/DAGP/SDVA du ministère de l'intérieur), l'association FESAAP est un groupement de femmes du département de Dabou dont les activités s'inscrivent dans le cadre de l'amélioration des conditions de vie de ces membres, surtout les plus démunis. Depuis 2011, la FESAAP s'est lancée dans la culture et la commercialisation des champignons comestibles *P. geesteranus* au sein de sa ferme.

2.3 MÉTHODOLOGIES

La méthodologie adoptée est axée sur la collecte des données sur le terrain au moyen:

- D'une observation participante,
- D'un entretien semi-directif,
- D'une grille d'observation élaborée à cet effet et,
- La mise en œuvre d'une analyse swot (strengths – weaknesses – opportunities – threats).

Objectifs

- Identifier les acteurs impliqués,
- Comprendre les règles qui régissent son fonctionnement,
- Identifier ses forces et ses faiblesses,
- Dégager des perspectives et pistes d'action pour améliorer la productivité des champignons comestibles (*p. Geesteranus*).

2.3.1 COLLECTE DES DONNÉES

Les données ont été collectées sur le terrain, au moyen d'une observation participante [4] et d'entretien semi-directif [5].

2.3.1.1 OBSERVATION PARTICIPANTE

Il s'agit d'une démarche inductive qui vise à découvrir par l'observation ce qui organise les rapports sociaux, les pratiques et les représentations des acteurs du terrain étudié [6].

2.3.1.2 ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF

L'entretien semi-directif, également être appelé « entretien centré » [5] est celui dans lequel l'enquêteur définit un thème général, en utilisant un guide structuré pour aborder une série de thèmes. Il ne s'agit pas d'une simple discussion, mais d'un échange social orienté par la recherche d'informations spécifiques, cadrés, en fonction d'une problématique de travail hypothétique liée à l'objet étudié. Particulièrement, il s'agit de dialoguer avec différents interlocuteurs ciblés, personnes ressources, consommateurs, producteurs et commerçants pour bien cerner les grandes questions qu'évoque le thème d'étude.

2.3.2 DIAGNOSTIC STRATÉGIQUE

Au terme de l'observation participante réalisée au sein de la ferme, les données qualitatives collectées ont fait l'objet d'une analyse diagnostic. Ce diagnostic, se justifie par la baisse inexplicée de production de champignon. Elle a eu recours à deux approches différentes mais complémentaires. La première approche tient d'une part au digramme d'ISHIKAWA [7] qui permet d'expliquer les causes de cette baisse de la productivité des champignons et d'autre part, à une analyse des facteurs internes, forces et faiblesses et des facteurs externes, opportunités et menaces qui permettrait de classer les informations issues du diagramme dans la matrice SWOT.

2.3.2.1 DIAGRAMME D'ISHIKAWA OU MÉTHODES DES « 7 M »

Pour expliquer la baisse de la production des champignons *P. geesteranus*, le diagramme « causes-effet » d'Ishikawa ou diagrammes en arêtes de poisson adapté aux organisations a été utilisé [8]. Cet outil permet d'identifier l'ensemble des causes pouvant affecter un effet constaté, en l'espèce celui de l'absence de production. Le diagnostic s'est limité pour ce diagramme aux 7 causes principales relatives aux dysfonctionnements potentiels de notre organisation que sont, le milieu, la main d'œuvre, méthode, la matière, le matériel, le management et les moyens financiers (Fig. 2).

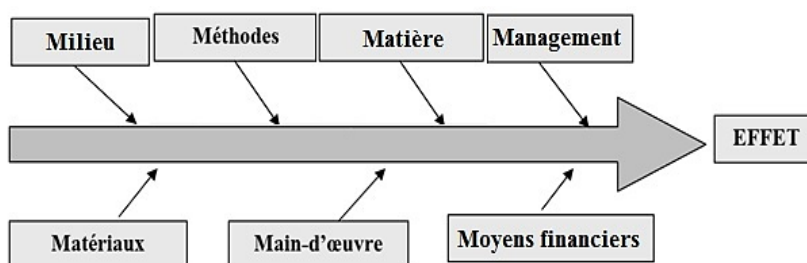


Fig. 2. Diagramme d'ISHIKAWA adapté aux organisations [8]

2.3.2.2 EXPLOITATION DES DONNÉES: MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL DIAGNOSTIC SWOT

L'analyse SWOT ou AFOM (Atouts – Faiblesses – Opportunités – Menaces) est un outil issu du monde du marketing, aujourd'hui fréquemment utilisé comme grille de lecture pour le développement de projets innovants. Cet outil synthétise les forces (Strengths) et

les faiblesses (Weaknesses) de l'entreprise, ainsi que les opportunités (Opportunities) et les menaces (Threats) potentielles du marché ou de l'activité afin d'aider à la définition de stratégies d'amélioration. En cette circonstance, l'analyse a porté sur le (s) problème (s) relatif (s) à la productivité des champignons cultivés dans la ferme (Femme Solidaire pour l'Action pour l'Auto-Promotion), notamment ceux de la culture des champignons *P. geesteranus*. La mise en œuvre s'est présentée selon deux étapes distinctes qui consistent à identifier les qualités internes de l'exercice (forces et faiblesses) dans le contexte global et vis-à-vis des facteurs externes (opportunités et menaces), puis en la définition des stratégies correctives.

Pour avoir une vision globale sur les différents points abordés dans le contexte de cette étude, la restitution des résultats de l'analyse SWOT s'est présentée sous la forme d'un tableau (Tableau 1) détaillant les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces.

Tableau 1. Logique de l'analyse SWOT

| | | |
|----------------|----------------|----------------|
| | Positif | Négatif |
| Interne | Forces | Faiblesses |
| Externe | Opportunités | Menaces |

2.3.3 DÉFINITION DES STRATÉGIES

Sur la base des conclusions de l'analyse externe et interne relative à la productivité des pleurotes, des stratégies ont été définies aux fins d'améliorer la production mycicole. Chacune des principales forces et opportunités identifiées ont fait l'objet d'une réflexion pour définir la stratégie adéquate à mettre à profit. Il en est de même pour les principales faiblesses et menaces identifiées et qui permettra de les éviter, de les minimiser ou d'en prévenir les conséquences. L'objectif de cette phase est de voir comment tirer parti de la situation au mieux. Le tableau 2 ci-dessous symbolise la relation entre les facteurs de l'analyse SWOT.

Tableau 2. Relation entre les facteurs de l'analyse SWOT

| Acteurs concernés | | | Approche interne | | |
|--------------------|---|--------------------------------------|---|--|--|
| | | | Liste des forces | Liste des faiblesses | Examiner en quoi les forces permettent de maîtriser les faiblesses |
| Approches externes | Liste des opportunités | Comment maximiser les opportunités ? | Comment maximiser les forces ? | Comment minimiser les faiblesses ? | |
| | Liste des menaces | Comment minimiser les menaces ? | Comment utiliser les forces pour tirer parti des opportunités ? | Comment corriger les faiblesses en tirant parti des opportunités ? | |
| | Examiner en quoi les opportunités permettent de minimiser les menaces ? | | Comment utiliser les forces pour réduire les menaces ? | Comment minimiser les faiblesses et les menaces ? | |

Source: Kouamé et al [9]

2.3.4 ÉLABORATION DU PLAN D' ACTIONS STRATÉGIQUES

Tenant compte des capacités intrinsèques de la ferme suite à l'analyse diagnostic, un plan d'action stratégique a été élaboré. Ce plan d'action précise pour une période donnée, les principaux objectifs de la ferme, les principaux types d'actions et moyens qu'elle met en œuvre pour atteindre ces objectifs. Six étapes sur la base de recommandations ont été proposées. Les six étapes ont été:

- (i) Définir les objectifs du plan,
- (ii) Elaborer la liste des différentes activités à mener,
- (iii) Identifier les personnes impliquées et les informations relatives à la mise en œuvre des actions à mener,
- (iv) Fixer la période de réalisation et,
- (v) Proposer des critères de réussite

2.3.5 MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS CORRECTIVES ET ÉVALUATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE

Le plan d'action stratégique issu de l'analyse diagnostic établi, a permis de répondre au besoin de la production des champignons. Les actions telles que la mise en œuvre d'un plan de maîtrise des bonnes pratiques d'hygiène (BPH) et la mise en œuvre d'itinéraire technique de la culture ont été suggérées pour renforcer les capacités des membres de la ferme.

2.3.6 RÉCOLTE ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS DE CHAMPIGNONS PLEUROTUS GEESTERANUS

Un échantillonnage a été réalisé à la ferme mycicole FESAAP et a porté essentiellement sur les fructifications du champignon *P. geesteranus* avant la mise en œuvre des actions correctives (Av.AC) et après la mise en œuvre des actions correctives pendant trois récoltes. Après la mise en œuvre des actions correctives, la première récolte a été faite au jour un (PG1), la deuxième récolte au jour trente, c'est à dire trente jours après (PG2) et la troisième récolte au jour soixante, c'est à dire trente jours après la deuxième récolte (PG3), sur les mêmes substrats de culture. Chaque récolte a été faite à la main. Les champignons bien développés ont été comptés et pesés après chaque récolte. Les fructifications sèches et à tête d'épingle comme décrit par Amin et al. [10] n'ont été pas retenues. Les petites fructifications ont été incluses dans le décompte.

3 RÉSULTATS

3.1 DONNÉES QUALITATIVES ISSUES DE L'OBSERVATION PARTICIPANTE

Des données consignées dans le **tableau 3** décrivent le fonctionnement interne et l'environnement dans lequel a évolué la ferme FESAAP de Février 2016 à Mars 2017. Les activités comme le compostage; l'ensachage; la stérilisation; le lardage sur des bûches stérilisées; l'incubation et la fructification et son positionnement ont été relevés et décrits.

Tableau 3. Informations issues de l'observation participante dans la ferme FESAAP

| Activités observées | Étape du compostage |
|-------------------------------|---|
| Préparation du compost | La sciure (ingrédient principale de la matrice) de bois et le son de riz (supplément protéique) sont disponibles et bon marché; |
| | La chaux (appelé "la craie" par les femmes) est difficile d'accès. Le fournisseur exige une présentation d'un compte contribuable avant livraison; |
| | Pour se faire livrer la chaux, la ferme passe sa commande par le biais d'autres fermes; |
| | La ferme dispose de 4 formules pour la préparation du compost; |
| | Malgré ces formulations, la ferme fait appel à une collaboration extérieure afin de répondre à la faible production; |
| | Les actions des techniciens ne sont pas maîtrisées faute de directives claires lors de la préparation du compost |
| Retournement du compost | Le retournement n'est pas régulier, retardant ainsi le compostage; |
| | Cette activité demande beaucoup d'effort aux braves femmes qui ont un certain âge (> 40 ans). Elles font appel aux jeunes hommes enquête de petit contrat. |
| | Cette activité se déroulait 1 fois par semaine au lieu de 2 fois par semaine |
| Activités observées | Étape de l'ensachage |
| Processus d'ensachage | Cette phase est facile à mettre en œuvre; |
| | Cette activité prend 2 à 3 h, voire même une journée en fonction de la quantité de compost disponible |
| | Les sachets thermorésistants ne sont pas facilement accessibles. Le fournisseur exige une commande de 3 millions F.CFA avant la confection et la livraison des sachets; |
| | La ferme se fait livrer par un particulier (lui-même myciculteur) au lieu d'un grossiste ou d'une éventuelle coopérative |
| Activités observées | Étape de stérilisation |
| Processus de la stérilisation | Le fût métallique sert d'outil pour la stérilisation des bûches et le bois de chauffe est utilisé comme combustible; |
| | L'équipement est assez rudimentaire donc difficile d'en évaluer son efficacité, ni son contrôle; |
| | Le fût métallique est rouillé, faute d'un plan de maintenance préventive; |
| | Bonne maîtrise de la technique de stérilisation par le personnel; |
| | Le personnel laisse les bûches refroidir dans le fût pour l'ensemencement; |
| | Pénurie souvent observée du combustible; |
| | Cette étape dure 4 h. |
| Activités observées | Étape du lardage sur les bûches stérilisées |
| Processus d'ensemencement | Une opération assez délicate, condition aseptique recommandée; |

| | |
|--|---|
| | Les conditions de travail ne sont pas aseptiques, risque élevé de contamination croisée; |
| | La ferme ne dispose pas de salle d’ensemencement pourtant prioritaire pour garantir l’hygiène; |
| | Le personnel ne possède pas d’équipement afin de réduire le risque contamination des bûches lors de l’opération; |
| | Le fournisseur est localisé au Ghana; |
| | Risque de pénurie du blanc de semis dû à la demande intérieure au niveau du Ghana; |
| | Le blanc de semis, importé du Ghana, sont souvent de mauvaise qualité |
| | Une tige métallique stérilisée seulement à l’alcool est utilisée pour racler le blanc de semis afin de détacher les grains; |
| | Le personnel n’a pas une bonne maîtrise des notions "d’hygiène", "de contamination croisée" et "d’asepsie" |
| Activités observées | Étape d’incubation et fructification |
| Processus d’incubation et de fructification | Une opération assez délicate, condition aseptique recommandée; |
| | Les conditions de travail ne sont pas aseptiques, risque élevé de contamination croisée; |
| | La ferme ne dispose pas de salle d’ensemencement pourtant prioritaire pour garantir l’hygiène; |
| | Le personnel ne possède pas d’équipement afin de réduire le risque contamination des bûches lors de l’opération; |
| | Le fournisseur de blanc de semis est localisé au Ghana; |
| | Risque de pénurie du blanc de semis dû à la demande intérieure au niveau du Ghana; |
| | Le blanc de semis, importé du Ghana, sont souvent de mauvaise qualité |
| | Une tige métallique stérilisée seulement à l’alcool est utilisée pour racler le blanc de semis afin de détacher les grains; |
| | Le personnel n’a pas une bonne maîtrise des notions "d’hygiène", "de contamination croisée" et "d’asepsie" |
| Activités observées | Positionnement |
| Partenaires techniques (Ministère de l’agriculture et du développement Rural) et le PNUD | La FESAAP est considérée comme la vitrine de la myciculture en Côte d’Ivoire au regard des collaborations engagées notamment: |
| | Ministère de tutelle invite au SARA, Salon International de l’Agriculture et des Ressources animales d’Abidjan; |
| | Ministère de tutelle octroie 2 places pour un stage de perfectionnement sur culture de champignons en Chine; |
| | Le PNUD, en plus d’être bailleur du projet champignon, a dispensé une formation sur gestion simplifiée à la demande de la ferme. |
| Activités observées | Positionnement |
| Partenaire commercial Les autres myciculteurs | Les partenaires trouvent que la FESAAP est un fournisseur fiable; |
| | Les ménages souhaitent une baisse du prix de vente des champignons |
| | Les myciculteurs considèrent la ferme FESAAP comme une ferme école car elle a contribué à la formation et à l’installation de certains; |
| | La FESAAP aide les autres fermes mycicole à écouler leur production (champignons). |
| Observations générales | La FESAAP ne bénéficie pas de soutien technique de la part des structures d’encadrement nationales; |
| | La FESAAP ne bénéficie pas d’appui financier de la part des structures de financement. |
| | La FESAAP n’appartient pas à aucune coopérative |

3.2 ANALYSE DIAGNOSTIC

3.2.1 RESTITUTION DU DIAGRAMME DE CAUSE À EFFET D’ISHIKAWA (LES 7 M)

L’influence des composantes que sont le Management, la Matière, la Méthode, le Milieu (environnement), les Moyens financiers, la Main d’œuvre et le Matériels équipements (7M) sur la production des champignons *P. geesteranus* de la ferme FESAAP a été exprimée à l’aide d’un diagramme des causes à effets ou Diagramme d’Ishikawa (Fig. 3).

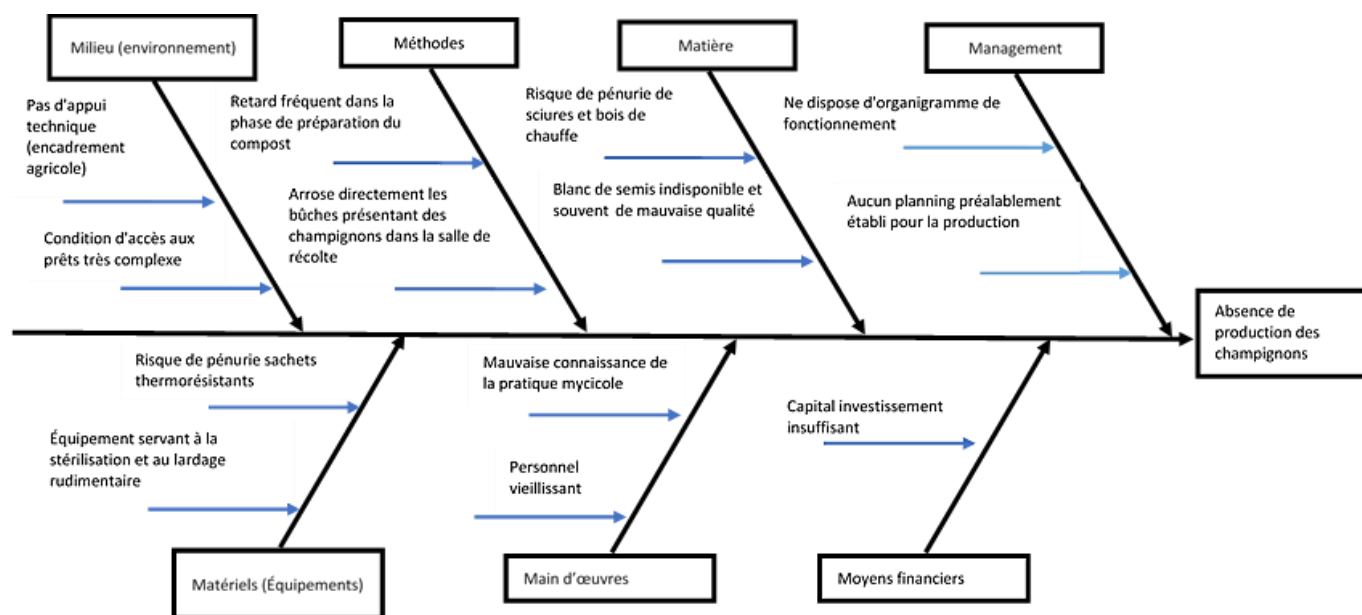


Fig. 3. Diagramme des causes à effets (Diagramme d'Ishikawa) de la ferme FESAAP et de son environnement

3.2.2 RESTITUTION DE L'ANALYSE SWOT

Les données présentant les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces de la ferme mycicole FESAAP illustrent parfaitement l'organisation interne mise en place et les opportunités ainsi que les difficultés liées à ce secteur d'activité (Tableau 4).

Tableau 4. Matrice SWOT décrivant les facteurs internes (Forces et Faiblesses) et les facteurs externes (Opportunités et Menaces) de la ferme FESAAP

| | Positif | Négatif |
|-------------------|--|---|
| | Forces | Faiblesses |
| Facteurs internes | 1. Pleurotes disponibles et prisés malgré son introduction récente; 2. Politique commerciale efficace; 3. Proximité avec la clientèle permettant à la FESAAP d'écouler la production des autres fermes; 4. Faible coût de production des pleurotes; 5. Prix très concurrentiel des champignons produits localement par rapport à ceux importés; 6. Notoriété reconnue par les partenaires; 7. Personnels expérimentés (8 ans). | 1. Absence d'organigramme de fonctionnement; 2. Itinéraire technique mal exécuté par le personnel; 3. Agencement des différentes salles opérationnelles propices aux contaminations croisées; 4. Nombre trop important de départ volontaire; 5. Personnel pas suffisamment formé pour la gestion des facteurs environnementaux; 6. Absence d'un plan de nettoyage et de désinfection des locaux et des équipements; 7. Faible apport de capitaux pour faire face aux investissements nécessaires à l'installation; 8. Séances de renforcement de capacité non prévues. |
| Facteurs externes | Opportunités | Menaces |
| | 1. Marché ne faisant encore l'objet d'une forte concurrence; 2. Possibilité de mettre en œuvre des produits dérivés du champignon; 3. Création d'une coopérative afin de mutualiser les efforts; 4. Politique de la promotion des produits alimentaires du terroir préconisé par la grande distribution en phase avec la myciculture. | 1. Consommateurs souhaitant une baisse du prix de vente des champignons cultivés; 2. Blanc de semis fourni souvent de mauvaise qualité; 3. Risque de pénurie due aux sciures et bois de chauffe; 4. Absence d'accompagnement financier destiné aux producteurs; 5. Absence d'appui technique de structures d'encadrement. |

3.3 MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS CORRECTIVES À L'INTENTION DE LA REPRISE DE LA PRODUCTION DES CHAMPIGNONS PLEUROTUS GEESTERANUS: RESTITUTION DU PLAN D'ACTION STRATÉGIQUE

Un plan d'action découlant des faiblesses décrites à la matrice SWOT a été présenté dans le tableau 5. Six niveaux de dysfonctionnements ont fait l'objet d'analyse. Ce sont (i) l'absence d'organigramme de fonctionnement, (ii) l'itinéraire technique mal exécuté par le personnel, (iii) le nombre trop important de départ volontaire, (iv) un personnel pas suffisamment formé pour la gestion des facteurs environnementaux, (v) l'absence d'un plan de nettoyage et de désinfection des locaux et équipements, (vi) le faible apport de capitaux pour faire face aux investissements nécessaires à l'acquisition d'équipements plus performants. Les actions de corrections à apporter ont été proposées à cet effet. Les responsabilités, le délai d'exécution, les résultats attendus, l'efficacité, les preuves ainsi que les méthodes d'évaluation ont été également relevés et consignés dans le même tableau.

Tableau 5. Plan d'action à l'issu de la matrice SWOT

| N° | Écarts (dysfonctionnement) | Analyse des causes | Actions correctives | Responsable | Délai d'exécution | Résultats attendus | Preuves | Méthode d'évaluation |
|----|--|---|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|
| 1 | Absence d'organigramme de fonctionnement | Responsabilités ne sont pas définies | - Mettre en place un organigramme de fonctionnement | Responsable chargé de la production | Durée du mandat | 95 % de taux présence | Fiche de poste | Par observation |
| 2 | Itinéraire technique mal exécuté par le personnel | - Diverses formulations apportées par les différents collaborateurs extérieurs; - Le mode de préparation varie d'une formulation à une autre - Improvisation dans l'exécution du compostage par l'équipe; - Le compost n'est pas régulièrement retourné. | -Mettre à la disposition de l'équipe une seule formule; -Fixer la méthode de préparation lors du processus compostage; -Établir et s'assurer du respect de la fréquence de retournement | Chef d'équipe | 45 jours | 95 % des bûches colonisés | Cahier d'enregistrement de la production | Calcul des indicateurs de SMQ proposé par Qualiblog.fr |
| 3 | Nombre trop important de départ volontaire | -Faible production; -Faible retour à l'investissement; -Revenu directement lié à la vente des champignons. | -Améliorer la production -Établir une relation de confiance entre le personnel et le bureau exécutif | Le bureau exécutif | Annuel | Taux de turnover ≤ 15 % | -Tableau de bord des ressources humaines | Calcul et analyse du taux de turnover proposé par gereso.com |
| 4 | Personnel pas suffisamment formé pour la gestion des facteurs environnementaux | -Méconnaissance des facteurs environnementaux (% CO2; % HR; T °C et % O2); -Défaut d'équipement de mesure; -Aucune procédure n'est requise pour la gestion de ces paramètres | -Réaliser une formation sur la maîtrise de ces paramètres; -Prévoir l'achat d'un thermo- hygromètre | Le bureau exécutif | À chaque cycle de production (4 mois) | - 95 % des bûches colonisés (incubation) -Nombre de récolte ≥ 30 | -Cahier d'enregistrement journalier des paramètres -Cahier d'enregistrement de la production | -Taux de colonisation ≥ 95% lors de l'incubation -Nombre de récolte ≥ 30 |
| 5 | Absence d'un plan de nettoyage et de désinfection des locaux et équipements | -Présence de nuisibles; -Présence de déjections animales; -Tissu nécrosé au niveau du chapeau du champignon -Procédure de la lutte contre les nuisibles n'est pas efficace; -Périodes de vide sanitaire ne sont pas prévus. | -Établir un plan de nettoyage et de désinfection | Responsable chargé de la production | À chaque cycle de production (4 mois) | Absence totale de traces de nuisibles | -Cahier d'enregistrement journalier -Absence de tissu nécrosé du champignon | -Par observation |
| 6 | Peu de capital pour faire face aux investissements nécessaires à l'installation | -La vente des champignons est l'unique source de revenu; -Pas d'accès aux crédits; | -Confectionner les produits dérivés à base de champignons | Le bureau exécutif | En cas de surproduction | Hausse du chiffre d'affaire | - Cahier des comptes | -Par observation |

3.4 PERFORMANCES AGRONOMIQUE DE CROISSANCE DU CHAMPIGNON PLEUROTUS GEESTERANUS AVANT ET APRÈS LA MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS CORRECTIVES

Sur un ensemble de 30 bûches colonisées, des variations sont observées après la pesée des fructifications (Fig. 4). A la période d'avant la mise en place des actions correctives (Av.AC), une seule récolte (de 47 g) correspondant à 100% (Tableau 6) a été enregistrée. Après la mise en œuvre des actions correctives (Ap.AC), trois grandes observations de récolte se distinguent en termes de la masse des fructifications produites. Les périodes allant du 1er à la 10e récolte, du 11e à la 20e récolte et du 21e à la 30e les constituent. Globalement, les pleurotes produits ont été plus important dans les 10 premières récoltes (1er à la 10e récolte). La quantité de fructification produites dans cette période est estimée à 814 g soit un taux cumulé de 61,1%. De la 11e à la 20e récolte, la masse cumulée est de 302 g soit un taux cumulé estimé à 22,7 %. Pour la troisième période allant de 21e au 30e, l'ensemble des pleurotes récolté a indiqué une quantité cumulée estimée à 216 g avec un taux cumulé de 16,2 % (Fig. 4).

Tableau 6. Masse et proportion cumulées du champignon *Pleurotus geesteranus* récoltés sur 30 bûches colonisées

| Observations (récolte périodique) | Paramètres de croissances | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Masse cumulée Av.Ac (g) | Masse cumulée Ap.Ac (g) | Taux cumulé Av.Ac (%) | Taux cumulé Ap.Ac (%) |
| Du 1 ^{er} au 10 ^e | 47 | 814 | 100 | 61,1 |
| Du 11 ^e au 20 ^e | 0 | 302 | 0 | 22,7 |
| Du 21 ^e au 30 ^e | 0 | 216 | 0 | 16,2 |
| Totaux | 47 | 1332 | 100 | 100 |

Av.AC: avant la mise en œuvre des actions correctives; Ap. AC: après la mise en œuvre des actions correctives

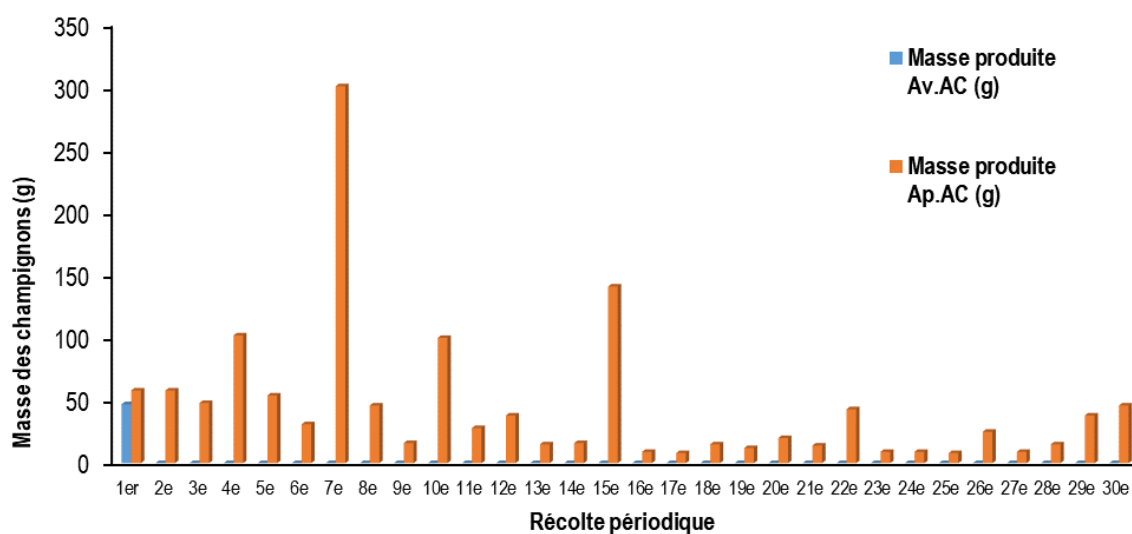


Fig. 4. Répartition de la biomasse sur une période de 60 jours de récolte

Av.AC: avant la mise en œuvre des actions correctives; Ap. AC: après la mise en œuvre des actions correctives

4 DISCUSSION

L'observation participante a permis d'identifier les forces et les faiblesses de la ferme FESAAP. Parmi ces atouts (forces), se trouve l'approche commerciale qui consiste à faire du « porte à porte ». Cette approche a contribué largement à une hausse du portefeuille client (restaurants, particuliers et grande distribution) de la ferme. Contrairement aux champignons issus de cueillette [11], celle des pleurotes sont pérennes, ce qui leur procure un avantage indéniable. Cette disponibilité est favorisée par son faible coût de production en utilisant des rebuts organiques bon marché et disponible, de même que l'utilisation de technique simple associant des équipements rudimentaires locaux comme des fûts métalliques (barrique), des sacs plastique et des fourches. La non utilisation de fertilisant et de

pesticide contribuent également à la baisse des coûts de production. Cela représente un double avantage pour la ferme, en ce sens qu’il permet d’une part de réduire les dépenses liées à ces intrants et d’autre part de préserver la santé des consommateurs par l’absence de résidus de pesticides dans les champignons produits. C’est ce qui explique les prix moins élevés des pleurotes produits localement comparativement à ceux importés. La FESAAP est aussi reconnue comme la structure pionnière en matière de culture du champignon en Côte d’Ivoire. A cela, il faut ajouter un personnel ayant une longue expérience de la culture (8 ans en moyenne). De plus, cette structure a contribué à la formation de 30 jeunes myciculteurs dont 11 sont installés à leurs propres comptes. Cette politique de promotion de la culture des pleurotes expliquerait la notoriété dont elle bénéficie aujourd’hui dans ce secteur d’activité. Les différents accords signés avec ces partenaires peuvent en être une parfaite justification.

Cependant, cet élan est freiné par la faible production des champignons pleurotes. En effet, plusieurs contraintes liées à l’organisation interne même de la ferme ont été observées. Ces contraintes se résument en des dysfonctionnements décelés dans la conduite quotidienne des différentes activités de production. La mauvaise exécution des itinéraires techniques peut être citée. À titre d’exemple, le mode de préparation du compost variait d’une formulation à une autre, si bien que différentes formulations sont utilisées par les techniciens. Ces formulations étaient obtenues par le biais de collaborateurs extérieurs pour les besoins de production. Bien que ces formulations du substrat soient globalement connues des responsables de la ferme, les techniciens en charge de la préparation du compost ne les maîtrisaient pas réellement. Il s’en est suivi de multiples formulations qui concouraient à l’improvisation quant au délai de fermentation. Les infrastructures actuelles de la ferme ont également affecté le processus de production notamment l’incubation. Les intrants étaient stockés dans la pièce qui sert d’incubation et les aller et venu des travailleurs dans cette même pièce perturbaient le processus d’incubation en cours. Les conditions d’incubation n’étaient donc plus appropriées pour la croissance végétative (colonisation) optimale. La faible production de champignons pouvait aussi s’expliquer par l’absence d’un plan de nettoyage et de désinfection des locaux et équipements. Cela contribuait à la prolifération des parasites, tels que les insectes, les acariens et autres nématodes. Il est bien connu que ces nuisibles sont des agents responsables de stress biologiques dans la culture du champignon [12]. Ils sont l’une des causes majeures de réduction du rendement des cultures. En général, les récoltes sont perdues à hauteur de 25 % à cause des insectes. Les pertes peuvent aller à 20 % seulement avec les nématodes [13].

Sur le plan financier, la ferme FESAAP ne dispose pas de capital suffisant pour faire face aux impératifs d’investissements, nécessaires à sa production (foncier, équipement spécifique minimum, etc.). Cette défaillance constituait un facteur limitant pour la mise œuvre d’une politique d’expansion ou d’une remise à niveau des ressources humaines et matérielles [14]. Cette situation annihile toute possibilité d’investissement. Hormis, l’appui financier du PNUD dont –t-elle a bénéficié pour l’installation de la ferme et l’acquisition des équipements nécessaires à la culture des pleurotes, les seuls revenus de ce groupement de femme se limitaient exclusivement qu’à sa commercialisation. La situation financière de la ferme FESAAP rend ainsi difficile sa gestion quotidienne. Les difficultés d’approvisionnement pour le renouvellement des consommables tels que le CaCO₃, le bois de chauffe et les sachets thermorésistants en sont une parfaite illustration. À cela, s’ajoute le nombre élevé de départ volontaire et l’absence de mise à niveau du personnel technique nouvellement recruté (renforcement de capacité). Cet état de fait fragilise la ferme FESAAP en termes d’efficacité. Ces départs engendrent une moins bonne qualité de service, comme le souligne Wynen et Kleizen [15] dans « Turnover & Performance; testing alternative views ». Pour ce type d’activité, le renforcement de capacité est nécessaire pour la bonne marche de la ferme, comme d’ailleurs pour toute organisation qui se veut professionnel. Ce renforcement facilite la mise en œuvre de nouvelles activités (maintenance préventive et gestion des points critiques dans la pratique agricole). À cette situation, des recommandations à l’attention des myciculteurs peuvent être émises. Ce sont (i) l’établissement d’un plan de nettoyage et de désinfection des locaux et équipements, (ii) la définition d’un itinéraire technique allant du processus de compostage jusqu’à la récolte des champignons, (iii) une clarté dans le rôle de chaque membre de l’équipe technique et (iv) l’établissement d’un plan de renforcement de capacité destiné aux personnels.

Les opportunités et les menaces liées aux activités de la ferme FESAAP influencent fortement le fonctionnement de la ferme et plus particulièrement le système de production de champignons *Pleurotus geesteranus*. Les opportunités, telles qu’identifiées lors des observations présagent de bonnes perspectives pour la ferme. Ces perspectives se dessinent aisément à travers le fait que le marché du champignon ne fait pas encore l’objet d’une forte concurrence. C’est indéniablement un avantage pour la ferme FESAAP car cette situation lui donnerait le temps de s’implanter de manière durable sur le marché des champignons comestibles en Côte d’Ivoire. Toutefois, quelques menaces liées à la culture et la vente des champignons comestibles existent. Cela se voit à travers les difficultés recensées. La plupart sont d’ordre technique, logistique, financier, social et économique. En effet, les ruptures fréquentes d’intrants comme le carbonate de calcium (CaCO₃) et les sachets thermorésistants en sont une parfaite expression. Concernant, les sachets thermorésistants, les fournisseurs exigent de grandes commandes, ce qui va souvent bien au-delà des capacités logistiques et financières de la ferme FESAAP. L’indisponibilité du CaCO₃, s’explique quant à elle, par des contraintes administratives, mais également par des conditions d’acquisition qui sont difficiles pour les petits exploitants comme la FESAAP. Ces ruptures d’intrants très souvent observées ont occasionné une cessation des activités de production et donc, un manque à gagner pour la structure. Djomene et al. [16] décrivaient la même complexité dans leurs travaux sur la gestion de la filière champignon au Cameroun, alors que cette activité champignonnière contribue activement au développement de l’économie de ce pays. La technicité en matière de production champignonnière pourra être citée comme un obstacle majeur au bon fonctionnement de la FESAAP. C’est un environnement qui se caractérise par plusieurs

difficultés notamment, le souci d'approvisionnement en blanc de semis de qualité d'une part et à la compétence technique des producteurs d'autre part. Pour Kimole [17], ces difficultés conditionnent même l'initiative d'une production champignonnière. Il est bien connu que le blanc de semis est l'élément principal dans la production des champignons [18] et en Côte d'Ivoire, le blanc de semis (semence) du pleurote est importé directement du Ghana. De plus, il n'existe aucune succursale de vente de semi en Côte d'Ivoire. L'importation du blanc de semis entraîne donc un surcoût de la production liée à la manutention, l'acquisition des équipements nécessaire pour le transport et aux tracasseries routières.

Eu égard aux menaces liées aux activités de la ferme FESAAP, des recommandations ont donc été émises, à savoir (i) mettre en place un plan stratégique d'action pour la promotion la culture des champignons comestibles; (ii) renforcer les capacités des agents des structures d'encadrement; (iii) améliorer la proximité entre les myciculteurs et les structures d'encadrement; (iv) favoriser la création d'un centre de formation destiné aux nouveaux apprenants; (v) organiser le système de petites exploitations pour permettre le développement de projets et augmenter la production par unité de surface; (vi) favoriser le rapprochement entre les myciculteurs et des bailleurs de fonds (les banques) et (viii) enfin favoriser la création d'un centre semencier. Dès lors, des actions correctives ont été appliquées. Elles ont pour seul objectif d'améliorer les performances des indicateurs fixés en rectifiant les dysfonctionnements observés. Avec un taux d'efficacité de 68,5 %, les actions correctives préconisées ont eu une influence positive sur les indicateurs de performance comme le taux de bûches colonisées, le nombre de récolte effectué et le rendement biologique. Au niveau du taux de bûches colonisées et du nombre de récolte, les taux ont évolués avec des niveaux d'efficacité supérieurs à la moyenne. Ces progressions seraient dues à la mise en œuvre des actions correctives proposées (plan de nettoyage et de désinfection des locaux et équipements.). Cette action corrective vise à favoriser de meilleures conditions aseptiques pendant le lardage des bûches stérilisées, l'incubation et la fructification. Dans la bibliographie, les contaminants très souvent cités sont les moisissures vertes *Trichoderma* ou *Aspergillus*. Elles étaient quasiment absentes dans le substrat, favorisant ainsi une colonisation rapide par le mycélium du *Pleurotus*. Une bonne maîtrise de l'hygiène est synonyme d'une qualité de substrat élevée. Pour Oei [19], elle est la clé d'une bonne production champignonnière. Les actions correctives concourant à une bonne préparation du compost ont également permis de réaliser 100 % des récoltes (30 récoltes fixées) pour la plupart des bûches durant la période d'étude. Cette performance serait due de la bonne qualité nutritionnelle du substrat de croissance. La présence de glucose, de fructose et de tréhalose dans le substrat justifierait également cette bonne qualité [20].

Au terme de plusieurs récoltes, les observations ont révélé une variation d'ordre morphologique significative des champignons *P. geesteranus*. Plusieurs études indiquent des observations similaires [23; 22; 21]. Ces variations morphologiques seraient liées à l'influence des facteurs écologiques favorables de la salle de récolte (température, humidité,...) permettant l'assimilation des nutriments disponibles par le champignon. En effet, plus le niveau d'absorbabilité des nutriments disponibles, est excellent, mieux les caractères morphologiques sont développés. Les températures modérées comprises entre 22 à 24 °C et un taux d'humidité maintenu entre 80 – 85 % [24] contribuent à la croissance du champignon *P. geesteranus*. Par conséquent, une meilleure gestion des facteurs écologiques par les myciculteurs permet de produire des champignons mieux développés.

5 CONCLUSION

La culture du champignon comestible *Pleurotus geesteranus*, bien qu'elle ne soit pas suffisamment connue, est une activité réelle en Côte d'Ivoire. Le cas de son étude au sein de la ferme FESAAP est un exemple. La mise en œuvre d'actions correctives et préventives sur la base d'un diagnostic préalablement exécuté est une solution susceptible de résoudre les problèmes de productivités du *Pleurotus geesteranus*. Six actions correctives ont été mise en œuvre à l'issue de l'étude diagnostic en vue d'une reprise effective de la production au sein de la ferme FESAAP. La mise en œuvre de ces corrections a obtenu un taux d'efficacité de 68,5 % sur l'ensemble des indicateurs agronomiques. Cette notice est essentielle à la bonne application du diagnostic agronomique. Elle guide pas à pas les différentes étapes du diagnostic, rendant la tâche accessible à tous.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier l'association FESAAP, un groupement de femmes du département de Dabou qui œuvrent à l'amélioration des conditions de vie de ces membres, surtout les plus démunis.

REFERENCES

- [1] Kalač P., 2013. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 209–218. doi: 10.1002/jsfa.5960.
- [2] Chatterjee N., Shi J. and García-Closas M., 2016. Developing and evaluating polygenic risk prediction models for stratified disease prevention. *Nature Reviews Genetics*, 17, 392–406. doi.org/10.1038/nrg.2016.27.
- [3] Oka N. K. C., Coulibaly A, Kouamé A. C., N'dri Y. D, Amani N. G., 2020. Nutritional profile of *Pleurotus geesteranus* from different harvests. *European Journal of Nutrition & Food Safety* 12 (9): 147-154, DOI: 10.9734/EJNFS/2020/v12i930296 <https://www.journalejns.com/index.php/EJNFS/article/view/30296/56839>.
- [4] Bastien S. (2007). Observation participante ou participation observante ? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales, *Recherches qualitative*, 27 (1), 127-140.
- [5] Merton R. K., Fiske M. and Kendall P. L. (1990). *The Focused Interview: A Manual of Problems and Procedures*. 2nd Edition, Free Press, New York.
- [6] Soulé B., 2007. Observation participante ou participation observante ? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales, *Recherches qualitatives*, 27 (1), 127-140.
- [7] Bachelet R., 2011. Les outils des méthodes de résolution de problèmes: le diagramme cause-effet, mars 2011.
- [8] Hohmann C., 2009. *Techniques de productivité, Comment gagner des points de performance. Pour les managers et les encadrants*. Editions d'organisation EYROLLES., 258p. ISBN: 978-2-212-54295-0.
- [9] Kouamé A. C., Oka N'z. K. C. 2, Adou M., N'Dri Y. D., Amani N. G., 2020. Guide diagnostic du système de production d'un champignon *Pleurotus geesteranus* Singer (1961) d'une exploitation agricole. Fiche Technique, CNRA, 12p.
- [10] Amin S. M. R., Sarker N. C., Moonmoon M., Khandaker J. and Rahman M., 2007. *Officer's Training Manual; National Mushroom Development and Extension Centre: Savar, Dhaka, Bangladesh*.
- [11] Koné N. A., Yéo K., Konaté S. and Linsenmair K. E., 2013. Socio-economical aspects of the exploitation of *Termitomyces* fruit bodies in central and southern Côte d'Ivoire: raising awareness for their sustainable use. *Journal of Applied Biosciences*, 70, 5580-5590. <http://m.elewa.org/JABS/2013/70/6.pdf>
- [12] Bissett J., 1984. A revision of genus *Trichoderma*, I. Section *Longibrachiatum* sect. *Revue canadienne de botanique*, 62, 924 – 931.
- [13] National Institute of Biotic Stress Management (2019). *Biotic stress in agriculture* [En ligne: <http://www.nibsm.org.in/index.php/abiotic-stresses>] (consulté le 07/01/2019).
- [14] Marshall.E, Nair.G, 2009. *Make money by growing mushrooms*. Rome: FAO.
- [15] Wynen J. and Kleizen B. (2017). Improving dynamics or destroying human capital? The nexus between excess turnover and performance. *Review of Managerial Science*. doi: 10.1007/s11846-017-0249-9.
- [16] Djomene Y. S., Foudjet E. A., Fon D. E. et Ninkwango T. A. (2017). La commercialisation des champignons comestibles au Cameroun. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 8: 65-71.
- [17] Kimole S., 2012. *The Adoption of Mushroom Farming among Smallholder Farmers: A Case of Women Mushroom Farmers in Makuyu, Kenya*. Unpublished ME d Thesis, School of Sciences, Van Hall Larenstein University of Applied sciences, Kenya.
- [18] Imtiaj A. and Rahman S., 2008. Economic viability of mushrooms cultivation to poverty reduction in Bangladesh. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 8, 93-99.
- [19] Oei P., 2005. *La culture des champignons à petite échelle pleurotes, shiitakes et auriculaires*. Première édition, Fondation Agromisa et CTA, Wageningen. <https://rs.umc.edu.dz/labos/gbbv/equipe2/pdf/champignon%20de%20paris.pdf>
- [20] Kitamoto Y., Horkoshi T., Hosio N. and Ichikawa Y. (1995). Nutritional study of fruiting-body formation in *Psiocybe panaeioiformis*, *Transactions of the Mycological Society of Japan*, 16 (3), 268.
- [21] Sher H., Alyemeni M., Bahkali A. and Sher H., 2010. Effect of environmental factors on the yield of selected mushroom species growing in two different agro ecological zones of Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 17, 321-326. 10.1016/j.sjbs.2010.06.004
- [22] Urben A. F., 2004. *Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília (in Portuguese).
- [23] Haugen J., 1998. Commercial mushroom cultivation. *Mushroom Growers Newslett*, 7 (1), 3.
- [24] Ahmed M., Abdullah N., Ahmed K. U. and Bhuyan Borhannuddin. M. H. M., 2013. Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48 (2), 197-202. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200010>.

Variabilité pluviométrique et mise en valeur des bas-fonds dans le bassin versant de Gomba Haoussa (Sud-Zinder au Niger)

[Rainfall variability and lowland development in the Gomba Haoussa watershed (Southern Zinder, Niger)]

Abdou Bagna Amadou

Département de Géographie, Université Abdou Moumouni, Ecole Normale Supérieure, BP 10963, Niamey, Niger

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the Sahel, rainfall is the fundamental climatic element that conditions the various agricultural activities. Their absence, scarcity, excess or poor spatial and temporal distribution are generators of food crises. In Niger, as in most Sahelian countries, climatic crises are recurrent and expose the country to chronic food deficits. As a result, producers resort to lowlands to mitigate rainfed food deficits. This study aims to analyze the climatic variability in the Gomba Haoussa watershed, and to reveal the rainfall and socio-economic trends of the exploitation of the lowlands. The climatic diagnosis was made from the Pettitt test (1979) on the Magaria series from 1950 to 2015. The field surveys in five sampled lowlands, involved 80 producers. The results show longer dry periods, thus making the rainfed agricultural production system more vulnerable. These changes translate to producers using lowlands for agricultural development.

KEYWORDS: Gomba Hausa, rainfall variability, lowlands, adaptation.

RESUME: Au Sahel, les précipitations représentent l'élément climatique fondamental qui conditionne les différentes activités agricoles. Leur absence, rareté, excès ou mauvaise répartition spatio-temporelle sont générateurs des crises alimentaires. Au Niger, comme dans la plupart des pays sahéliens, les crises climatiques sont récurrentes et exposent le pays à des déficits alimentaires chroniques. Dès lors, les producteurs ont recours aux bas-fonds afin d'atténuer les déficits alimentaires liés aux cultures pluviales. Cette étude a pour objectif d'analyser la variabilité climatique dans le bassin versant de Gomba Haoussa, et de dégager les tendances pluviométriques et socio-économiques de l'exploitation des bas-fonds. Le diagnostic climatique a été fait à partir du test de Pettitt (1979) sur la série de Magaria allant de 1950 à 2015. Les enquêtes de terrain dans cinq bas-fonds échantillonnés ont concerné 80 producteurs et les résultats obtenus montrent des périodes sèches plus longues, rendant ainsi plus vulnérable le système de production agricole pluviale. Ces changements se traduisent chez les producteurs par le recours aux bas-fonds pour des mises en valeur agricoles.

MOTS-CLEFS: Gomba Haoussa, variabilité pluviométrique, bas-fonds, adaptation.

1 INTRODUCTION

Au Sahel, les pauses pluviométriques et la concentration de grandes quantités de précipitation sur quelques jours handicapent les productions agricoles et, par conséquent, accentuent le risque d'insécurité alimentaire ([12], [1]). Cette situation conduit progressivement les producteurs à faire évoluer leurs pratiques agricoles et à développer des stratégies d'adaptation rendant moins vulnérables les cultures ([5]). La nouvelle dynamique d'intensification agricole orientée vers la mise en valeur des bas-fonds impose des choix culturels et constitue une des stratégies d'adaptation de l'agriculture aux dérèglements climatiques et/ou de

réduction du stress hydrique. Les bas-fonds constituent de nos jours un espace agricole regorgeant d'énormes atouts en matière de production agricole ([11]) et méritent d'être valorisés ([3]).

Cette étude vise à analyser les effets socio-économiques sur la vie des exploitants agricoles de la mise en valeur des bas-fonds dans un contexte de péjoration climatique marquée dans le bassin versant de Gomba Haoussa (Sud-Zinder au Niger).

2 DONNÉES ET MÉTHODES

L'espace d'étude est le bassin versant de Gomba Haoussa (entre 13,49' et 13,03' de latitude Nord, et entre 8,48' et 9,13' de longitude Est).

Il couvre une superficie de 263 986 hectares sur les communes de Kantché, Bandé, Magaria, Dogo et Gouna (figure 1). Le climat moyen est de type sahélien avec une normale de cumuls pluviométriques annuels entre 400 et 600 mm ([4]).

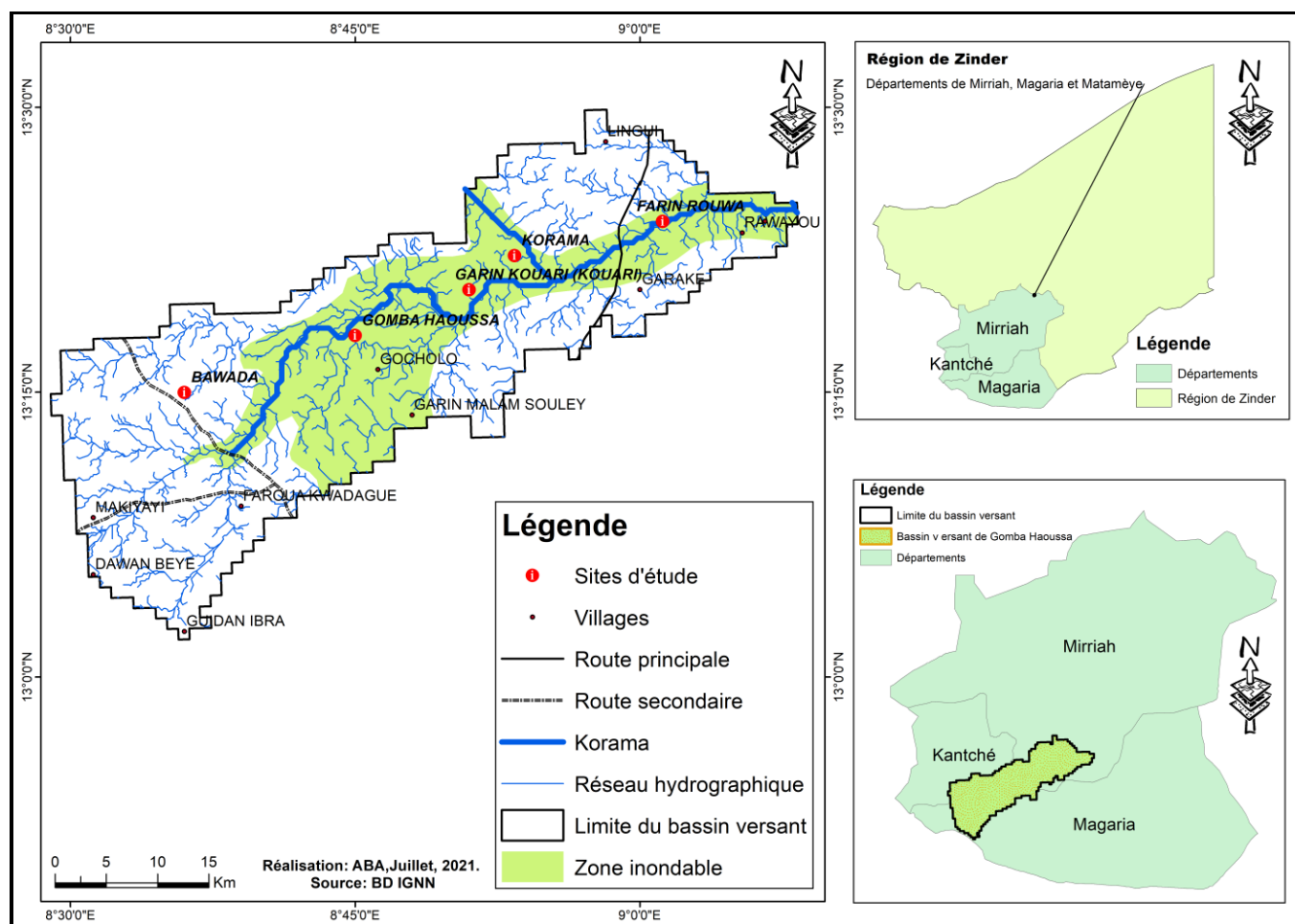


Fig. 1. Localisation géographique de la zone d'étude

Les données des hauteurs de pluies journalières de la station de Magaria (base de données de l'Agrhymet à Niamey) sur la période 1950-2015 permettent d'étudier les tendances pluviométriques. Les données pluviométriques ont été soumis au test de PETTITT ([8]). Les données agricoles relatives aux superficies emblavées et à la production sur la période 2016-2017 sont issues des statistiques de la Direction Régionale de l'Agriculture de Zinder. D'autres informations quantitatives (charges des exploitations et prix de vente des spéculations) et qualitatives sont obtenues lors d'investigations de terrain en milieu paysan au cours de l'année 2021. Des entretiens individuels liés à l'exploitation des bas-fonds aménagés dans le Sud-Zinder a permis d'interroger 80 producteurs.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉGIME ET VARIABILITÉ TEMPORELLE DE LA PLUVIOMÉTRIE

Les pluies interviennent entre juillet et septembre, le régime unimodal ayant son pic en août. L'analyse interannuelle sur la période 1950-2015 montre une évolution mitigée des hauteurs de pluie annuelles (figure 2). Cette variabilité contraint fortement le bon développement des cultures. Les années comprises entre 1967 et 1990 sont déficitaires, et celles de 2004-2012, une reprise d'années humides.

La tendance à la baisse observée s'accompagne d'un allongement de la saison sèche et du raccourcissement consécutif de la saison pluvieuse caractérisée par une réduction du nombre de jours de pluie ([7]). Les années déficitaires sur les interfluves posent des problèmes agronomiques majeurs dans la mise en place des cultures ([6]), rendant ainsi le système agricole vulnérable. Le recours aux zones humides est devenu une nécessité pour les producteurs car ces espaces hydromorphes possèdent des ressources en eau même lors d'une grande période sèche.

Par conséquent, la productivité serait théoriquement élevée au niveau des bas-fonds que sur les hautes terres. En vue de soutenir le développement socio-économique, et selon 86 % des exploitants interviewés, la mise en valeur des bas-fonds peut participer à la réduction de la vulnérabilité de l'agriculture face à la variabilité pluviométrique.

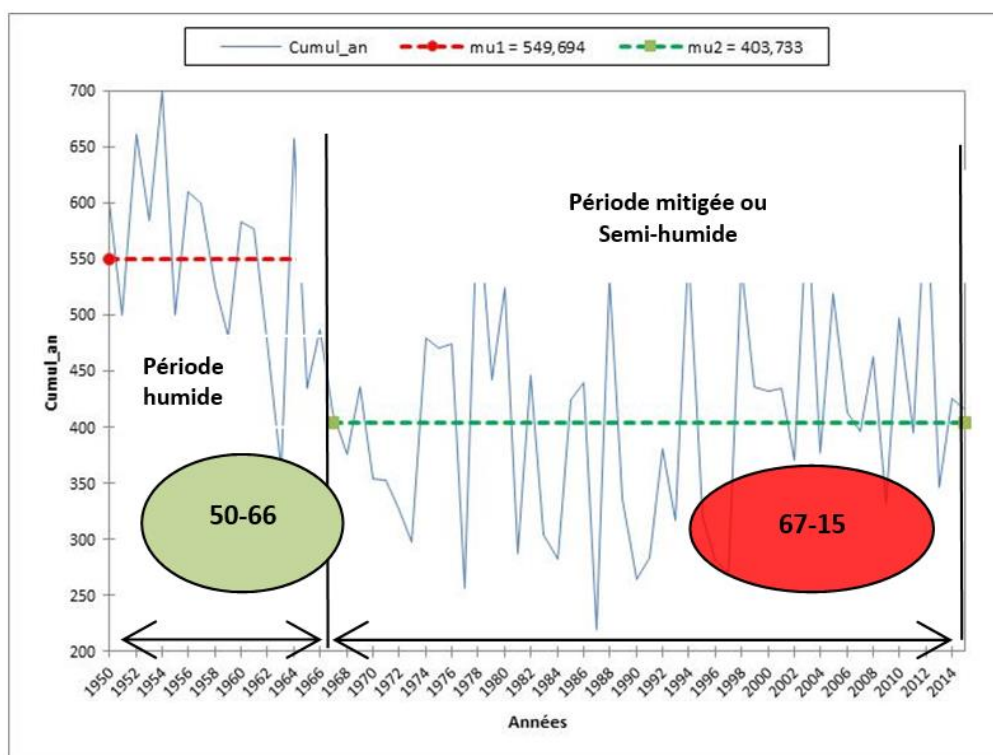


Fig. 2. Test de rupture (selon le test de Pettitt) calculé sur la série pluviométrique de la station de Magaria (1950-2015)

3.2 EXEMPLES DE FORMES D'UTILISATION ET FACTEURS DE PRODUCTION DES BAS-FONDS

Des entretiens réalisés en milieu paysan montrent que ceux-ci sont bien valorisés en saison des pluies ainsi qu'en saison sèche pour les cultures de la canne à sucre, de l'oignon et du manioc par rapport à la superficie totale disponible (figure 3). Face aux contraintes de mise en valeur des sites, les hommes sont majoritairement représentés dans les travaux paysans avec une proportion de 76,7 %, contrairement aux femmes occupées plus par les tâches ménagères ou domestiques. Dans la zone d'étude, l'accès aux terres de bas-fonds est soumis à peu de contraintes (70 % des producteurs interrogés sont propriétaires terriens). Les modes de tenue foncière pour l'acquisition des terres demeurent l'héritage à 56,7 %, le prêt à 40 % et le don pour 3,3 %. Mais les femmes, bien que très actives dans l'exécution des travaux agricoles, se trouvent marginalisées dans l'acquisition du foncier agricole du fait de l'influence de la religion qui leur confère très peu de droit par rapport aux hommes. Néanmoins, dans les sites échantillonnés, la maîtrise partielle de l'eau permet aux femmes de s'organiser en groupement sur les sites.

La main d'œuvre est l'un des facteurs déterminants de la production agricole, celle-ci se fait de plus en plus rare dans la zone d'étude du fait de la prévalence de l'exode des jeunes actifs en direction du Nigeria. Celle la plus utilisée est celle de type familial à 46,7 % et l'entraide à 28,4 % ainsi que le salariat agricole pour 12,4 %). Notons que le financement des activités agricoles est fondé majoritairement sur l'autofinancement dans une proportion de 78,3 %.

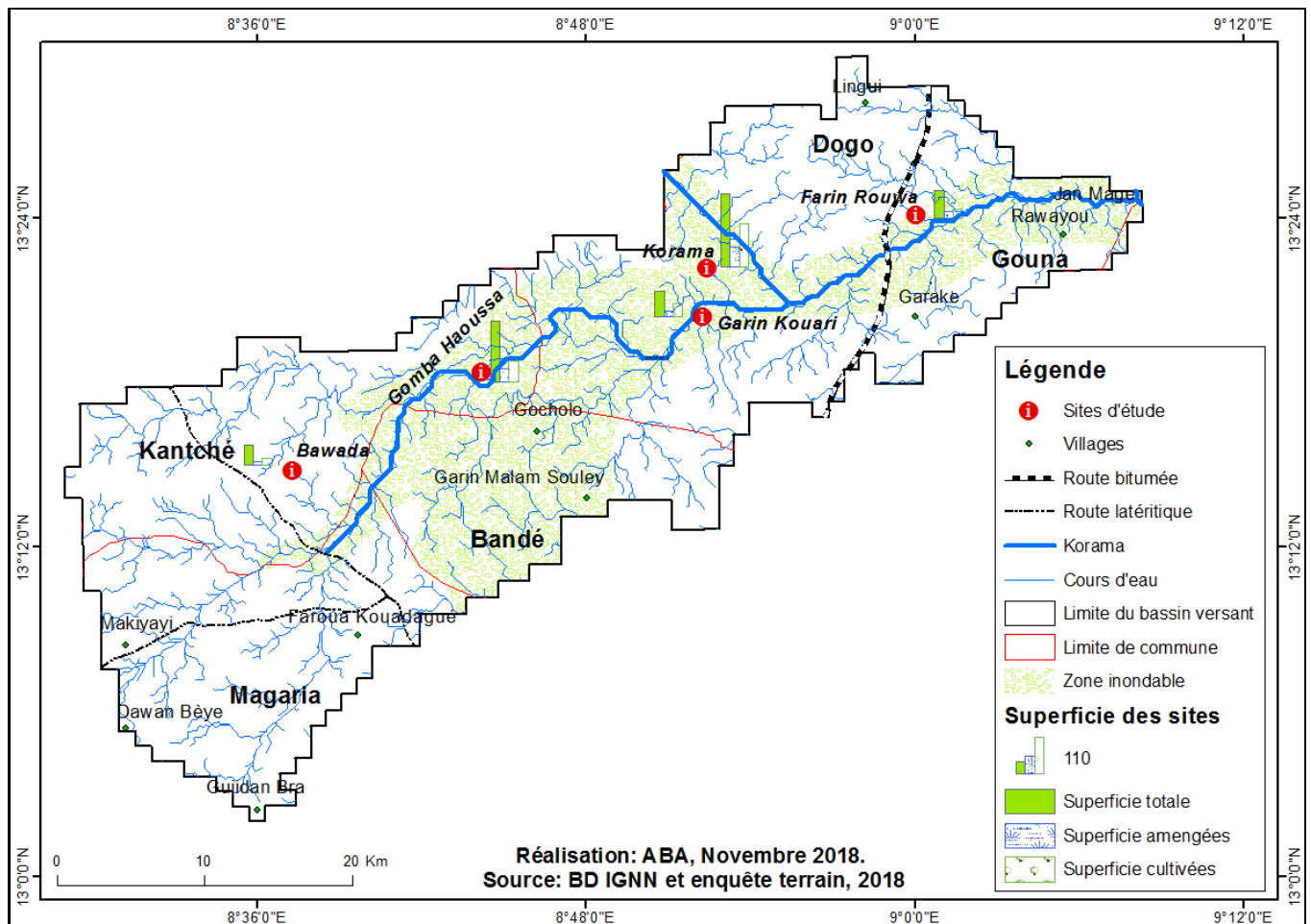


Fig. 3. Localisation des sites paysans échantillonnés pour l'enquête de terrain

3.3 PRATIQUES CULTURALES

Le potentiel aménageable en bas-fonds du bassin versant de Gomba Haoussa est estimé à 138 374 hectares des 263 986 hectares disponibles (Bagna, 2016). Environ 6832 hectares (5 %) sont exploités pour la mise en place des cultures vivrières ([4]) et servent aussi de pâturage en saison sèche. En revanche, la canne à sucre, la courge et le manioc occupent une proportion importante des superficies emblavées ([9]). Par ailleurs, les bas-fonds sont surtout utilisés pour la canne à sucre (84 %). En saison pluvieuse, on assiste à des associations de cultures (céréales + gombo, tomates ou autres). La diversification est souvent une réponse au déficit céréalier des cultures classiques comme le mil et niébé.

3.4 CARACTÉRISTIQUES ÉCONOMIQUES LIÉES À L'EXPLOITATION DES BAS-FONDS

3.4.1 AUGMENTATION DES SUPERFICIES EMBLAVÉES ET DE LA PRODUCTION

Dans le bassin versant de Gomba Haoussa, 61,7 % des producteurs ont augmenté la superficie de leur exploitation dans les bas-fonds au cours des campagnes 2016-2017. Les exploitants d'au moins 2,5 ha (48,58 %) et les fournisseurs de semences défrichent plus de 0,5 ha par an (Source: Enquête terrain réalisée en 2021). Les superficies emblavées connaissent chaque année une augmentation à cause de multiples facteurs comme les crises climatiques. Les rendements varient de deux tonnes à Garin

Kouari à plus de quatre tonnes sur le site de Bawada (essentiellement semencier). La production moyenne dans le bassin versant est de 2701 kg à l'hectare au cours des campagnes 2016-2017.

Environ 76,67 % des exploitants ont obtenu un rendement inférieur à la moyenne, en conformité avec les référentiels techniques sur les aménagements agricoles avec maîtrise partielle de l'eau au Niger ([4]). Toutefois, au Mali, ces mêmes rendements avec une maîtrise totale dans les bas-fonds atteignent 5 tonnes/ha ([12]).

Les résultats du tableau 1 permettent de conclure que le développement, l'encadrement des conseillers et la présence des coopératives fonctionnelles constituent un facteur favorable à la bonne production ([10]). Ces facteurs permettent de pallier aux conditions climatiques et agronomiques qui sont défavorables à la production de la canne à sucre. L'utilisation d'intrants agricoles tels que les engrais chimiques et les herbicides déterminent largement ces rendements. Les meilleurs rendements de canne à sucre ont été obtenus sur le site où les producteurs ont appliqué une dose convenable d'engrais comprise entre 200 et 300 kg/ha ainsi que d'herbicide (1 à 2 litre/ha).

Tableau 1. Rendement de la production de la canne à sucre par site (en kg/ha)

| Nom des sites | Minimum | Maximum | Moyenne |
|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Bawada | 2733 | 8246 | 4200 |
| Gomba Haoussa | 3648 | 3254 | 2071 |
| Garin Kouari | 2042 | 2955 | 2230 |
| Korama | 1424 | 3466 | 2544 |
| Farin Rouwa | 2400 | 3253 | 2461 |
| Moyenne | 2449 | 3146 | 2701 |

Source: Travaux de terrain, 2018-2019

3.4.2 REVENUS DE LA PRODUCTION BRUTE ET AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE VIE DES EXPLOITANTS

Les revenus annuels bruts des producteurs agricoles des bas-fonds enquêtés par superficie emblavée sont déterminés en fonction de la valeur totale de la production et de la valeur des diverses charges d'exploitation des parcelles. Le tableau 2 présente les revenus par emblavure des cinq bas-fonds explorés pour les trois dernières campagnes. Le revenu moyen de la production pour les campagnes 2018-2019 par exploitant est de 301 661 FCFA/ha. Ce résultat confirme celui obtenu à Falki en 2014, où le revenu des cultures irriguées dans les bas-fonds aménagés était de 380 448 FCFA/ha ([9]). Notons qu'il serait peut-être plus encore élevé si les producteurs convergeaient d'une part vers la transformation et la commercialisation du manioc, en plus de la vente des produits bruts et d'autre part, s'ils uniformisaient le prix de vente sur les marchés de demi-gros créés par le PRODAF en 2019 au niveau de Bandé.

Tableau 2. Revenus de la production brute de la canne à sucre par site (FCFA/ha)

| Nom des sites | Minimum | Maximum | Somme | Moyenne |
|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
| Bawada | 156 214 | 2 028 453 | 4 122 193 | 465 289 |
| Gomba Haoussa | 98 823 | 302 323 | 2 167 475 | 199 254 |
| Garin Kouari | 186 864 | 989 250 | 4 202 783 | 424 764 |
| Korama | 164 291 | 352 439 | 2 283 429 | 209 692 |
| Farin Rouwa | 156 358 | 281 027 | 1 818 357 | 209 307 |
| Moyenne | 152 510 | 790 698 | 2 918 847 | 301 661 |

Source: Travaux de terrain, 2018-2019

Par ailleurs, les revenus bruts par superficie emblavée dépendent surtout des rendements, du type de main d'œuvre et des possibilités de financement des activités des parcelles par les producteurs (charges d'exploitation). Les bas-fonds de Bawada et de Garin Kouari ont ainsi généré plus de revenus aux exploitants. Les producteurs de canne à sucre et de manioc ont localement vu augmenter leurs revenus.

La mise en valeur des bas-fonds comme stratégie d'adaptation à la variabilité pluviométrique a permis de maintenir le niveau de production agricole et d'assurer la sécurité alimentaire des ménages. Les performances en matière de production agricole réalisées dans ces bas-fonds grâce aux travaux d'aménagements et autres interventions des projets comme celles du PRODAF (Programme de Développement de l'Agriculture Familiale) et du PASEC (Programme d'Appui à l'Agriculture Sensible au Climat)

ont permis l'amélioration du rendement agricole, la disponibilité et la qualité des produits, l'augmentation du revenu. Pour les producteurs interviewés, la production agricole dans les bas-fonds permet d'assurer l'autoconsommation alimentaire pour 91,7 %, mais aussi l'accès aux soins de santé (40 %), la scolarité des enfants (61,87 %), la commande d'intrants et de matériels agricoles, ou encore, de pouvoir faire face aux dépenses sociales (mariages, baptêmes, décès).

4 CONCLUSION

L'analyse du régime et indices pluviométriques confirme les perceptions des producteurs dans des communes rurales de Bandé, Dogo, Gouna, Kantché et Magaria dans le Sud-Zinder. La mise en valeur des bas-fonds est une stratégie d'adaptation à la variabilité pluviométrique dans le bassin versant de Gomba Haoussa. L'exploitation des sols reste surtout masculine (56,7 %) avec des tailles d'exploitations très variable. L'aménagement des bas-fonds participe à la réduction du taux de pauvreté grâce à la diversification des activités agricoles. Leur utilisation permet aux producteurs de subvenir aux besoins vitaux et sociaux.

REFERENCES

- [1] A. Ali et T. Lebel. 2009. Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *Journal of Hydrology*, 375, 1-2, 52-64.
- [2] A. A. Bagna, 2016. Impacts de variabilité climatique sur les systèmes de production agricole de la Korama (Sud-Zinder au Niger). Thèse de doctorat unique de Géographie, Université Abdou Moumouni de Niamey Niger, 296 pages.
- [3] F. Courtieu, 2002. L'adaptabilité des populations riveraines du Lac Tchad suite aux sécheresses et aux fluctuations du lac. Implication sur les relations interethniques. Mémoire de Géographie, Université Joseph Fourier, Grenoble, 147 pages.
- [4] DRA Zinder, 2016. Rapport d'évaluation de campagne agricole 2016. DRA, 68 pages.
- [5] G. A. Gbetibouo, 2009. Understanding farmer's perceptions and Adaptations to Climate Change and variability. The case of the Limpopo Basin, South Africa. IFPRI Discussion, Paper 00849, 41 pages.
- [6] P. J. Lamb, 1982. On the persistence of sub-saharian drought. *Nature*, 299, 46-47.
- [7] P. Ozer, C. Bodart, B. Tychon, 2005. Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental: récentes modifications et impacts environnementaux. *Cybergeo: Revue européenne de Géographie*, 308, 24 pages.
- [8] AN Pettitt, 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Appl. Statist.*, 28 (2), 126-135.
- [9] PRODAF, 2019. Rapport d'activité, premier semestre, 2016. Programme de Développement de l'Agriculture Familiale, Niger, 242 p.
- [10] B. Sarr, S. Traoré, 2010. Impacts des changements climatiques sur quelques secteurs clés: Impacts sur l'agriculture. *Bulletin mensuel*, numéro spécial: le Sahel face aux changements climatiques (Enjeux pour un développement durable), Centre Régional Agrhymet, CILSS, Niamey, 21-24.
- [11] L. Somé, 2006. Stratégies d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques dans le domaine de l'agriculture et de la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest: le cas du Burkina Faso. INERA, Ouagadougou, 46 pages.
- [12] S. B. Traoré, F. N. Reyniers, M. Vaksmann, M. Kouressy, K. Yattara et A. Yoroté, 2000. Adaptation à la sécheresse des écotypes locaux de sorgho du Mali. *Sécheresse*, 11, 227-237.

Typologie et distribution spatiale des prédateurs en culture de coton biologique au Bénin

[Typology and spatial distribution of predators in organic cotton cultivation in Benin]

Saturnin Azonkpin¹⁻², Chèpo Daniel Chougourou², Cocou Angelo Djihinto³, H. Aimé Bokonon-Ganta⁴, Esseh Léonard Ahoton⁵,
and Mansourou Mohamed Soumanou⁶

¹Institut de Recherche sur le Coton, Antenne Régionale Sud, Laboratoire d'Entomologie de Cana, BP: 143 BOHICON, Benin

²Département de Génie de l'Environnement, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou, Benin

³Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01BP 884 Cotonou, Benin

⁴Laboratoire d'Entomologie Agricole (LEAg), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

⁵Laboratoire de Biologie Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

⁶Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Département de Génie de Technologie Alimentaire (DGTA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou, Benin

Copyright © 2023 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: Cotton being one of the plants most attacked by pests in Benin, this crop harbors a diverse range of predators. It is within this framework that this study aims to identify the main predators encountered on cotton plants in the phytosanitary zones of Benin, to determine their seasonal development and to assess their importance according to the stages of cotton development. Thus, the density of predators was assessed on 0.25 hectare of real fields. A factorial analysis of the correspondences was used to make the typology of predators. Their seasonal evolution was described using trend curves and then the Wilcoxon test was used to assess the density of predators according to the stages of cotton development. Thus, three groups of predators were identified according to the zones. We observed a first group consisting of spiders which are mainly distributed in zone 3. The second group is formed by ants, praying mantises and *Phonoctonus spp.* found in zone 2. The third group is composed of lacewings, syrphids and ladybirds found in zone 1. From the vegetative development stage of cotton to the fruiting development stage, the density of Syrphids varied from 1.80 ± 0.23 to 3.18 ± 0.27 , while the density of lacewing varied from 2.37 ± 0.51 (vegetative stage) to 1.01 ± 0.25 (fruiting stage). The density of Syrphids significantly increased during the fruiting stage, unlike that of Chrysopes, which experienced a significant decrease. These results may contribute to a better understanding of the regulatory function of organic cotton predators on its pests and their importance in integrated pest management strategies.

KEYWORDS: Organic cotton, phenophases, predators, seasonal evolution, Spatial distribution.

RESUME: Le cotonnier étant l'une des plantes les plus attaquées par les ravageurs au Bénin, cette culture héberge une gamme variée de prédateurs. C'est dans ce cadre que cette étude vise à identifier les principaux prédateurs rencontrés sur les cotonniers dans les zones phytosanitaires du Bénin, à déterminer leur évolution saisonnière et à évaluer leur importance selon les phases de développement du cotonnier. Ainsi, la densité des prédateurs a été évaluée sur des parcelles paysannes de 0,25 hectare. Une analyse factorielle des correspondances a permis de faire la typologie des prédateurs. Leur évolution saisonnière a été décrite au moyen des courbes tendancielle puis le test de Wilcoxon a permis d'apprécier la densité des prédateurs selon les phénophases du cotonnier. Ainsi, trois groupes de prédateurs ont été identifiés suivant les zones. On observe un premier groupe constitué des araignées qui sont majoritairement distribuées dans la zone 3. Le deuxième groupe est formé par les Fourmis, les Mantres religieuses et les *Phonoctonus spp.* rencontrés dans la zone 2. Le troisième groupe est composé des Chrysopes, des Syrphes et des Coccinelles retrouvés dans la zone 1. De la phase végétative à celle fructifère, la densité de Syrphes a varié de $1,80 \pm 0,23$ à $3,18 \pm 0,27$, tandis que la densité de Chrysopes a varié de $2,37 \pm 0,51$ (phase végétative) à $1,01 \pm 0,25$ (phase fructifère). La densité des Syrphes a significativement augmenté pendant la phase de fructification contrairement à celle des Chrysopes qui a connu une baisse significative. Ces résultats peuvent contribuer à mieux

comprendre le potentiel régulateur exercé par les prédateurs sur les ravageurs de coton et leurs importances dans des stratégies de gestion intégrée des ravageurs.

MOTS-CLEFS: Coton biologique, évolution saisonnière, phénophases, prédateurs, répartition spatiale.

1 INTRODUCTION

La révolution verte à travers l'intensification des cultures, la sélection variétale, la mécanisation de l'agriculture et l'apport massif en intrants chimiques a largement amélioré la productivité des agro-systèmes [1]. Cependant, cette réussite s'est accompagnée de conséquences alarmantes comme des problèmes de pollution de l'air, de l'eau et des sols [2], [3], [4]. En effet, l'application démesurée des produits chimiques a conduit à un déséquilibre des écosystèmes. La santé des agriculteurs de même que celles des consommateurs des produits issus de cette agriculture s'est altérée [5]. Le développement de stratégies de production qui minimisent le recours aux pesticides est un enjeu majeur pour l'agriculture du XXI^e siècle [6], [7], [8].

Au Bénin, le cotonnier *Gossypium hirsutum*, paie un lourd tribut à un important complexe de ravageurs dont les principaux appartiennent aux genres *Helicoverpa*, *Earias*, *Diaparopsis*, *Pectinophora* et *Thaumatotibia* [9], [10]. Plus de 1300 espèces d'insectes et d'acariens auxquels s'ajoutent des nématodes et des mammifères, ont été recensés sur cette culture [11]. Le complexe des ravageurs du cotonnier constitue donc l'un des principaux facteurs limitant la production cotonnière après la fumure. Au Bénin, les pertes de récoltes en absence de protection phytosanitaire se chiffrent à plus de 50% du potentiel de rendement de la culture [9], [12].

La gestion intégrée des ravageurs, en accord avec les objectifs de la nouvelle révolution verte, propose des méthodes alternatives de lutte aux pesticides soucieuses de préserver la qualité de l'environnement. Plusieurs méthodes de lutte biologique tenant compte de l'écologie des ravageurs et du réseau trophique dont ils font partie, ont montré que l'apport de prédateurs et de parasitoïdes (ennemis naturels) dans une parcelle réduisait significativement l'abondance du ravageur ciblé [10], [13], [14]. La lutte biologique par conservation et gestion des habitats propose de préserver ou de mettre en place des habitats favorables aux ennemis naturels qui par rétrocontrôle positif contribueraient à une régulation naturelle des ravageurs. Compte tenu de l'importante valeur économique du coton et des contraintes à la production, liées aux ravageurs, une nouvelle alternative de gestion phytosanitaire s'impose, et elle s'oriente vers la gestion agroécologique des bioagresseurs par la valorisation de la biodiversité végétale au niveau de la flore béninoise.

Par ailleurs, l'engouement pour les produits issus de l'agriculture biologique [15] traduit notamment une attente de plus en plus marquée des consommateurs pour des produits issus d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement [6]. Quant à la protection phytosanitaire, Les agents de lutte biologique participent à la régulation naturelle des populations des ravageurs. Ainsi, la lutte biologique par usage des prédateurs et des parasitoïdes, peut contribuer à réduire les effets négatifs de la pollution [10], [14], [16].

Ainsi, la lutte biologique contre les ravageurs du cotonnier nécessite une connaissance des prédateurs, de leur typologie, de la distribution de leur population et de l'évolution de leur nombre selon les phénophases du cotonnier.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude qui a pour objectif général d'étudier la typologie et la distribution saisonnière des espèces de prédateurs rencontrés en culture cotonnière biologique au Bénin. Spécifiquement, il s'agit d'identifier les principaux prédateurs rencontrés sur les cotonniers dans les zones phytosanitaires, de déterminer leur évolution saisonnière et d'évaluer leur importance selon les phases de développement du cotonnier. Ces connaissances permettront une meilleure utilisation de ces prédateurs dans la gestion intégrée des ravageurs du cotonnier.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La présente étude a été réalisée dans cinq Communes du Bénin. Il s'agit des Communes de Kandi, Banikoara, Sinendé, Ouassa-Péhunco et Glazoué (Figure 1). Ces Communes font partie des grandes zones de production du coton biologique au Bénin [17]. Le choix de ces Communes est guidé par les critères de l'importance du volume produit et l'ancienneté dans la production du coton biologique.

Compte tenu de la variabilité du faciès parasitaire, le Bénin est divisé en trois grandes zones phytosanitaires par le Centre de Recherches Agricoles - Coton et Fibres. La zone 1 regroupe le département de l'Alibori et la Commune de Kérou qui est située dans l'Atacora. La zone phytosanitaire 2 regroupe les départements du Borgou, de la Donga et le reste de l'Atacora (Atacora sauf Kérou). La zone 3 regroupe les départements des Collines, du Zou, du Mono, du Couffo, de l'Ouémé, du Plateau, et de l'Atlantique [18].

Les Communes de Kandi et de Banikoara sont situées dans la zone 1, Celles de Sinendé et de Ouassa-Péhunco sont dans la zone 2 et la zone 3 est représentée par la Commune de Glazoué qui est la seule productrice de coton biologique dans le département des Collines.

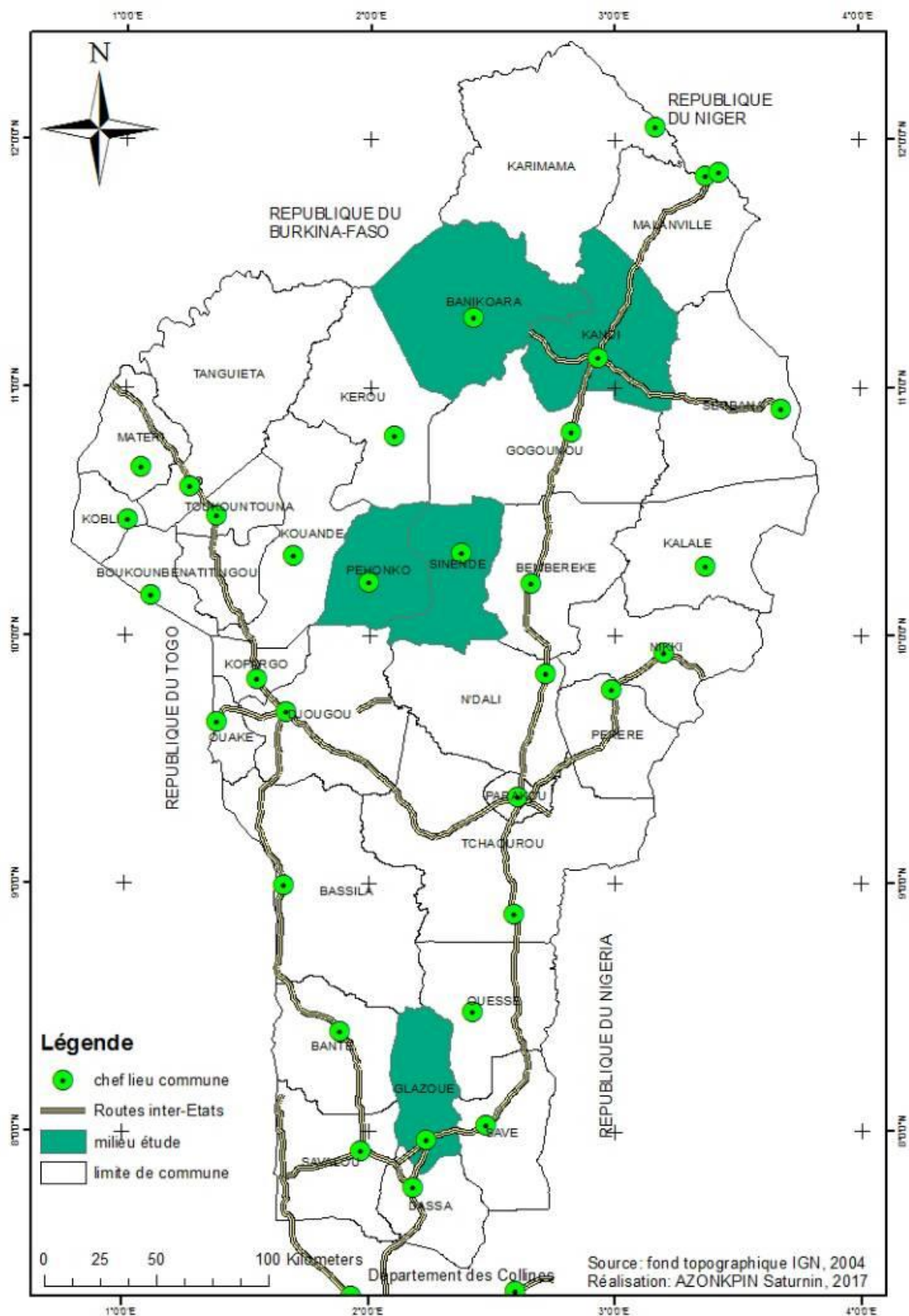


Fig. 1. Carte du Bénin montrant les Communes dans lesquelles le travail a été réalisé dans les départements du centre et du Nord

2.2 MATÉRIEL

Le matériel végétal utilisé est constitué des variétés de cotonnier ANG 956 et OKP 768 créées par le Centre de Recherches Agricoles – Coton et Fibres (CRA-CF). La variété ANG 956 est cultivée dans la zone 1 tandis que la variété OKP 768 est cultivée dans les zones 1 et 2. Ces variétés ont succédé à la variété H279-1 qui était cultivée dans ces zones depuis plusieurs années. Cette étude prend également en compte les prédateurs tels que les Coccinelles, Syrphes, Chrysopes, Apanteles, Araignées, Fourmis, *Phonoctonus*, Forficules et Mantes religieuses qui constituent le matériel animal.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 CHOIX DES PARCELLES PAR ZONE COTONNIÈRE

Trois parcelles de 0,25 ha chacune ont été choisies en milieu producteur dans chaque localité. Elles ont été réparties par période de semis (semis précoce, semis normal et semis tardif). Le choix des localités a été fait de manière raisonnée et a tenu compte non seulement de la représentativité en matière de production de coton biologique mais aussi de la présence dans les villages, d'un agent d'encadrement ou d'un représentant des producteurs de coton biologique reconnu par les structures d'encadrement.

Le tableau 1 présente les périodes de semis en fonction des zones phytosanitaires.

Tableau 1. Périodes de semis en fonction des zones phytosanitaires

| Périodes de semis | Zones phytosanitaires | | |
|-------------------|--------------------------------|--|--|
| | Zone 1 (Alibori et Kérou) | Zone 2 (Borgou, Donga et reste Atacora) | Zone 3 (Collines, Zou, Couffo et Plateau) |
| Semis précoce | Avant 1 ^{er} juin | Avant 10 juin | Avant 25 juin |
| Semis normal | 1 ^{er} juin – 20 juin | 10 juin au 5 juillet | 25 juin – 15 juillet |
| Semis tardif | Après 20 juin | Après 5 juillet | Après 15 juillet |

2.3.2 STRATÉGIE DE PROTECTION PHYTOSANITAIRE

La stratégie de protection en vigueur en milieu paysan est basée sur un programme sur seuil de traitements à l'aide des bio-insecticides à partir du 31^{ème} jour après levée (JAL) du cotonnier. Les bio-insecticides utilisés sont des formulations à base des extraits de neem. Il s'agit essentiellement des formulations telles qu'Agri-bio-pesticide, de Top bio et des extraits réalisés par les producteurs.

2.3.3 DONNÉES COLLECTÉES

Pour évaluer la densité des prédateurs, nous avons collecté le nombre de Coccinelles (adultes et larves), des Syrphes (Adultes et larves), des *Chrysopes*, des araignées, des fourmis, des forficules, des mantes religieuses, des *Apanteles* et des *Phonoctonus* à chaque semaine, soit au 30, 37, 44, 51, 58, 65, 72, 79, 86, 93, 100, 107, 114 et 121^{ème} jours après levée (j.a.l), sur 30 plants par parcelle élémentaire pris par groupe de 5 plants de façon consécutive sur les lignes centrales, selon la méthode séquentielle dite de « la diagonale » [19], [20], du 30^{ème} au 121^{ème} j.a.l des cotonniers. Les diagonales ont été changées chaque semaine.

2.3.4 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

Pour déterminer la distribution spatiale des prédateurs, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée sur un tableau de contingence reliant les prédateurs aux zones de l'étude afin de voir le lien entre eux selon leurs proportions pour chaque zone phytosanitaire. L'AFC est une méthode d'analyse statistique multivariée dont l'objectif est de réduire le nombre de variables. Elle permet d'établir une similarité entre les individus, de chercher des groupes d'individus homogènes, et de mettre en évidence une typologie d'individus. En effet, l'AFC est souvent utilisée lorsqu'il est évident que les variables de l'étude sont corrélées entre elles [21]. Cette méthode a été utilisée pour réduire le nombre de variables à utiliser dans le but d'éliminer les effets dus aux différences de moyennes et au choix des unités. Les nouvelles variables obtenues appelées facteurs ou composantes principales ne présentent aucune corrélation entre elles. Le nombre de composantes principales qu'il est possible d'extraire a été déterminé en utilisant le critère de Kaiser [22].

Ensuite, l'évolution saisonnière des prédateurs caractéristiques de chaque zone, a été décrite au moyen des courbes tendanciennes construites dans le logiciel R sur la base de la typologie réalisée.

Enfin, pour apprécier l'importance des ravageurs des zones phytosanitaires selon les phases de développement du cotonnier, les nombres moyens de ravageurs ont été comparés entre phénophases (phase végétative et phase fructifère du cotonnier). La phase

végétative s'étale de la plantule à l'ouverture de la première fleur, soit 60 jours après levée. La phase fructifère couvre de 60 jours après levée jusqu'à la fin du cycle du cotonnier. Elle regroupe donc la phase de floraison et celle de maturation des capsules [23]. Ainsi, il a été utilisé le test non paramétrique de Wilcoxon (Mann-Whitney test) sous R.3.5.0 [24] à l'aide du package "stats". Ce test a été utilisé car les conditions de normalité et d'homogénéité de variance ne sont pas vérifiées. Les moyennes et les erreurs types ont été calculées dans R. Les graphes (barres d'erreurs) ont été construits dans Excel (version 2016).

3 RÉSULTATS

3.1 TYPOLOGIE ET DISTRIBUTION SPATIALE DES PRÉDATEURS EN CULTURE DE COTON BIOLOGIQUE

Les deux premiers axes (Dim 1 et Dim 2) expliquent plus de la moitié soit 90% de la variabilité totale contenue dans la base de données. L'axe 1 explique 60,36% de la variance totale et l'axe 2 en explique 29,64%. Ces deux axes ont été retenus pour décrire la répartition spatiale des prédateurs. Le plan factoriel (Figure 2) indique la présence de trois groupes de prédateurs suivant les zones. On observe un premier groupe (G1) représenté sur l'axe 2 et qui est formé par un seul prédateur (les araignées) majoritairement (54,96%) distribué dans la zone 3. Les deux autres groupes s'opposent bien sur l'axe 1 avec le groupe (G2) formé par trois prédateurs (Fourmis, Mante religieuse et *Phonoctonus* spp.) majoritairement (respectivement 58,66%, 95,91% et 90,15%) distribués dans la zone 2. Le troisième groupe formé par trois prédateurs (Chrysopes, Syrphes et Coccinelles) qui sont majoritairement (respectivement 72,17%, 90,71% et 46,84%) distribués dans la zone 1.

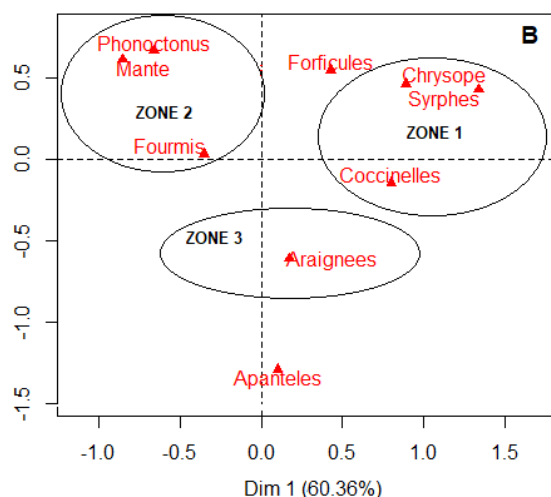


Fig. 2. Projection des variables dans le plan formé par les deux premières dimensions de l'AFC.

3.2 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS CARACTÉRISTIQUES DES ZONES PHYTOSANITAIRES DURANT LA SAISON

3.2.1 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE 1 DURANT LA SAISON

Dans la zone 1, à l'exception des Chrysopes montrant au début une décroissance prononcée au 30^{ème} et au 37^{ème} Jours Après Levée (j.a.l.), l'évolution du nombre des prédateurs de la zone 1 (Figure 3) est caractérisée par trois phases marquées par des sensibilités marginales :

- Une phase de croissance atteignant son pic au 79^{ème} j.a.l.,
- Une phase de décroissance entre le 79^{ème} et le 128^{ème} j.a.l.,
- Une phase de stabilité marquée par la quasi-absence des prédateurs après 128^{ème} j.a.l.

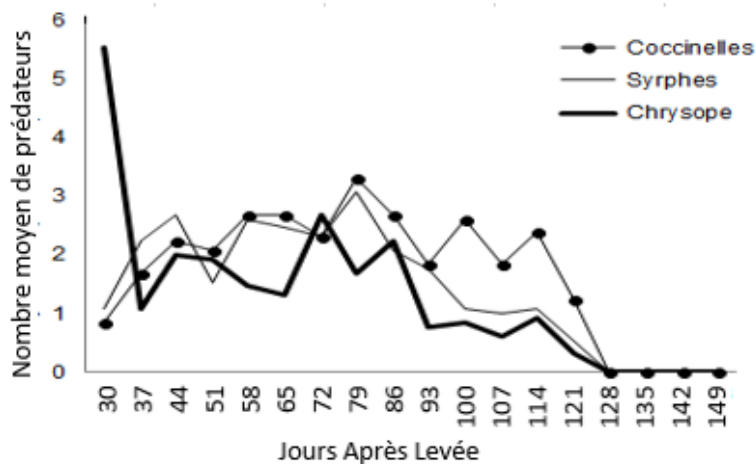


Fig. 3. Evolution saisonnière des prédateurs dominants de la zone 1

3.2.2 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE 2 DURANT LA SAISON

Dans la zone 2, l'évolution de la densité des prédateurs est caractérisée par trois phases à l'exception des mantes religieuses (Figure 4): une phase de croissance du 30^{ème} au 107^{ème} j.a.l., une phase de décroissance entre le 107^{ème} et le 128^{ème} j.a.l suivie d'une stabilité marquée par une quasi-absence des prédateurs du 128^{ème} au 149^{ème} j.a.l. Exceptionnellement, le nombre de mantes religieuses est resté presque stable durant la période de l'essai.

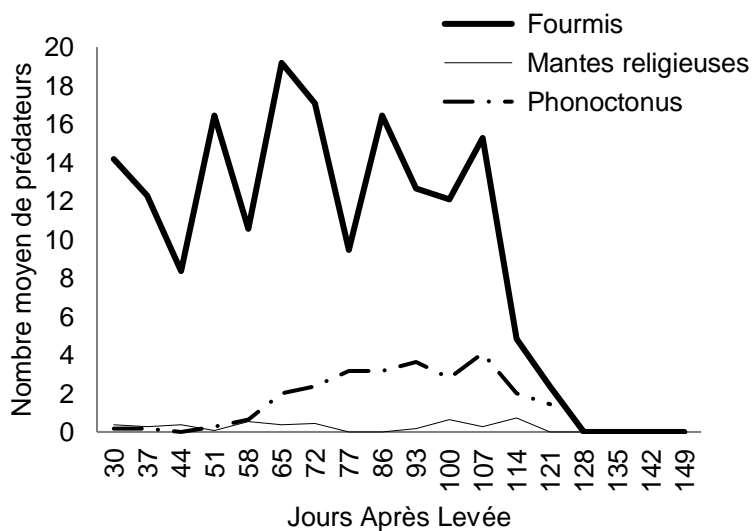


Fig. 4. Evolution saisonnière des prédateurs dominants de la zone 2

3.2.3 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE 3 DURANT LA SAISON

Dans la zone 3, l'évolution de la taille du prédateur (araignées) est caractérisée par trois phases: une phase de légère croissance marquée par une sensibilité importante du 30^{ème} au 86^{ème} J.A.L., une phase de déclin prononcée entre le 86^{ème} et le 107^{ème} J.A.L., suivie d'une reprise de croissance jusqu'au 128^{ème} J.A.L. et une décroissance pour le reste du temps (Figure 5).

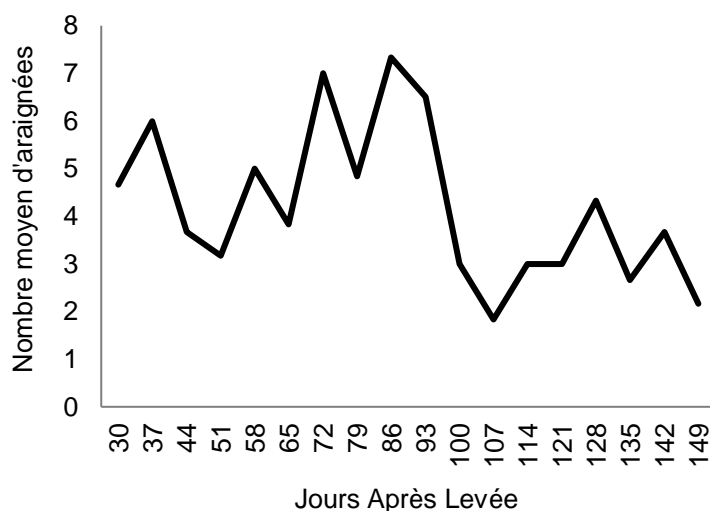


Fig. 5. Evolution saisonnière des prédateurs dominants de la zone 3

3.3 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS SELON LES PHÉNOPHASES DU COTONNIER DANS LES ZONES PHYTOSANITAIRES

Le tableau 2 montre le nombre de prédateurs selon les phénophases. Ce nombre a augmenté en passant de la phase végétative à celle fructifère pour les coccinelles, les syrphes et les *Phonoctonus*. Par contre ce nombre a baissé en passant de la phase végétative à celle fructifère pour les chrysopes, les fourmis et les mantes religieuses.

Tableau 2. Moyennes comparées du nombre de prédateurs entre phases de développement du cotonnier

| Zones | Prédateurs | Phase végétative | Phase fructifère | P | W |
|-------|--------------------|------------------|------------------|-------|-------|
| 1 | Coccinelles | 1,91±0,26 | 2,05±0,38 | 0,07 | 5,21 |
| | Syrphes | 1,80±0,23 | 3,18±0,27 | 0,00* | 10,90 |
| | Chrysopes | 2,37±0,51 | 1,01±0,25 | 0,01* | 10,37 |
| 2 | Fourmis | 13,44±1,37 | 7,95±2,39 | 0,05 | 6,04 |
| | Mantes religieuses | 0,31±1,99 | 0,23±2,02 | 0,16 | 3,68 |
| | <i>Phonoctonus</i> | 1,10±1,63 | 2,86±1,69 | 0,12 | 4,23 |
| 3 | Araignées | 5,96±0,45 | 3,90±0,69 | 0,15 | 3,76 |

P=Probabilité, W=la statistique de Wilcoxon.

Les valeurs de probabilité accompagnées de * indiquent une différence significative au seuil de 5%

3.3.1 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS DOMINANTS DE LA ZONE 1 SELON LES PHÉNOPHASES DU COTONNIER

Dans la zone 1, le nombre moyen de coccinelles a varié de 1,91±0,26 (phase végétative) à 2,05±0,38 (phase fructifère). Mais cette différence n'est pas significative (p=0,07). Par contre une différence significative a été observée au niveau des Syrphes (p=0,00) et des Chrysopes (p=0,01) entre les deux phases de développement du cotonnier. La densité des Syrphes a significativement augmenté pendant la phase de fructification contrairement aux Chrysopes qui ont connu une baisse significative de leur nombre. De la phase végétative à celle de fructification, le nombre de Syrphes a varié de 1,80±0,23 à 3,18±0,27. De même la densité de Chrysopes a varié de 2,37±0,51 (phase végétative) à 1,01±0,25 (phase fructifère) (Figure 6).

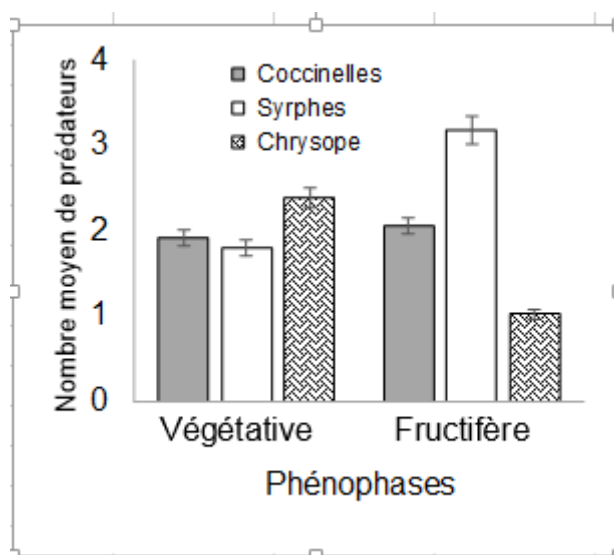


Fig. 6. Importance des prédateurs dominants de la zone 1 selon les phénophases

3.3.2 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS DOMINANTS DE LA ZONE 2 SELON LES PHÉNOPHASES DU COTONNIER

Le nombre de fourmis a varié de la phase végétative à celle fructifère de $13,44 \pm 1,37$ à $7,95 \pm 2,39$. Il en est de même pour les mantes religieuses qui ont oscillé entre $0,31 \pm 1,99$ et $0,23 \pm 2,02$. La densité de *Phonoctonus* spp. a varié de $1,10 \pm 1,63$ à $2,86 \pm 1,69$ selon les phases de développement du cotonnier. Mais ces différences n'ont pas été significatives au niveau de ces prédateurs entre la phase végétative et la phase fructifère (Figure 7).

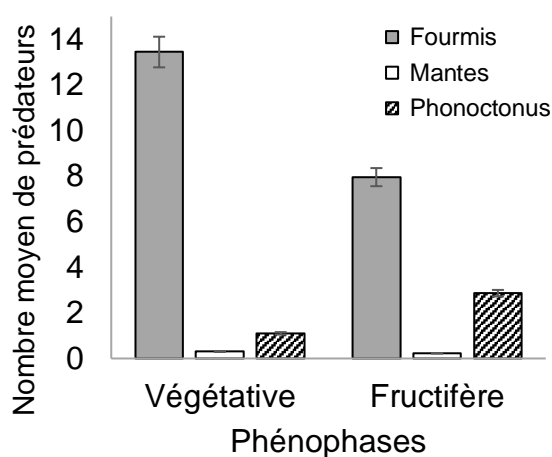


Fig. 7. Importance des prédateurs dominants de la zone 2 selon les phénophases

3.3.3 DISTRIBUTION DES PRÉDATEURS DOMINANTS DE LA ZONE 3 SELON LES PHÉNOPHASES DU COTONNIER

L'araignée a été le seul prédateur caractéristique et prédominant dans la zone 3. Le nombre d'araignée a varié de $5,96 \pm 0,45$ à $3,90 \pm 0,69$. Mais cette différence n'a pas été significative ($p=0,15$) (Figure 8).

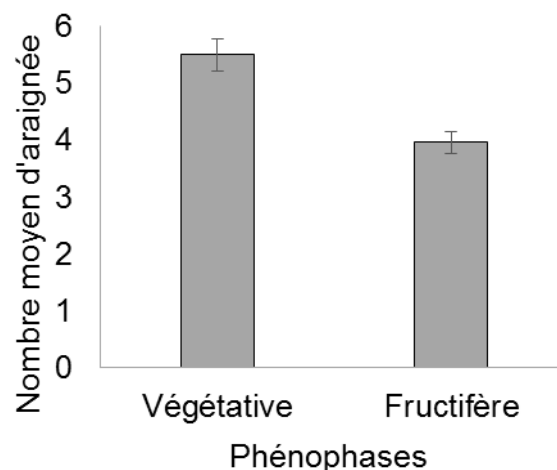


Fig. 8. Importance des prédateurs dominants de la zone 3 selon les phénophases

4 DISCUSSION

Les résultats de cette étude indiquent la présence de trois groupes de prédateurs suivant les zones. On observe un premier groupe (G1) qui est formé par un seul prédateur (les araignées) majoritairement (54,96%) distribué dans la zone 3. Le deuxième groupe (G2) est formé par trois prédateurs (Fourmis, Mante religieuse et *Phonoctonus*) majoritairement distribués dans la zone 2 et un troisième groupe est également formé par trois prédateurs (Chrysopes, Syrphes et Coccinelles) majoritairement distribués dans la zone 1. Ces différences observées dans le statut des prédateurs pourraient s'expliquer par une différence des conditions agro-écologiques. Ces résultats sont similaires à ceux de [25] qui ont montré que les parasitoïdes larvaires de *H. armigera* peuvent être influencés par l'espace. Ce phénomène pourrait aussi être dû au contexte du paysage, par exemple les habitats semi-naturels qui favoriseraient la lutte biologique par des ennemis naturels [26], [27], [28]. La diversification des cultures dans ces zones pourrait expliquer en partie ce phénomène, car les paysages diversifiés détiennent plus de potentiel pour la conservation de la biodiversité et le maintien de la fonction de contrôle des ravageurs [29], [30], [31].

Au niveau de l'évolution saisonnière des prédateurs, la plupart de ces derniers ont connu une évolution marquée par trois phases: une phase de croissance, une phase de décroissance et une phase de stabilité caractérisée par une quasi-absence des prédateurs. Mais les périodes de croissance et de décroissance ont varié selon les prédateurs. A partir du 128^{ème} jour après levée, tous les prédateurs ont été absents sauf les araignées qui continuaient d'être retrouvés sur les plants dans la zone phytosanitaire 3. Ces différences dans le statut des prédateurs, pourraient s'expliquer par une différence des conditions agro-écologiques et la sensibilité des prédateurs aux biopesticides utilisés.

Concernant l'importance des prédateurs selon les phases de développement des cotonniers, nos résultats ont montré que la densité des Syrphes a significativement augmenté pendant la phase de fructification. De la phase végétative à celle de fructification, le nombre de Syrphes a varié de $1,80 \pm 0,23$ à $3,18 \pm 0,27$. Beaucoup d'études ont montré que les prédateurs, tout comme les parasitoïdes sont population-dépendante, dont les réponses comportementales sont induites par les odeurs émises par les chenilles et les substances volatiles des plantes suite aux dégâts mécaniques provoqués par ces chenilles [32], [33]. Une augmentation des populations des parasitoïdes était alors attendu durant les périodes de floraison-fructification. Nos résultats corroborent partiellement avec ceux de [25] qui ont montré que les parasitoïdes de *H. armigera* sont plus diversifiés au stade végétatif (avant 20 jours après repiquage) et en fin de floraison-début fructification (41-60 jours après repiquage).

Quant aux Chrysopes, ils ont connu une baisse significative de leur nombre. La densité de Chrysopes a varié de $2,37 \pm 0,51$ (phase végétative) à $1,01 \pm 0,25$ (phase fructifère). Ces résultats sont similaires à ceux de [25] qui ont montré que la richesse spécifique des parasitoïdes est plus importante durant les premiers stades de développement de la tomate.

Par contre, les résultats de cette étude ont montré que le stade phénologique du cotonnier n'a pas influencé la densité de la plupart des prédateurs tels que les coccinelles, les fourmis, les mantes religieuses, les *Phonoctonus* et les araignées. Ces résultats sont similaires à ceux de [25] qui ont montré que le stade phénologique de la tomate n'influe pas sur le parasitisme des différentes espèces de parasitoïde de *H. armigera*.

Ces résultats prouvent que le service rendu par les parasitoïdes peut être exploité à tout moment du cycle de la culture. Ceci permettrait de promouvoir la lutte biologique en faveur des autres méthodes de lutte [26], [27], [28].

Nos résultats ont montré que les périodes de semis n'ont pas influencé l'abondance des prédateurs dans les parcelles. Ces résultats sont conformes à ceux de [25] qui ont révélé que la période de culture n'a aucun effet sur le parasitisme des différentes espèces de parasitoïde de *H. armigera*.

5 CONCLUSION

La présente étude a mis en évidence, l'ampleur de la densité des prédateurs dans les champs des producteurs au cours de ces dernières années et leur relation avec la phénologie des cotonniers en culture biologique. De plus, leur présence durant tout le cycle du cotonnier, ainsi que les différences considérables dans l'aire de distribution, ont été également identifiées. On retient des résultats obtenus, que les prédateurs sont inégalement répartis dans les zones phytosanitaires du Bénin. Les prédateurs recensés ont été plus importants et plus diversifiés dans les zones 1 et 2. Certains ont été plus importants pendant la phase végétative du cotonnier. Ces espèces de prédateurs recensés seraient alors des candidats essentiels dans la mise en place d'une stratégie de régulation naturelle des ravageurs selon les zones phytosanitaires du Bénin.

REFERENCES

- [1] Kafadaroff, G. 2008. Agriculture durable et nouvelle révolution verte. Le publieur, 292p.
- [2] Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677.
- [3] Kibblewhite MG, Ritz K, Swif J. 2008. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 363: 685–701.
- [4] Azonkpin S., Chougourou C. D., Agbangba C. E., Santos J. C. C., Soumanou M. M., Vodouhe D. S. 2018c. Typologie des systèmes de culture de coton biologique au Bénin; *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12 (4): 1688-1704.
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. Plan d'action du Sommet mondial de l'alimentation. <http://www.fao.org/docrep/003/w3548f/w3548f00.htm>.
- [6] Ricci B. 2009. Dynamique spatiale et dégâts de carpocapse dans la basse vallée de la Durance. Thèse de doctorat, Ecole doctorale SIBAGHE, Université d'Avignon. 224p.
- [7] Azonkpin S., Chougourou C. D., Bokonon-Ganta H. A., Dossou J., Ahoton E. L., Soumanou M. M., Vodouhe D. S. 2018b. Efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Nord du Bénin. *European Scientific Journal* 14 (24): 464-489.
- [8] Azonkpin S., Akpo A. A., Kpoviessi A. D., Santos C. C. J., Djihinto C. A., Chougourou C. D. 2019a. Efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Centre du Bénin. *Les Cahiers du CBRST « Agriculture, Environnement et Sciences de l'Ingénieur »* N° 15; ISSN: 1840-703X, Dépôt légal n° 11535, *Bibliothèque Nationale du Bénin*. 24-46.
- [9] Katary A. 2003. Etude spatio-temporelle de la gestion de la résistance de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) aux pyrèthrinoides en culture cotonnière au Bénin. Thèse de Doctorat d'Etat ès-sciences Naturelles, option entomologie agricole. Université de Cocody, Abidjan. 250 p.
- [10] Azonkpin S., Djihinto C. A., Bonni G., Fayalo D. G., Houndété A.T., Chougourou C. D., 2020a. Effets de l'huile de Thevetia et de Top bio sur les prédateurs en culture cotonnière biologique à Gobé au Centre du Bénin. *European Scientific Journal*, 16 (33), 284-302, DOI: 10.19044/esj.2020.v16n33p284.
- [11] Traoré O., (2008). Les succès de la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest. 67^{ème} réunion plénière de l'ICAC, Ouagadougou (Burkina Faso), 16-21 novembre 2008, INERA.
- [12] Azonkpin S., Djihinto C. A., Chougourou C. D., Aouco A., Akpo A. A., Soumanou M. M. 2020b. Efficacité du Top Bio et de L'huile de Thevetia Contre les Chenilles Carpophages du Cotonnier au Centre du Benin. *European Journal of Scientific Research*, 158 (2), 77-93, <http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>
- [13] Tscharrntke T. 2000. Parasitoid populations in the agricultural landscape. *Parasitoid Population Biology*, In: Hochberg ME, Ives AR, editors. *Parasitoid population biology*. Princeton University Press pp 235-254.
- [14] Azonkpin S., Chougourou C. D., Djihinto C. A., Bokonon-Ganta H. A., Ahoton E. L., Dossou J., Soumanou M. M., 2018a. Effets du baume de cajou sur les pucerons et leurs prédateurs en culture cotonnière biologique au Centre du Bénin. *European Journal of Scientific Research*, 150 (4), 405-419.
- [15] Agence Bio. 2008. L'agriculture Biologique française: chiffres 2007, 168pp.
- [16] Louissaint M. A. 2012. Évaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*). Mémoire de Master, SupAgro, Montpellier. 40p.
- [17] Hougni A., Kpadé P. C., Djihinto A. C., 2012. Culture biologique du cotonnier et commerce équitable du coton: Deux approches de niche. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*. Numéro spécial Coton. 60-74.
- [18] CRA-CF, 2017. Point de la recherche cotonnière en 2015. CRA-CF/INRAB/MAEP/Bénin. 188p.
- [19] Bruno M., Togola M., Téréta I., Traoré N. N., 2000. La lutte contre les ravageurs du cotonnier au Mali: problématique et évolution récente. *Cahiers Agricultures* 9: 109-115.

- [20] Nibouche, S., Beyo, J., Gozé, E., 2003. Mise au point d'une méthode d'échantillonnage rapide des chenilles de la capsule du cotonnier. In *Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque, Garoua, Cameroun (pp. 5-p). Cirad- Prasac.
- [21] Aldenderfer M. S., Blashfield R. K., 1984. *Cluster Analysis*, Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Science, series no. 07-044. Newbury Park, California: Sage Publications.
- [22] Kaiser H. F., 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- [23] Parry G., 1982. *Le cotonnier et ses produits*. Technique agricole et productions tropicales G - P. Maisonneuve & Larose, Paris, France, 502p.
- [24] R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [25] Diatte M., Brévault T., Sall-Sy D., Diarra K., 2018. Dynamique des parasitoides larvaires de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) dans la zone des Niayes au Sénégal, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12 (1): 392-401.
- [26] Landis DA, Wratten SD, Gurr GM. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.*, 45 (1): 175-201. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.175>
- [27] Maalouly M, Franck P, Bouvier J-C, Toubon J-F, Lavigne C. 2013. Codling moth parasitism is affected by semi-natural habitats and agricultural practices at orchard and landscape levels. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 169: 33-42. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.008>
- [28] Morandin LA, Long RF, Kremen C. 2014. Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 189: 164-170. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.03.030>
- [29] Bianchi F. J. J. A., Booij C. J. H., Tscharntke T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B* (2006) 273, 1715–1727. doi: 10.1098/rspb.2006.3530.
- [30] Chaplin-Kramer R, O'Rourke ME, Blitzer EJ, Kremen C. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecol. Lett.*, 14 (9): 922-932. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01642.x>.
- [31] Chaplin-Kramer R., de Valpine P., Mills N. J., Kremen C., 2013. Detecting pest control services across spatial and temporal scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181 (2013) 206– 212.
- [32] Yan Z. G., Wang C. Z. 2006. Similar attractiveness of maize volatiles induced by *Helicoverpa armigera* and *Pseudaletia separata* to the generalist parasitoid *Campoletis chloridae*. *Entomol. Exp. Appl.*, 118 (2): 87-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00368.x>.
- [33] Azonkpin S., Chougourou C. D., Djihinto C. A., Bokonon-Ganta H. A., Ahoton E. L., Tante O. C., Soumanou M. M. 2019b. «Typology and Cotton Insect Pests' Distribution in Biological Crop System in Benin, » *International Journal of Science and Engineering Invention*, 5 (6), 103-114.

Fonctionnement biologique des sols sous jachères de caféiers et cacaoyers dans le département de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Biological functioning of soils under coffee and cocoa tree fallows in the department of Daloa (West-Central of Côte d'Ivoire)]

Kacou Bony, Ferdinand Gohi Bi Zro, and Martinez Arnauth Guéi

Département d'Agropédologie, Université Jean Lorougnon Guedé, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Daloa, Côte d'Ivoire, many coffee and cocoa plantations that have fallen into decline and been left fallow are being reused. In order to prevent the failure of the planned crops, this study aims to determine the biological functioning of these soils, which is essential for developing sustainable management strategies for them. Seven fallows older than ten years were identified. In each of them, a plot of 10,000 m² was delimited and four monoliths were isolated. Each monolith was sorted in order to extract the organisms, identify them and calculate their density. A soil sample was also taken from each stratum for analysis. The biological functioning of the soil was determined by considering that the density of fauna is an indicator variable of the biological fertility of the soil, which is then correlated with CEC and texture, two variables considered to explain soil fertility in general. The results show that the density of the macrofauna constituting the soil engineers varies little on the sites, maintaining a relationship with either the sand or silt content of the soil, or with the CEC of the soil, or both variables. Soils where the CEC has been improved by the action of fauna are likely to function better and the types of fauna involved have been identified as the main biological actors in the fertilisation of the soils studied.

KEYWORDS: soil, biological functioning, soil fauna, organic matter, fallow land, Daloa.

RESUME: A Daloa en Côte d'Ivoire, de nombreuses plantations de caféiers et cacaoyers tombées en déclin et laissées en jachères sont en passe d'être réutilisées. Pour prévenir un échec des cultures envisagées, cette étude vise à déterminer le mode de fonctionnement biologique de ces sols, chose indispensable pour élaborer à leur endroit des stratégies de gestion durable. Ainsi, sept jachères de plus de dix ans ont été identifiées. Dans chacune d'elle, une parcelle de 10000 m² a été délimitée; quatre monolithes y ont été isolés. Chaque monolithe a été trié afin d'en extraire les organismes, les identifier et calculer leur densité. Aussi, un échantillon de sol a-t-il été constitué par strate aux fins d'analyses. Le mode de fonctionnement biologique du sol a été déterminé en considérant que la densité de la faune est une variable indicatrice de la fertilité biologique des sols, qui alors, est mise en corrélation avec la CEC et la texture, deux variables considérées comme explicatrices de la fertilité des sols en général. Les résultats montrent que la densité de la macrofaune constituant les ingénieurs du sol varie peu sur les sites en maintenant une relation soit avec les teneurs en sables ou limons du sol, soit avec la CEC du sol, ou les deux variables à la fois. Les sols où la CEC a été bonifiée par l'action des faunes ont *a priori* un meilleur fonctionnement et les types de faunes impliqués ont été identifiés comme les principaux acteurs biologiques de la fertilisation des sols étudiés.

MOTS-CLEFS: sol, fonctionnement biologique, faune du sol, matière organique, jachère, Daloa.

1 INTRODUCTION

Depuis son indépendance, la performance économique de la Côte d'Ivoire a été le fait des exportations des matières premières agricoles [1], principalement le cacao et le café. Aujourd'hui, la Côte d'Ivoire n'est plus que le 15^e producteur mondial et 3^e producteur africain de café, alors qu'elle occupait dans les années 1970 les rangs de 3^e producteur mondial et premier pays africain avec une production annuelle de 400 000 tonnes [2]. La production de cacao estimée en 2020 à 2,2 millions de tonnes, demeure par contre le principal pilier du secteur agricole et revêt, de ce fait, une importance stratégique pour l'équilibre macroéconomique et la stabilité sociale du pays. Cependant, durant ces quarante dernières années, la filière cacao dans l'Union Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) et, partant, en Côte d'Ivoire, a été confrontée à plusieurs contraintes et difficultés qui ont entravé son plein développement [2]. Au total, parmi les freins au développement de la filière café-cacao, figure en bonne place: la chute des cours internationaux et leur forte volatilité [2] couplée à la baisse continue des revenus perçus par les producteurs [3], la connaissance insuffisante des caractères morpho-pédologiques des surfaces exploitées [4], l'amenuisement des terres cultivables et la faiblesse des rendements dus au vieillissement des vergers et à l'appauvrissement des sols ([5], [6], [7]). Vraisemblablement, toutes ces difficultés, notamment l'appauvrissement des sols, ont amené beaucoup de planteurs à abandonner leurs champs. Aujourd'hui, l'heure étant à la récupération des terres abandonnées, il est d'un intérêt indéniable de connaître leur mode de fonctionnement général afin d'élaborer des stratégies de gestion durable à leur endroit. La présente étude consacrée au fonctionnement biologique de ces sols, vise à déterminer la densité de la macrofaune (invertébrés) qu'ils abritent et analyser les corrélations existant entre cette faune et certaines de leurs composantes physico-chimiques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

L'étude a été conduite dans le département de Daloa situé dans la Région du Haut-Sassandra (Figure 1), au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Selon [8], ce département est très humide avec un climat à quatre saisons: la grande saison des pluies qui s'étend d'avril à mi-juillet est marquée par des intersaisons et des orages; elle est suivie par la petite saison sèche (mi-juillet à mi-septembre) et la petite saison des pluies (mi-septembre à novembre); la grande saison sèche couvre les mois de décembre à mars. Annuellement, la température moyenne est de 25,6 °C. Les saisons sèches et humides alternent avec des températures variant de 24,65 °C à 27,75 °C en moyenne. Les pluies annuelles sont passées de 1868,5 mm en 1968 à 1120,4 mm en 2005, soit une baisse de 40 pc [9]. Au plan hydrographique, le département est arrosé par le fleuve Sassandra et par son affluent la Lobo dont les ramifications le Dé et le Goré inondent le département, donnant lieu à de nombreux bas-fonds cultivables. La végétation est homogène et constituée de forêt dense et humide au sud et de savane arborée incluses au nord. Cette forêt connaît une dégradation accélérée par l'intensification des cultures de rente (cacao, café, palmier à huile et hévéa). Le relief du département est constitué de plateaux de 200 à 400 m d'altitude coupés par endroits par des plaines et basfonds [10].

Sur le plan pédologique, les études réalisées par [11] ont montré que les sols du département de Daloa sont en général ferrallitiques moyennement lessivés (ou désaturés). Les formations qui constituent le substratum de la région ont subi une altération et latérisation caractérisant les régions à climat chaud et humide. Du point de vue lithologique, le socle est constitué par des granitoïdes de composition minéralogique constante. Il s'agit de granites alcalins à subalcalins contenus dans les formations métamorphiques (gneiss et migmatites) de composition très voisine. Ces formations sont très rarement visibles à l'affleurement car masquées par une épaisse couverture d'altération argilo-sableuse.

Au total, sept sites de plateaux à pente faible (7 à 8 pc) sis dans sept localités différentes ont été choisis; il s'agit des villages de Bla (N6°43'58" W6°29'37"), Gonaté (N6°53'41" W6°16'13"), Loboguguia (N6°47'45" W6°37'18"), Madoguhé (N7°03'77" W6°29'18"), Wandaguhé (N6°50'51" W6°24'55"), Zépréguhé (N6°54'31" W6°22'10") et la ville de Daloa (N6°55'03" W6°22'10"). Les sites de Loboguiguia et de Zépréguhé sont des jachères de cacaoyers, alors que ceux de Bla, Daloa, Gonaté, Madoguhé et Wandaguhé sont des jachères de caféiers.

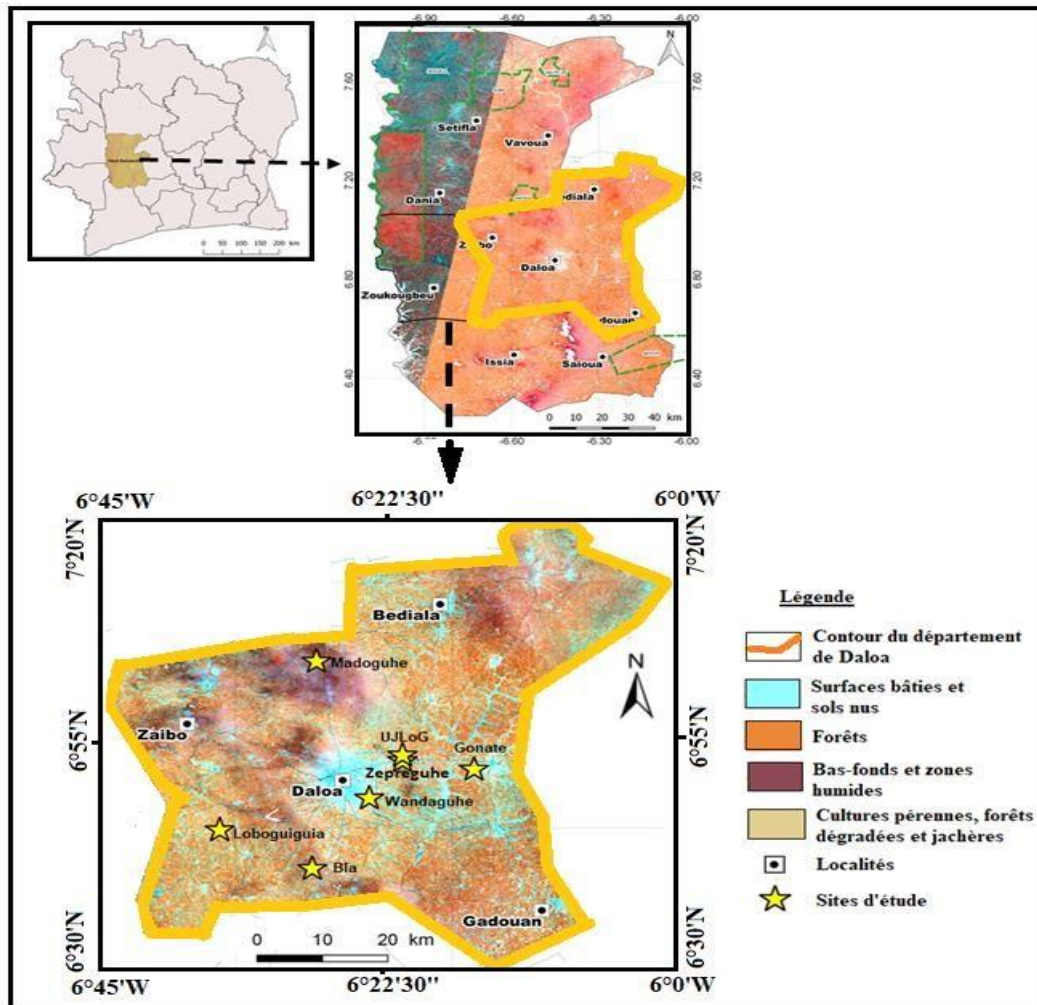


Fig. 1. Localisation du département de Daloa montrant les sites de l'étude

2.2 COLLECTE DES DONNEES

Deux types de données ont été collectés: la macrofaune du sol et le sol. La collecte de la macrofaune a été réalisée selon la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility). Le dispositif schématisé par la figure 2 a été installé à cet effet à l'intérieur d'une parcelle utile de 100 m x 100 m délimitée sur chaque site. Ce dispositif couvre une sous parcelle de 80 m x 80 m afin de minimiser les effets de bordure. Un transect long de 20 m a été tracé pour servir de ligne directrice à l'implantation de quatre monolithes, les premier (M1) et quatrième (M4) étant situés à chaque extrémité du transect. Une distance de 10 m séparait les deux premiers monolithes (M1 et M2) tandis que les autres (M2 à M4) étaient distants de 5 m, à l'image de la stratégie d'échantillonnage appliquée par [12].

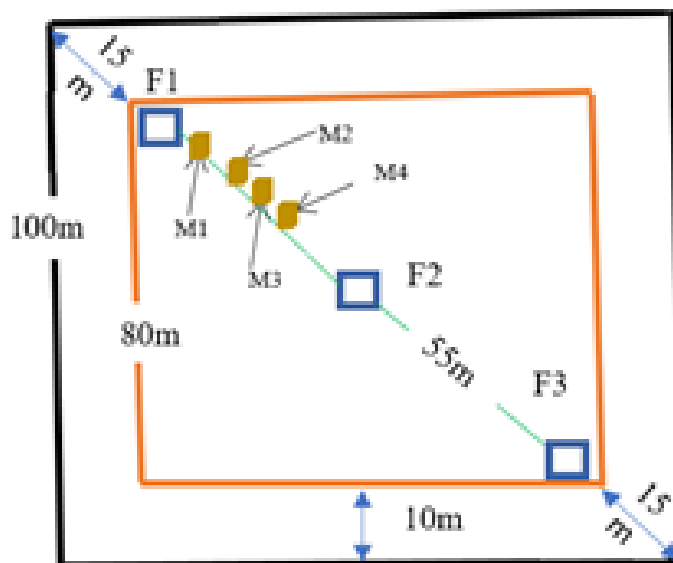


Fig. 2. Dispositifs mis en place pour la collecte de la faune

Dans la pratique, un quadra en bois de 50 cm de côté a servi à marquer l'emplacement de chaque monolithe de sol, puis une tranchée de 50 cm de côté et 30 cm de profondeur a été creusée autour du quadra pour isoler le monolithe (Figure 3). Au total, 28 monolithes ont été isolés sur les sept sites. Chaque monolithe a été, après isolement, scindé en trois strates ou couches successives (strate 1: 0-10 cm, strate 2: 10-20 cm et strate 3: 20-30 cm) (Figure 3). Le sol de chaque strate a été recueilli dans un sachet afin d'éviter la fuite des organismes. Les organismes ont été extraits par tri manuel direct ([12], [13]). Pour ce faire, de petites quantités de terre collectée au niveau d'une strate donnée sont versées progressivement jusqu'à épuisement et étalées sur un plateau en plastique pour faire apparaître la faune du sol qu'elle renferme. Tous les individus aperçus sont prélevés à l'aide d'une pincette et conservés dans des piluliers contenant du formaldéhyde dilué à 4 pc pour les vers de terre et de l'alcool à 70 pc pour les autres taxons (termites, fourmis etc.). Les piluliers sont ensuite marqués d'une étiquette renseignant le nom de la parcelle, la date de l'échantillonnage, les numéros du monolithe et de la strate, après quoi, un échantillon de sol est constitué par strate de sol aux fins des analyses de laboratoire. Ces analyses ont porté sur les variables du sol reportées dans le tableau 1.

Les échantillonnages de terrain ont été réalisés pendant la saison des pluies, période de grandes activités des organismes du sol en général.

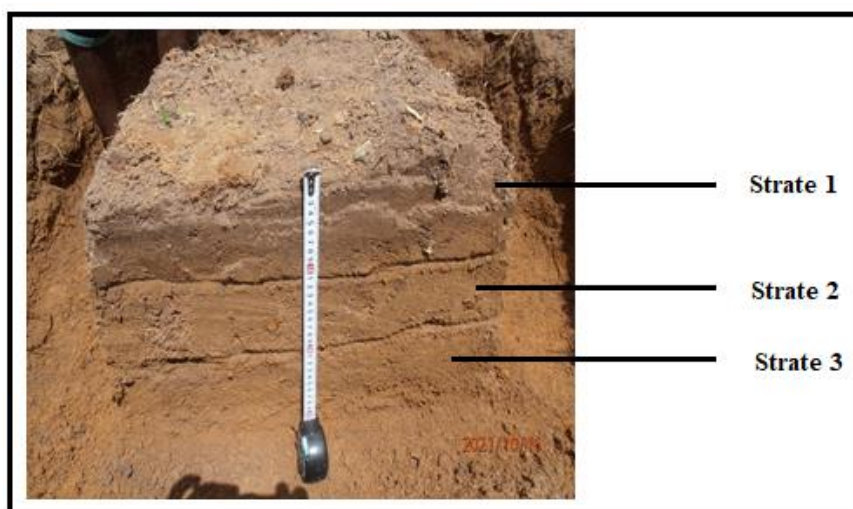


Fig. 3. Monolithe de sol scindé en trois strates

Tableau 1. Synthèse des méthodes d'analyse des sols appliquées

| Variables mesurées | Méthodes de détermination |
|---------------------------------------|--|
| Taux de sable (S) | Pipette Robinson [14] |
| Taux de limon (L) | |
| Taux de d'argile (A) | |
| pH (1: 2,5: Sol: Eau) | pH-mètre à électrode de verre [15] |
| Taux de carbone organique (C) | Walkley et Black [15] |
| Taux de d'azote total (Nt) | Kjeldahl modifiée [15] |
| Taux de phosphore assimilable (Pass) | Olsen modifiée [16] |
| Taux de calcium (Ca ²⁺) | Spectromètre d'absorption atomique [15] |
| Taux de magnésium (Mg ²⁺) | |
| Taux de potassium (K ⁺) | |
| Taux de sodium (Na ⁺) | |
| Capacité d'échange en cation (CEC) | |
| Somme des bases (S) | $S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$ |
| Taux de saturation en bases (V) | $V = S/CEC$ |

2.3 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Parmi les macros-invertébrés collectés, seuls les grands groupes taxonomiques des "ingénieurs du sol" (vers de terre, fourmis et termites), ont été identifiés pour leur grande implication dans la dynamique du sol. Les autres macros-invertébrés récoltés et non identifiés ont été mis ensemble pour constituer le groupe "autres macro invertébrés". Ainsi, l'identification des vers de terre a été faite à l'aide de différentes clés de détermination ([17], [18]) et d'échantillons de référence du Muséum d'Histoire Naturelle de Budapest [19]. Pour les termites, les supports utilisés sont: les clés de [20], les illustrations sur les termites de [21] et les descriptions de [22] et [23]. Quant à la reconnaissance des fourmis, les clés de [24] ainsi que les travaux de [25] ont servi de référence.

Suite à cette étape d'identification, la densité (nombre d'individus par mètre carré) de tous les macros-invertébrés collectés a été déterminée par site en utilisant la formule de l'équation 2:

$$D = d \times 4 \text{ (Equation 2)}$$

Avec:

- D = Nombre d'individus par mètre carré (individus/m²);
- d = nombre d'individus par surface de monolithe (individus/0,25 m²)

Le mode de fonctionnement biologique du sol a été déterminé en considérant l'abondance ou la densité de la faune comme une variable indicatrice de la fertilité biologique des sols, qui, alors, est mise en corrélation avec la CEC et la texture, deux variables considérées en général comme explicatives de la fertilité des sols ([26], [27]). Les corrélations ont été calculées en utilisant le logiciel R (Version 3.6.3).

3 RESULTATS

3.1 VARIANCES DES DENSITES DES MACRO-INVERTEBRES

Les groupes taxonomiques des macro-invertébrés identifiés sont les vers de terre, les termites et les fourmis. Les groupes taxonomiques non identifiés constituent les "autres macro-invertébrés". Les densités de ces différents macro-invertébrés sont reportées dans le tableau 2 ainsi que leur variabilité. Quand bien même que les différences entre les sites relativement à la densité de la macrofaune qu'ils abritent sont avérées non significatives, les autres macro-invertébrés et surtout les fourmis, qui ont affiché des coefficients de variation supérieur à 50 pc, apparaissent ainsi particulièrement très variables spatialement contrairement aux vers de terre et aux termites.

Tableau 2. Variance de la densité des macro-invertébrés par groupe taxonomique

| Macro-invertébrés collectés | Sites | | | | | | | p |
|---|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|------------|--------|
| | Bla | Daloa | Gonaté | Loboguiguia | Madoguhé | Wandaguhé | Zépréguhé | |
| Termites (ind.m ⁻²) | 88±11,76a | 152±29,74a | 112±1,72a | 96±46,63a | 64±34,2a | 64±19,43a | 48±20,85a | > 0,05 |
| Vers de terre (ind.m ⁻²) | 84±27,77a | 80±3,65a | 40±19,35a | 40±32,56a | 104±1,05a | 116±1,44a | 136±12,65a | > 0,05 |
| Fourmis (ind.m ⁻²) | 32±25,57a | 20±12,22a | 20±11,74a | 48±10,49a | 60±23,86a | 20±14,25a | 88±42,66a | > 0,05 |
| Autres macro-invertébrés (ind.m ⁻²) | 28±8,54a | 36±7,45a | 12±4,29a | 8±6,14a | 16±4,22a | 20±10,01a | 16±4,77a | > 0,05 |

Les moyennes alignées et affectées de lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de 5 pc.

Toutefois, relativement à la variance de la densité, les tendances suivantes ont été observées:

- La densité des termites varie de 48±20,85 à 152±29,74 ind.m⁻² la plus forte densité ayant été obtenue dans le sol de Daloa (152±29,74 ind.m⁻²), suivi dans cet ordre, des sols de Gonaté (112±1,72 ind.m⁻²), Loboguiguia (96±46,63 ind.m⁻²), Bla (88±11,76 ind.m⁻²), Madoguhé (64±34,20 ind.m⁻²), Wandaguhé (64±19,43 ind.m⁻²) et Zépréguhé (20±20,85 ind.m⁻²);
- Pour les vers de terre, la densité varie entre 40±19,35 et 136±12,65 ind.m⁻²: le sol de Zépréguhé abrite la plus forte densité (136±12,65 ind.m⁻²); les sols de Wandaguhé et Madoghé suivent avec 116±1,44 et 104±1,05 ind.m⁻² puis viennent les sols de Bla et Daloa avec respectivement 84±27,77 et 80±3,65 ind.m⁻²; les sols de Gonaté et Loboguiguia renferment la plus densité estimée à 40±19,35 ind.m⁻²;
- A l'image du constat fait avec les termites, le sol de Zépréguhé abrite la plus grande densité de fourmis estimée à 88±42,66 ind.m⁻², loin devant les sols de Madoguhé et Loboguiguia qui en comptent 60±23,86 et 48±10,45 ind.m⁻². Le sol de Bla a une densité de fourmis intermédiaire (32±25,57 ind.m⁻²) à celles de Madoguhé et Loboguiguia. Les sols de Daloa, Gonaté et Wandaguhé qui abritent une densité de 20 ind.m⁻² de fourmis sont les moins fournis en cette faune;
- Les "autres macro-invertébrés" sont plus présents dans les sols de Daloa (36±7,45 ind.m⁻²) et de Bla (28±8,54 ind.m⁻²) alors que cette présence est peu marquée à Madoguhé, Wandaguhé et Zépréguhé et surtout à Gonaté (12±4,29 ind.m⁻²) et Loboguiguia (8±6,14 ind.m⁻²)

3.2 CORRELATIONS ENTRE LA DENSITE DES MACRO-INVERTEBRES ET LES VARIABLES EXPLICATIVES DE LA FERTILITE DES SOLS

Les tableaux 3 à 7 indiquent les corrélations existant entre les macro-invertébrés échantillonnés dans les sols et la texture, puis la CEC, qui sont les variables explicatives de la fertilité des sols en général.

Avec la texture du sol, des corrélations significatives existent entre la densité des faunes collectées et les fractions fines du sol, en particulier, le limon et le sable, exception faite du sol de Daloa (Tableau 3). À Bla, ces corrélations sont établies entre les termites et le limon (corrélations positives), puis entre les termites et le sable (corrélations négatives), et dénotent ainsi une abondance de cette faune selon que le sol est de plus en plus fourni en limon et pauvre en sable (Tableau 4). Un constat inverse se dégage avec les vers de terre dans le sol de Madoguhé (Tableau 5). Dans le sol de Gonaté (Tableau 6), tandis que les termites d'une part, puis les vers de terre et les "autres macro-invertébrés" d'autre part, prolifèrent, dans cet ordre, en présence de limon et de sable, de faibles densités des vers de terre et des "autres macro-invertébrés" sont expliquées par des taux élevés de limon. Cette dernière relation illustre aussi celle qui existe entre les vers de terre et les sols de Loboguiguia (Tableau 7), Madoguhé (Tableau 5), Wandaguhé (Tableau 8) et Zépréguhé (Tableau 9). À Zépréguhé, particulièrement, la densité des termites s'avère importante aussi bien en présence du limon que du sable alors que seul le sable induit un effet similaire sur la densité des "autres macro-invertébrés".

Avec la CEC du sol, les corrélations significatives marquées avec la densité des faunes collectées concernent les seuls sols de Daloa (Tableau 3) et de Gonaté (Tableau 6): elles traduisent une abondance des fourmis et des vers de terre dans le sol quand la CEC du sol s'élève.

Tableau 3. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de de Daloa*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.03 | -0.62 | 0.66 | 0.73 |
| Termites | 0.53 | 0.36 | 0.38 | -0.49 |
| Vers de terre | 0.68 | 0.05 | -0.03 | 0.33 |
| Autres macro-invertébrés | 0.01 | -0.29 | 0.27 | 0.19 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 4. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Bla*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | 0.19 | -0.39 | 0.41 | 0.57 |
| Termites | 0.17 | 0.75 | -0.78 | -0.32 |
| Vers de terre | -0.39 | -0.42 | 0.39 | 0.68 |
| Autres macro-invertébrés | -0.09 | 0.57 | 0.57 | 0.66 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 5. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de de Madoguhé*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.16 | 0.09 | -0.07 | 0.56 |
| Termites | 0.41 | 0.11 | 0.17 | -0.33 |
| Vers de terre | 0.36 | -0.86 | 0.87 | -0.53 |
| Autres macro-invertébrés | 0.01 | -0.57 | 0.58 | 0.09 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 6. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Gonaté*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.39 | -0.50 | 0.54 | 0.06 |
| Termites | -0.16 | 0.70 | 0.69 | -0.32 |
| Vers de terre | -0.29 | -0.83 | 0.84 | 0.87 |
| Autres macro-invertébrés | -0.23 | -0.70 | 0.70 | 0.60 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 7. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Loboguiguia*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.23 | 0.20 | -0.14 | 0.13 |
| Termites | 0.01 | 0.55 | -0.48 | -0.08 |
| Vers de terre | 0.62 | -0.78 | 0.80 | 0.11 |
| Autres macro-invertébrés | 0.28 | -0.63 | 0.64 | -0.14 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 8. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Wandaguahé*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | 0.01 | -0.31 | 0.34 | -0.67 |
| Termites | 0.23 | 0.85 | -0.87 | 0.28 |
| Vers de terre | -0.34 | -0.86 | 0.87 | -0.43 |
| Autres macro-invertébrés | -0.29 | -0.69 | 0.71 | -0.29 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

Tableau 9. *Corrélations entre densité des macro-invertébrés et texture et CEC du sol de Zépréguhé*

| Macro-invertébrés | Texture | | | CEC |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------|
| | Argile | Limon | Sable | |
| | Coefficients de corrélation | | | |
| Fourmis | -0.01 | -0.31 | 0.34 | -0.29 |
| Termites | 0.23 | 0.85 | 0.87 | 0.28 |
| Vers de terre | -0.34 | -0.86 | 0.87 | -0.43 |
| Autres macro-invertébrés | -0.29 | -0.69 | 0.71 | -0.67 |

Les valeurs en gras indiquent les corrélations significatives marquées à $p < 0,05$.

4 DISCUSSION

Selon [28], en Afrique tropicale humide, la macrofaune du sol est représentée par des invertébrés dont certains bâtissent des structures organo-minérales (ex: termites). Leurs activités et les répercussions observées sur les caractéristiques du milieu environnant font que ces organismes sont appelés les « ingénieurs de l'écosystème ». Ils sont principalement représentés par les termites, les vers de terre et les fourmis, qui constituent essentiellement les organismes collectés et identifiés dans cette étude. Ces macro-invertébrés ont présenté une densité statistiquement similaire entre les sites, ce qui peut s'expliquer par l'existence sur les sites des mêmes conditions de nutrition (abondance de litière produite par la couverture végétale), agroclimatiques et pédologiques. Ce point de vue a été partagé par [29] lors d'une étude consacrée à la faune du sol dans des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers. Toutefois, le site de Daloa abritant une relative plus forte densité de macrofaune alors que le sol y est moins acide, laisse penser que la prolifération de la macrofaune du sol est aussi corrélée positivement aux faibles acidités des sols. C'est en cela que [30] soutient que la majorité des organismes du sol prolifèrent dans des sols à pH neutre (pH = 7).

D'un autre côté, de nombreuses études mettent l'accent sur la texture ainsi que d'autres caractéristiques physico-chimiques des sols comme facteurs responsables de l'hétérogénéité des habitats de la macrofaune du sol ([31], [32], [33]). Concernant les sols étudiés qui ont texture limono-sableuse, il ressort que les termites ont une préférence pour les horizons limoneux contrairement aux vers de terre qui préfèrent les sables et vice-versa. Aucune préférence pour les fourmis en lien

avec les particules du sol n'a été observée. En fait, les vers de terre sont réputés pour leur capacité à modifier profondément les caractéristiques physiques, organiques et biologiques du sol en creusant des galeries et en ingérant du sol et des résidus organiques ([34], [35]). Les horizons sableux, à l'opposé des horizons limoneux plus compacts, se prêtent mieux à cette activité du fait des nombreux pores qui les parcourent. L'action des termites, mais aussi des fourmis, est également importante parmi les organismes de la macrofaune; elle consiste au fouissage, transport et accumulation d'éléments fins dans leur nid [36]. Vu la texture limoneuse des sols étudiés, leurs éléments les plus fins sont constitués essentiellement par les limons, d'où la corrélation significative positive limon-termites observée à Bla, Gonaté, Wandaguhé et Zépréguhé.

Relativement à la CEC du sol, il s'est avéré que l'activité des fourmis et des vers de terre participe à relever sa valeur à Daloa et à Gonaté, ce qui est bénéfique pour ces sols. Ce résultat découle du rôle prépondérant que ces organismes jouent en général dans la bonne structuration du sol et le développement de l'activité microbienne dans le sol. Pour cela, il aurait fallu que la jachère produise d'abondante litière dans les parcelles, ce qui constitue pour la faune du sol, non seulement une source de nourriture, mais aussi, une couverture qui maintient l'humidité du sol favorable à l'activité biologique et microbiologique ([37], [38]).

5 CONCLUSION

La densité de la macrofaune des "ingénieurs du sol" varie très peu d'un site à un autre de l'espace étudié tout en maintenant une relation soit avec les teneurs en sables ou limons du sol, soit avec la CEC du sol ou les deux variables à la fois. La première corrélation détermine le type d'habitat de la macrofaune quand la seconde renseigne sur leur rôle effectif dans l'élaboration de la fertilité du sol. Ainsi, les sols de Daloa et de Gonaté dans lesquels la CEC est bonifiée par l'action des fourmis et des vers de terre ont, *a priori*, un meilleur fonctionnement. Par conséquent, les fourmis et les vers de terre apparaissent comme les principaux acteurs biologiques de la fertilisation des sols étudiés.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cette recherche remercient tous les acteurs ayant pris part directement ou indirectement à sa réalisation, notamment les planteurs qui leur ont cédé leurs terres pour les différentes expérimentations.

REFERENCES

- [1] Eso L. J. (2009). Dynamique des recettes du café et du cacao en côte d'ivoire. Cellule d'analyse de politiques économiques du CIRES, 19 p. Disponible sur <http://www.izf.net/sites/default/files/bupedndeg10.pdf>. [Consulté le 23-12-2022].
- [2] FAOSTAT (2022). Classement des états du monde par production de cacao (fèves). Food and Agriculture Organization, United Nations. <https://atlasocio.com>. [Consulté le 28 janvier 2023].
- [3] Eponon C., Snoeck D., Kassin E., Keli J. & Kone D. (2017). Diagnostic agronomique des pratiques culturales paysannes dans les vergers caféiers de Côte d'Ivoire. *Cahier Agriculteur*, 26: 45007, 9 p.
- [4] Koko K. L., Yoro R. G., Ngoran K., & Assa A. (2008). Evaluation de la fertilité des sols sous cacaoyers dans le sud-ouest de la côte d'ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (1): 81-95.
- [5] Assiri A. (2007). Identification des pratiques paysannes dans la conduite des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA, option agro-pédologie, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 56 p.
- [6] Aguilar P., Paulin D., Keho Y., N'Kamleu G., Raillard A., Deheuvels O., Petithuguenin P. & Gockowski J. (2003). L'évolution des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire entre 1995 et 2002. In: *Actes de la 14ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 18-23 octobre 2003, Accra (Ghana), pp 11167-1175.
- [7] Freud E. H., Pétithuguenin P. & Richard J. (2000). Les champs de cacao: un défi de compétitivité Afrique-Asie. *Editions Karthala et CIRAD*, Paris, 207 p.
- [8] ICEF et ENSEA (2002). L'économie locale du département de Daloa. Rapport d'étude, Programme ECOLOC, Volume 1: 144 p.
- [9] Ligban R., Goné D; L., Kamagaté B., Saley M. B. & Biémi J. (2009). Processus hydrogéo-chimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa. *Journal of Biology and Chemical Science*, 3 (1): 38-47.
- [10] Avenard J. M. & Deluz A. (1972). Milieu naturel de Côte d'Ivoire. *Etudes rurales*, N° 48, pp. 185-186.
- [11] Dabin B., Leneuf N. & Riou G. (1960). Carte pédologique de la Côte d'Ivoire à 1/2.000.000. Notice explicative.
- [12] Guéi A. M., N'Dri J. K., Zro F. G., Bakayoko S. & Tondoh J. E. (2019). Relationships between soil morpho-chemical parameters and earthworm community attributes in tropical agro-ecosystems in the center-west region of Ivory Coast, Africa. *Tropical Ecology*, 60: 209- 218.

- [13] Lavelle, P. (1978). Les vers de terre de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire): Peuplements, Populations et Fonctions dans l'écosystème. Publication du Laboratoire Zoologique, ENS, n°12. 301p.
- [14] Douzals J.P. (2000). Mesures physiques de la variabilité des sols en agriculture de précision», Ingénieries-E A T, IRSTEA édition 2000, pp. 45-52.
- [15] Diack M. & Loum M. (2014). Caractérisation par approche géostatistique de la variabilité des propriétés du sol de la ferme agropastorale de l'Université Gaston Berger (UGB) de 34 Saint-Louis, dans le bas delta du fleuve Sénégal», *Revue de géographie du laboratoire Leïdi*, N°12, 15 p.
- [16] Hilhorst M.A. & Balendonck J. (1999). *A pore water conductivity sensor to facilitate non-invasive soil water content measurements*, in: Precision Agriculture 99, STAFFORD J.V. Ed., SCI, Sheffield Academic Press, Sheffield, UK, p. 211-222.
- [17] Omodeo P. & Vaillaud M. (1967). Les Oligochètes de la savane de Gpakobo en Côte d'Ivoire. Bull IFAN, XXIX (A) (3), 925-944.
- [18] Csuzdi C., Tondoh E.J. (2007). New and little-known earthworm species from the Ivory Coast (Oligochaeta: acanthodrilidae: Benhamiinia-Eudrilidae). *Journal of Natural History*. 41, 2551-2567.
- [19] Dabin B., Leneuf N. & Riou G. (1960). Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/2.000.000. *Notice explicative*. ORSTOM, (Paris, France), 39 p.
- [20] Bouillon A. & Mathot G. (1965). Quel est ce terme africain ? *Zooleo*. N° 1. (Ed). Université de Léopoldville, Léopoldville.
- [21] Josens G. (1972). Études biologiques et écologiques des termites (Isoptera) de la savane de Lamto. Thèse de Doctorat de l'Université libre de Bruxelles, 262 p.
- [22] Grassé P. P. (1986). Termitologia. Tome III. Comportement, socialité, écologie, évolution et systématique. Masson, Paris, 715 pp.
- [23] Grassé P. P. (1984). Termitologia. Tome II. Fondation des sociétés, construction. Masson, Paris, 613p.
- [24] Monnin T., Espadaler X., Lenoir A., & Peeters C. (2013). Guide des Fourmis de France. *Baume-les-Dame: Editions Belin*, 160 pp.
- [25] Chérix D. (1986). Les fourmis des bois, série « Comment vivent-ils ? », Atlas visuels Payot, vol. 15, Lausanne. *Bulletin de la société entomologique de France* 91 (3-4) p 136.
- [26] Zro B.G.F., Guéi A.M., Nangah K.Y., Soro D., Bakayoko S. (2016). Statistical approach to the analysis of the variability and fertility of vegetable soils of Daloa (Côte d'Ivoire). *African Journal of Soil Science*, 4 (4): 328-338.
- [27] Genot V., Renneson M., Colinet G., Goffaux M. J., Cugnon T., Toussaint B., Buffet D. & Oger R. (2012). Base de données sols de REQUASUD. *Document technique*, 36 p.
- [28] Duponnois R. (2012). La grande muraille verte: Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux. IRD Editions, pp 507-522. [<https://horizon.documentation.ird.fr>] consulté le 8-11-2022.
- [29] Moco M.K.S., Gama-Rodrigues E.F., Gama-Rodrigues A.C., Machado R.C.R. & Baligar, V.C. (2010). Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. *Agroforest. Syst.* 76, 127-138.
- [30] Ponge J.P. (2004). Effets des composés organiques sur la faune du sol. Perturbation des communautés et recolonisation des substrats pollués. Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS UMR 7179, p 19.
- [31] Barros, E., Grimaldi, M., Sarrazin, M., Chauvel, A., Mitja, D., Desjardins, T. & Lavelle, P. (2004). Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. *Applied Soil Ecology* 26: 157-168.
- [32] Ouédraogo E., Mando A. & Bruissard L. (2006). Soil macrofauna affect nitrogen and water use efficiencies in semi-arid West Africa. *European Journal of Soil Biology*, 42 (1): S275-S277.
- [33] Kifukiéto C. (2014). Inventaire préliminaire des termites (Isoptera) des plateaux des Batékés en République Démocratique du Congo. *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*, 67: 49-57.
- [34] Blanchart E., Bruand A. & Lavelle P. (1993). The physical structure of casts of *Millsonia anomala* (Oligochaeta: Megascolecidae) in shrub savanna soils (Côte d'Ivoire). *Geoderma*, 56: 119-132.
- [35] Martin A. (1991). Short- and long-term effects of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. *Biology and Fertility of Soils* 11, 134-138.
- [36] Floret Ch. & Pontanier R. (2001). La jachère en Afrique tropicale. John Libbey Eurotext, Paris, France, pp. 85-121.
- [37] Bertrand M., Barot S., Blouin M., Whalen J., de Oliveira T. & Roger-Estrade J. (2015). Earthworm services for cropping systems. *Agron Sustain Dev.*, 35: 553 - 567.
- [38] Serpantié G. & Ouattara B. (2001). Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. In: Floret Christian (ed.), Pontanier Roger (ed.). *La jachère en Afrique tropicale: rôles, aménagement, alternatives: 2. De la jachère naturelle à la jachère améliorée: le point des connaissances*. Paris (France); Montrouge: IRD; *J. Libbey*, pp. 21-83.

Variabilité des débits d'étiages « VCNd » dans un contexte climatique semi-aride: Cas du bassin versant de l'oued Srou, Haut Oum Er Rbi, Maroc

[Variability of low-flow rates « MAMd » in a semi-arid climatic context: Case of the watershed of the river Srou, Oum Er Rbia upstream, Morocco]

Omar Ghabane, Mohamed Chakir, Hassan Ouakhir, Jawad Elhawari, Aomar Achehboune, Othman Rahimi, Youness Bouhafa, and Mohamed El Ghachi

Laboratoire Dynamique des Paysages, Risques et Patrimoines, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Sultan Moulay Slimane, Béni Mellal, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In a context of climate change with a growing population, the pressure on water resources is increasing. In Morocco, water resources are scarce and poorly distributed in time and space. To face this situation, the state has established strategies and laws since the 1960s, but they have not considered the management of low-flow situations. The management of such situations is a major pillar for an integrated and sustainable management of the water resource. The present article aims at identifying the daily low-flow rates (VCNd) in a semi-arid climatic context, that of the watershed of the river Srou, first tributary of the river Oum Er Rbia in the central Middle Atlas. The data used concern the daily flows of the upstream station of the watershed (downstream Elhri) and the downstream station (Chacha N'mallah) for the 1976-2016 period. The results obtained show that the daily low-flow rates on an annual scale are very stable between the different durations. On the other hand, they show a strong variability on an interannual and spatial scale. Low flows occur throughout the watershed between July and September. Severe low-flow situations occurred in 1995 and 2008.

KEYWORDS: Low-flow, MAMd, Srou watershed, Oum Er Rbia.

RESUME: Dans un contexte de changement climatique avec une augmentation démographique, la pression sur la ressource en eau ne cesse d'augmenter. Au Maroc, les ressources en eau sont rares et mal réparties dans le temps et dans l'espace. Pour faire face à cette situation l'état a instauré des stratégies et des lois depuis les années 60, mais ils n'ont pas tenu en compte la gestion des situations des étiages. Alors que la gestion de telles situations constitue un pilier majeur pour une gestion intégrée et durable de la ressource en eau. Le présent article vise à identifier les débits d'étiages journaliers (VCNd) dans un contexte climatique semi-aride, celui du bassin versant de l'oued Srou, premier affluent de l'oued Oum Er Rbia dans le moyen Atlas central. Les données utilisées concernent les débits journaliers de la station amont du bassin (aval Elhri) et la station de l'aval (Chacha N'mallah) pour la chronique 1976-2016. Les résultats obtenus montrent que les débits d'étiages journaliers à l'échelle annuelle connaissent une stabilité bien marquée entre les différentes durées. En revanche, ils connaissent une forte variabilité à l'échelle interannuelle et spatiale. Les étiages se produisent dans la totalité du bassin entre juillet et septembre. Les années 1995 et 2008 ont connu des situations d'étiages sévères.

MOTS-CLEFS: Etiage, VCNd, bassin versant de l'oued Srou, Oum Er Rbia.

1 INTRODUCTION

Les questions de changement et de variabilité climatique préoccupent depuis quelques temps les scientifiques et les décideurs politiques en raison de leurs conséquences immédiates et durables sur l'environnement [1], [2].

Le changement climatique s'est traduit par la succession des périodes de sécheresse, en Afrique du Nord, l'Afrique occidentale et centrale et dans le pourtour méditerranéen à partir de la fin de la décennie 1960 et le début des années 70 [3]. Le Maroc, pays dont les ressources en eau sont limitées, dispose d'une quantité d'eau de surface estimée à 22,5 milliards de m³, dont seul 16 milliards de m³ sont mobilisables dans les conditions techniques et économiques actuelles [4]. La plupart de ces ressources sont localisées principalement dans les régions du Nord et du Nord-Ouest, ce qui laisse apparaître un grand déficit dans le reste du pays. Avec les périodes de sécheresse qui sont de plus en plus fréquentes ces dernières années, ce déficit devient très grave et touche presque tout le royaume [5]. La contrainte de la sécheresse dans les régions montagneuses est souvent ignorée dans les études hydro-climatiques. Les sécheresses qu'a connues le Maroc depuis 1980, rappellent que ces régions ne sont pas épargnées des déficits en eau importants, surtout pendant la saison estivale, périodes des étiages [6]. Dans un tel cadre, la connaissance des débits d'étiages doit revêtir un caractère vital en raison du contexte climatique et hydrologique sévère et difficile. En effet, Les travaux sur les crues ont été prédominants dans l'analyse des extrêmes hydrologiques, mais les pressions actuelles sur la ressource en eau et les incertitudes liées au changement climatique suscitent depuis quelques années un intérêt croissant pour l'analyse des étiages [6].

L'étiage se définit ainsi comme un phénomène naturel, saisonnier, résultant généralement d'un déficit de pluie plus ou moins long et plus ou moins sévère, susceptible de varier dans le temps et dans l'espace et entraînant une diminution du débit dans les cours d'eau [7].

L'intérêt pour les débits d'étiage ne cesse de croître actuellement au sein de la communauté scientifique [8], [9], [10]. L'étude des étiages aide les décideurs et les gestionnaires dans la planification et la conception de l'approvisionnement en eau, la conception du réservoir de stockage et le maintien de la quantité et de la qualité de l'eau pour l'irrigation, et la conservation de la vie aquatique [11].

Les étiages sont des phénomènes plus complexes à définir et à décrire. Leurs genèses qui sont particulièrement longues les rendent difficiles à identifier. Ils peuvent être définis statistiquement à partir des débits journaliers, des débits mensuels, des moyennes mobiles calculées sur plusieurs jours ou encore à partir d'un débit seuil [12] – [15].

La présente étude vise à identifier et analyser la variabilité des débits d'étiages à partir des débits moyens journaliers sur plusieurs jours consécutifs « VCNd » (Volume Consécutif Minimal pour d jours), dans un contexte climatique semi-aride. Il s'agit du bassin versant de l'oued Srou premier affluent de l'oued Oum Er Rbia dans le moyen Atlas central.

2 SITUATION GÉOGRAPHIQUE, CADRE GÉOLOGIQUE ET CLIMATIQUE

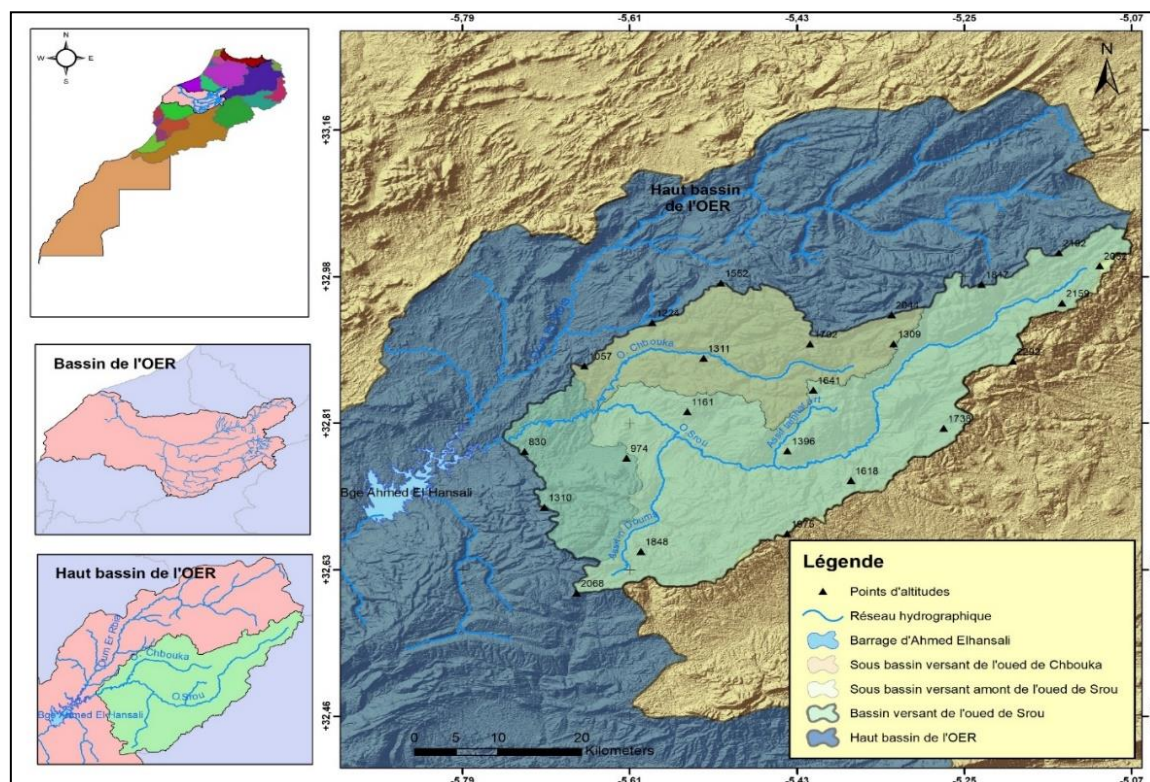


Fig. 1. Situation géographique du bassin versant de l'oued Srou

Le bassin de Srou, objet de ce travail, constitue le premier affluent de l'Oued Oum-Er-Rbia dans le moyen-Atlas central. Il s'étend sur une superficie de 1374 km² à la station hydrométrique de Chacha N'mallah. Il est localisé au nord-ouest du moyen-atlas central. Il se situe entre la longitude 5°6' et 6°50' ouest et la latitude 38° 4' et 39°1' nord (Figure 1). Administrativement, le bassin de l'oued de Srou s'étale sur la province de Khénifra et une petite partie de la province d'Ifrane. Il est limité à l'ouest par le massif hercynien du plateau central, au nord par le causse moyen-atlasique et au sud-est par la meseta Maroc-oranaise. Il présente un caractère montagneux: l'altitude varie entre 700 m et 2400 m. Il montre aussi une diversité sur le plan du relief, avec des formes structurales diversifiées. Le sens d'écoulement du cours d'eau principal est du nord-est vers le sud-ouest.

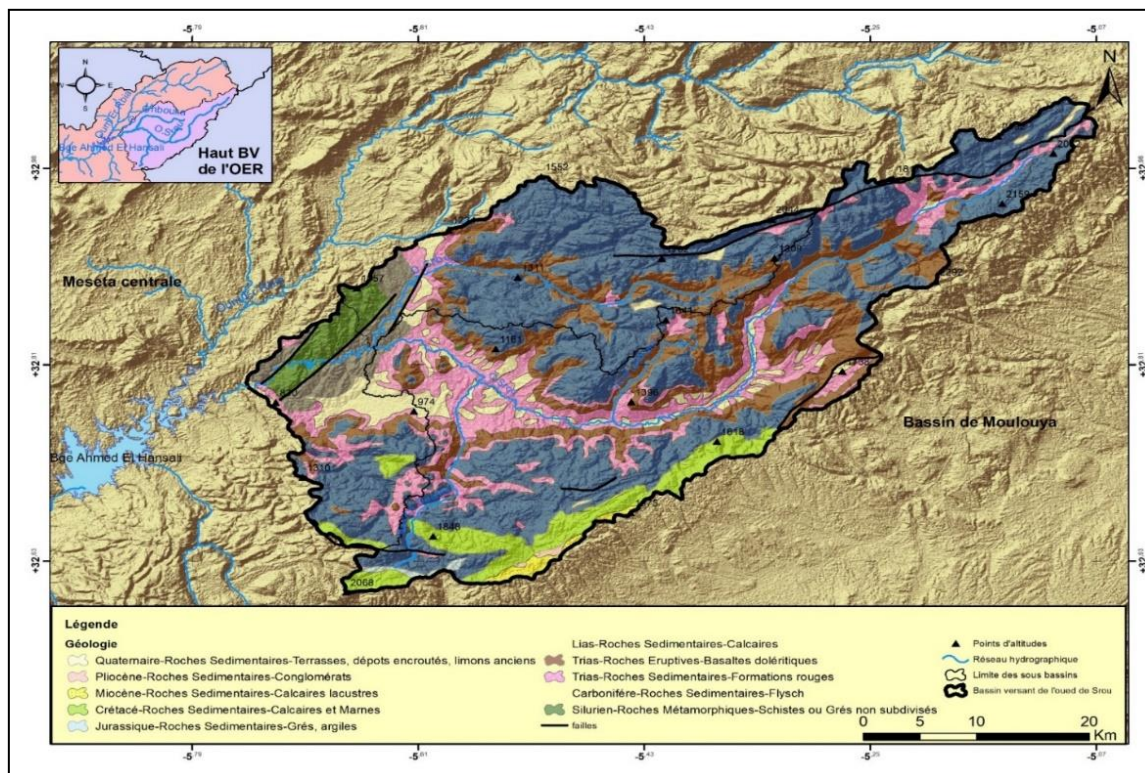


Fig. 2. Géologie du bassin versant de l'oued Srou (Source: Carte géologique du Maroc centrale 1/250000)

Le bassin versant de l'oued Srou est situé à cheval sur deux domaines structuraux du Maroc: à l'est, le domaine Mesetéen et à l'ouest, le domaine atlasique. Il est caractérisé par l'affleurement à l'ouest des terrains paléozoïques qui font partie de la chaîne hercynienne [16]. Ces terrains sont représentés essentiellement par des séries détritiques grésoschisteuses d'âge ordovicien [17]. Les terrains mésozoïques affleurent dans la moyenne partie du bassin. Ils sont représentés par des séries argileuses évaporitiques à intercalation des coulées basaltiques du Trias. Les calcaires et les dolomies de la plateforme carbonatée du Jurassique apparaissent dans le causse du moyen Atlas alors que les formations marno-calcaires du Crétacé sont limitées au sud-ouest du secteur. Les terrains quaternaires affleurent dans les parties basses du relief montagneux et sont représentés par des dépôts à croûtes calcaires et des limons (Figure 2). Le bassin versant de l'oued Srou constitue l'une des principales zones du Maroc où les séries rouges triasiques affleurent largement, à côté du bassin versant de l'Ourika situé dans le Haut Atlas [18].

Cette hétérogénéité lithologique se reflète sur la perméabilité du bassin. Une partie importante de sa superficie est imperméable (42 %). Des argiles gypsifères, des marnes et des basaltes dolorétiques du Permo-trias occupent les larges dépressions dans lesquelles l'oued de Srou creuse sa vallée.

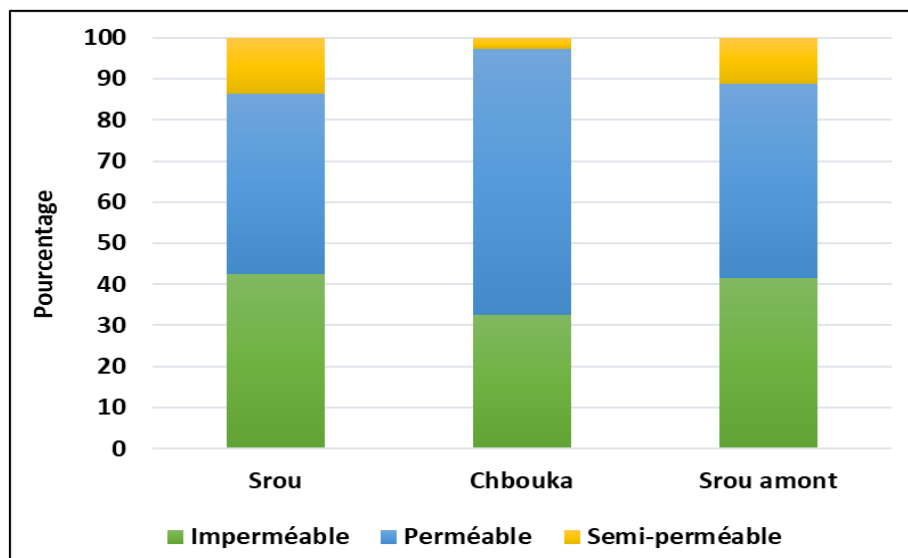


Fig. 3. Perméabilité (en %) des formations lithologiques du bassin versant de l'oued de Srou et de ces principaux sous bassins

Cependant, les formations calcaires et calcaire-dolomitiques du Lias qui constituent les différents fragments du plateau de Srou forment les aquifère du bassin (43 %). Ceci présage un soutien moyen et favorise plus les ruissellements. Cependant, le sous bassin versant de l'oued de Chbouka est dominé par les formations calcaire-dolomitique perméables (65 %) (Figure 3). Cette dominance assure un écoulement important surtout en période d'étiage malgré leur petite superficie par rapport à celui du bassin de Srou.

De nombreuses études réalisées dans la région du moyen-Atlas central [19] – [24] dont le bassin versant de l'oued Srou fait partie, ont montré une importante variabilité pluviométrique, avec une tendance globale vers la diminution des précipitations.

Les variations interannuelles de la pluviométrie aux stations de d'Aval Elhri en amont du bassin versant et de Chacha N'mallah en aval (Figure 4) sont mises en évidence par l'indice de NICHOLSON et le Filtre Passe Bas de HANNING d'ordre 2. Méthode déjà utilisée et détaillée par [3], [25] – [31].

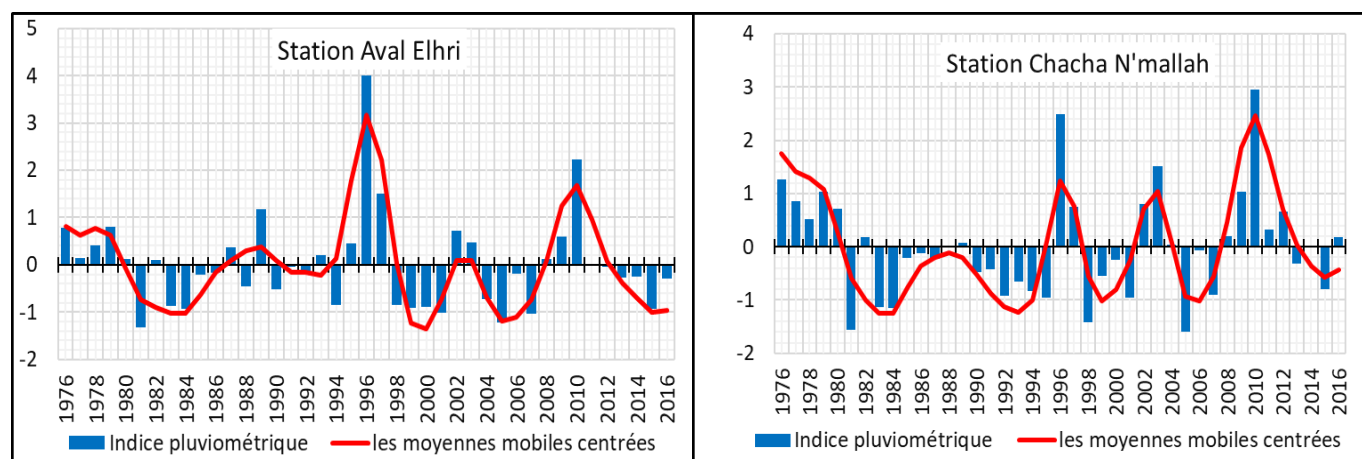


Fig. 4. Variabilité pluviométrique dans les stations du bassin versant de l'oued Srou (1976-2016)

Une forte tendance à la sécheresse est observée dans la région, 60 % des années de la chronique sont déficitaires. La période de sécheresse la plus longue qui affecte la majorité du bassin, s'étale de 1981 à 1994, avec quelques intercalations d'épisodes humides qui ont des durées comprises entre 1 et 4 années selon les stations. Cette même période a été observée dans plusieurs régions du Maroc et de l'Afrique [32] – [35].

3 MÉTHODE ET DONNÉES

3.1 MÉTHODE D'IDENTIFICATION DES VCND

La méthodologie ainsi adoptée dans le cadre de ce travail se base au début sur l'identification des débits d'étiages à l'échelle journalières (VCNd) et l'analyse de leurs variabilités spatio-temporelles via les coefficients de variations, l'écart-types et les tests de corrélations. Une analyse statistique est réalisée dans le but de déterminer les périodes de retours. Mais avant de commencer la présentation des méthodes, on doit d'abord préciser quelques terminologies concernant les étiages.

Les étiages sont définis comme le niveau annuel le plus bas atteint par un cours d'eau en un point donné [36] qu'il ne faut pas les confondre avec les basses eaux ordinaires [37]. Mais pour bien cerner cet événement, les hydrologues proposent de les définir statistiquement par des durées ou des volumes relatifs à un « seuil » qui est susceptible de varier selon le contexte géographique et se réfère avant tout à la disponibilité en eau pour satisfaire les différents usages. En effet, le régime de débit d'étiage d'une rivière peut être analysé par différentes méthodes, selon le type de données disponibles et le type de résultat recherché. Plusieurs indices ont été définis pour identifier l'étiage ainsi que les impacts que celui-ci peut avoir sur la ressource en eau [6], [11], [38] – [40]. On distingue généralement les indices issus de la courbe des débits classés, dites débits caractéristiques des étiages, les débits d'étiage issus de l'échelle mensuelle « QMNA » débit moyen mensuel le plus bas de l'année et les débits d'étiage calculés à partir des moyennes mobiles journalières « VCNd ».

Les VCNd (Volume Consécutif Minimal pour d jours) ou MAMd (en anglais pour Mean Annual d-day Minimum flow) représentent le débit moyen minimal annuel non dépassé pendant d jours consécutifs [7], [11], [12], [40], [41]. L'idée de travailler avec tel indicateur est déjà proposée par [42] dans le but de déterminer avec précision les variations des régimes d'étiages à une échelle très fine.

Les VCNd sont extraits annuellement en fonction d'une durée fixée de d jours. Dans la littérature, la durée d prend usuellement des valeurs égales à 1, 3, 5, 10 ou 30 jours, néanmoins des durées plus longues peuvent être parfois utilisées pour caractériser la sévérité des étiages à long terme (de d = 90 jusqu'à d = 284 jours) ([43], [44]).

La durée optimale pour le calcul des VCNd doit être en relation avec la définition que l'on attribue à l'étiage, mais aussi avec le caractère plus ou moins anthropisé des cours d'eau [11].

Les VCNd sont utilisés dans de nombreux pays comme seuils d'étiages. Par exemple, le VCN7 qui est connu aussi sous le nom de débit par temps sec [45] ou sous le nom de débit minimum annuel moyen sur 7 jours (MAM7) est utilisé au Royaume-Uni par les licences d'abstraction [46], [47].

3.2 ANALYSES STATISTIQUES DES VCND

Les débits minimaux annuels s'avèrent le plus souvent intégrés dans une procédure d'analyse fréquentielle visant à permettre d'estimer un quantile de période de retour donné à partir d'une loi statistique ajustée sur les observations. Certains de ces quantiles (VCN7 (T=2,10,20), VCN30 (T=2,10), VCN90 (T=10)) ont, par exemple, été particulièrement étudiés aux Etats-Unis [48] – [52].

La détermination d'une loi de distribution théorique appropriée pour la caractérisation fréquentielle des variables d'étiage et le mode d'ajustement de celle-ci ont fait l'objet de très nombreux travaux dont le problème majeur dans l'étude fréquentielle des débits d'étiages réside dans l'identification d'une distribution raisonnable et de quantifier ses paramètres.

De nombreuses études ont examiné quelles distributions de probabilité sont les plus appropriées pour ajuster les séquences de débits minimum annuels dans différentes régions. Parmi les fonctions de distribution les plus fréquemment mentionnées dans la littérature pour les débits d'étiages, cas des VCNd, nous trouvons les lois: Log-normale (LN2), Weibull, Gumbel, et Pearson de type III (LP3). [11] – [15], [38], [41] ont réalisé une synthèse exhaustive des principales lois appliquées aux débits d'étiage.

Dans la présente étude nous nous sommes proposés, en tenant compte des particularités évoquées précédemment, de déterminer le type de loi théorique le plus approprié pour la description des distributions des VCNd. Pour faire, des tests d'ajustement sur les séries de valeurs annuelles extraites de chaque chronique de l'échantillon de référence ont été réalisés.

3.3 DONNÉES UTILISÉES

Les données utilisées pour cette étude concernent les données hydrométriques collectées auprès des services de l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia (ABHOER), au pas de temps journaliers. Ces données dans un premier lieu ont été organisées, analysées et corrigées. Des tests de corrélation et d'homogénéisation ont été réalisés. Cet ensemble de données a été exploité sur la période 1976 - 2016 (41 ans) (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des données utilisées

| Noms des stations | Coordonnées géographiques (m) | | Données utilisées | Chroniques |
|-------------------|-------------------------------|--------|--------------------|------------|
| | X | Y | | |
| Chacha N'mallah | 467800 | 243300 | Débits journaliers | 1976-2016 |
| Aval Elhri | 478500 | 251200 | Débits journaliers | 1976-2016 |

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 VCND REPRÉSENTATIFS DES ÉTIAGES DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED SROU

Dans la majorité des cas, il n'y a pas de grande différence entre les faibles débits sur 1 jour et 7 jours [11], mais ceci est observé aussi pour d'autres durées dans le cas du bassin versant de l'oued Srou.

Les différents VCNd de chaque station du bassin versant de l'oued Srou sont bien corrélés entres eux (Tableau 2).

Cependant, on peut remarquer que certains indices présentent des coefficients de corrélation importants, pour certains que d'autres. Ces résultats permettent de regrouper les VCNd qui présentent un coefficient de corrélation qui dépasse les 90 % en trois classes.

Classe des VCNd de courte durée: Dans cette catégorie les VCN1 se corrént bien aux VCN3 et les VCN5. Ces derniers présentent un coefficient de variation très faible, il est de l'ordre de 0,59 % dans la station d'Aval Elhri et de 0,30 % dans la station de Chacha N'mallah. L'écart type entre ces indicateurs ne dépasse pas 0,01 (Tableau 3);

Classe des VCNd de moyenne durée: dans cette classe on trouve les VCN30 qui se corrént bien aux VCN10, VCN15 et VCN20. L'écart type entre ces indicateurs ne dépasse pas 0,01 (Tableau 3). Les VCN10, VCN15 et VCN20 présentent une variation légèrement faible entres eux, elle est de l'ordre de 0,87 % en Aval d'Elhri et de 1,23 % au niveau de Chacha N'mallah (Tableau 3). Classe des grandes durées: elle regroupe les VCN30 qui se corrént bien au VCN60 et VCN90.

Tableau 2. Corrélation entre les VCNd des stations d'Aval Elhri et de Chacha N'mallah (1976-2016)

| Station | Indice | VCN 1 | VCN 3 | VCN 5 | VCN 10 | VCN 15 | VCN 20 | VCN 30 | VCN 60 | VCN 90 |
|------------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Aval Elhri | VCN 1 | 1 | | | | | | | | |
| | VCN 3 | 0,985 | 1 | | | | | | | |
| | VCN 5 | 0,978 | 0,993 | 1 | | | | | | |
| | VCN 10 | 0,944 | 0,958 | 0,966 | 1 | | | | | |
| | VCN 15 | 0,926 | 0,941 | 0,948 | 0,982 | 1 | | | | |
| | VCN 20 | 0,924 | 0,938 | 0,946 | 0,98 | 0,998 | 1 | | | |
| | VCN 30 | 0,872 | 0,886 | 0,894 | 0,923 | 0,936 | 0,938 | 1 | | |
| | VCN 60 | 0,828 | 0,842 | 0,85 | 0,879 | 0,885 | 0,887 | 0,939 | 1 | |
| | VCN 90 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,86 | 0,86 | 0,87 | 0,91 | 0,95 | 1 |
| Chacha N' mallah | VCN 1 | 1 | | | | | | | | |
| | VCN 3 | 0,999 | 1 | | | | | | | |
| | VCN 5 | 0,994 | 0,995 | 1 | | | | | | |
| | VCN 10 | 0,987 | 0,987 | 0,993 | 1 | | | | | |
| | VCN 15 | 0,982 | 0,982 | 0,988 | 0,995 | 1 | | | | |
| | VCN 20 | 0,972 | 0,973 | 0,978 | 0,985 | 0,99 | 1 | | | |
| | VCN 30 | 0,947 | 0,948 | 0,954 | 0,961 | 0,966 | 0,976 | 1 | | |
| | VCN 60 | 0,854 | 0,852 | 0,851 | 0,853 | 0,858 | 0,868 | 0,892 | 1 | |
| | VCN 90 | 0,817 | 0,818 | 0,816 | 0,814 | 0,819 | 0,829 | 0,853 | 0,927 | 1 |

La faible variation des VCNd de différents pas de temps est due principalement à la grande stabilité des débits pendant la saison des basses eaux (Figure 6) qui caractérisent les cours d'eau du moyen Atlas [53].

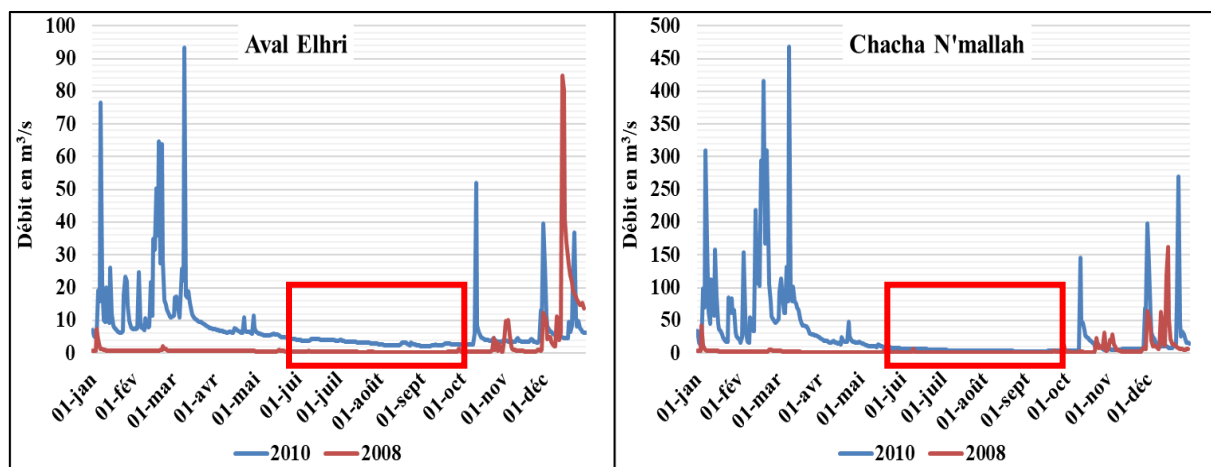


Fig. 5. Stabilité des débits d'étiages dans les stations du bassin versant de l'oued de Srou, comparaison entre l'année la plus excédentaire (2010) et l'année la plus déficitaire (2008)

Tableau 3. Analyse de variation entre les VCNd des stations du bassin versant de l'oued Srou

| Indice | Aval Elhri | | Chacha N'mallah | |
|---------------------|------------|--------|-----------------|--------|
| | σ | Cv | σ | Cv |
| VCN1, VCN3, VCN5 | 0,01 | 0,59 % | 0,00 % | 0,30 % |
| VCN10, VCN15, VCN20 | 0,01 | 0,87 % | 0,02 % | 1,23 % |
| VCN30, VCN60, VCN90 | 0,04 | 3,29 % | 0,15 % | 9,13 % |

4.2 OCCURRENCE DES VCNd DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED SROU

Comme la majorité des bassins avec régime pluviale, la grande totalité des VCNd du bassin versant de l'oued Srou se produit pendant la période des basses eaux, entre les mois de mai et de septembre (Figure 7). Au niveau de la station d'Aval Elhri, 56,1% des VCN60 et 46,3% des VCN90 apparaissent en mois de juillet. Alors que 39% des VCN5, VCN10 et des VCN30 se produisent en mois d'août. Dans la station de Chacha N'mallah, la majeure partie des VCN30 (71%), VCN60 (69%) et VCN90 (45%) se produit en mois de juillet. Alors que pour les VCN5 et les VCN10, la majorité (58 et 56%) se produit en mois d'août.

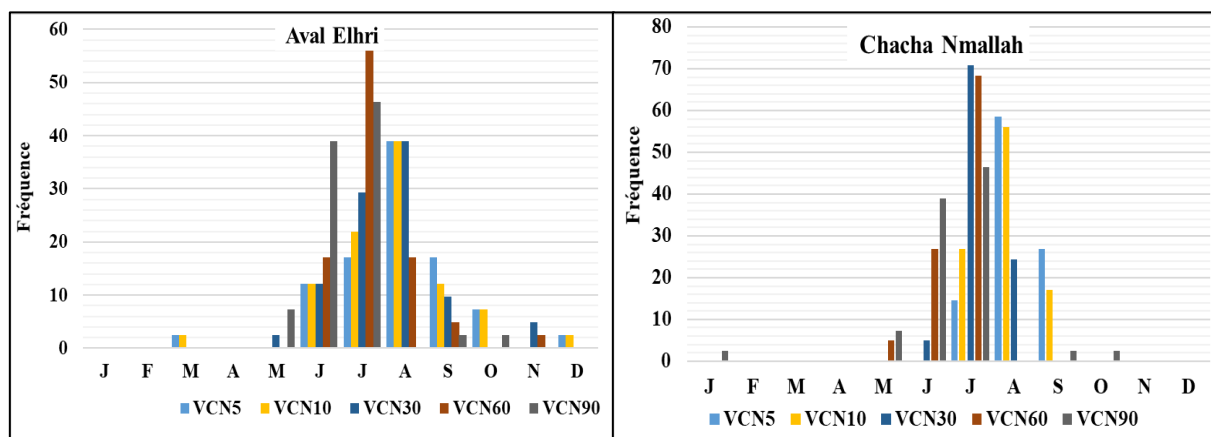


Fig. 6. Occurrence des VCNd des stations du bassin versant de l'oued de Srou (1976-2016)

Des VCNd ont été apparus pendant la phase des hautes eaux. Cette situation est observée en amont du bassin à la station d'aval Elhri, en mois d'octobre des années 1982 et 1993, mars de l'année 2000 et décembre de 2005. La même situation est enregistrée en aval du bassin à la station de Chacha N'mallah en mois de janvier de 1976 et octobre de 1994. Ces années ont connu des longues périodes déficitaires, ce qui s'est reflété sur leurs régimes d'écoulement.

4.3 VARIABILITÉ SPATIOTEMPORELLE DES VCND

Les séries des VCNd des stations d'Aval Elhri et de Chacha N'mallah présentent une variabilité importante à l'échelle temporelle et spatiale.

En amont du bassin à la station d'Aval d'Elhri, les Cv des VCNd oscillent entre 48,1% et 50,4%. La variabilité devient plus importante en aval du bassin. A la station de Chacha N'mallah, les Cv dépassent les 54% (Tableau 4).

L'écart entre les valeurs des VCNd de la station de Chacha N'mallah est important et devient plus important durant les années excédentaires de la chronique (1976, 1979, 1996, 2010 et 2013). Les valeurs des VCNd du bassin versant de l'oued de Srou sont observées en 1976, 1978, 2010 et 2013, alors que les plus faibles sont observées en 2008, 2007 et 2016. Pour approfondir cette analyse visuelle nous allons procéder à une analyse des rangs des différentes valeurs des VCNd dans le but de classer les années avec étiage sévère.

Tableau 4. Analyse de la variation des VCNd dans les stations du bassin versant de l'oued Srou (1976-2016)

| | Aval Elhri | | | | | Chacha N'mallah | | | | |
|--------------|------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | VCN 5 | VCN 10 | VCN 30 | VCN 60 | VCN 90 | VCN 5 | VCN 10 | VCN 30 | VCN 60 | VCN 90 |
| μ (m3/s) | 1,0 | 0,99 | 1,03 | 1,07 | 1,10 | 1,58 | 1,59 | 1,66 | 1,79 | 1,96 |
| σ | 0,5 | 0,48 | 0,5 | 0,52 | 0,55 | 0,86 | 0,87 | 0,9 | 0,94 | 1,07 |
| Cv | 47,1 | 48,1 | 48,5 | 49,1 | 50,4 | 54,9 | 54,9 | 54,4 | 52,5 | 54,6 |

L'analyse des rangs des VCNd des stations du bassin versant de l'oued de Srou permet d'identifier les étiages les plus sévères. Cette méthode est déjà appliquée par [12] dans l'analyse des VCNd et des QCNs de la station Gerbéviller en France. Le principe consiste à donner pour chaque valeur son rang dans la série, la plus faible valeur prend le premier rang alors que la plus forte prend le dernier rang. Or, lorsque l'on classe les VCNd, on constate que le rang d'une même année peut varier en fonction de la variable retenue. Cela signifie donc qu'en fonction des VCNd considérés, la fréquence expérimentale d'apparition d'un étiage peut changer (Tableau 5).

Les étiages les plus sévères de la chronique d'étude ont été apparus dans le bassin versant de l'oued Srou en 2008. Toutes les faibles valeurs des différents VCNd ont été enregistrées durant cette année.

Les années 2007 et 2016 viennent respectivement en deuxième et troisième position en amont du bassin à la station d'aval Elhri. Dans la station de Chacha N'mallah en aval du bassin la situation est différente, le classement n'est pas le même pour tous les VCNd. Selon les VCN5, VCN10, VCN30 et VCN60, la deuxième année sévère de la chronique est l'année 1995.

La variation dans les rangs des VCNd peut, en partie, être liée au problème de la durée de l'étiage. Un événement peut en effet être sévère, mais sur une courte durée et donc être peu représentatif d'une situation d'étiage. Au contraire, les débits d'étiage peuvent être moins bas mais sur une durée plus longue et finalement plus pénalisante [12].

Les plus fortes valeurs des VCNd ont été enregistrées en 1976 en aval du bassin alors qu'en amont elles sont observées en 2010. Les grandes baisses des écoulements observées durant ces années sont liées à la longue durée du déficit pluviométrique enregistrée dans le bassin versant de l'oued Srou et le moyen Atlas en général dans les années 80 et 90. Pour certains auteurs [35], [54], [55], [55], l'explication de cet écart entre déficit pluviométrique et hydrologique viendrait d'une contribution réduite des apports d'origine souterraine à l'écoulement de surface depuis les années 1970. En effet, les réserves d'eau souterraine diminuaient au fur et à mesure que le déficit pluviométrique se prolongeait.

Les périodes humides ont favorisé la reconstitution rapide des réserves hydriques et la recharge de la nappe aquifère. Tandis que la période sèche ou la sécheresse récente a été persistante et très sévère surtout pour les années 1981, 1995 et 2007.

Ces résultats sont aussi comparés à ceux d'autre bassin versant nord-africains, de l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique centrale [30], [34], [56] – [58] et ils montrent une concordance presque totale.

Tableau 5. Rangs des VCNd des stations du bassin versant de l'oued de Srou (1976-2016)

| Année | Aval Elhri | | | | | Chacha N'mallah | | | | |
|-------|------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | VCN 5 | VCN 10 | VCN 30 | VCN 60 | VCN 90 | VCN 5 | VCN 10 | VCN 30 | VCN 60 | VCN 90 |
| 1976 | 41 | 41 | 40 | 39 | 39 | 37 | 37 | 38 | 38 | 37 |
| 1977 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 1978 | 37 | 37 | 37 | 37 | 36 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 |
| 1979 | 39 | 39 | 39 | 40 | 40 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 1980 | 35 | 35 | 35 | 34 | 34 | 38 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| 1981 | 26 | 26 | 24 | 23 | 25 | 26 | 28 | 27 | 21 | 19 |
| 1982 | 19 | 18 | 27 | 26 | 24 | 25 | 25 | 24 | 22 | 23 |
| 1983 | 10 | 9 | 9 | 9 | 8 | 14 | 14 | 13 | 10 | 8 |
| 1984 | 11 | 10 | 11 | 10 | 12 | 12 | 11 | 11 | 8 | 7 |
| 1985 | 12 | 11 | 10 | 11 | 11 | 13 | 13 | 12 | 11 | 9 |
| 1986 | 25 | 25 | 25 | 22 | 22 | 19 | 19 | 19 | 19 | 18 |
| 1987 | 9 | 8 | 7 | 8 | 13 | 21 | 21 | 21 | 18 | 20 |
| 1988 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 |
| 1989 | 18 | 17 | 17 | 17 | 18 | 32 | 32 | 31 | 29 | 28 |
| 1990 | 24 | 24 | 23 | 25 | 26 | 33 | 33 | 33 | 32 | 32 |
| 1991 | 27 | 27 | 28 | 28 | 28 | 24 | 24 | 25 | 24 | 24 |
| 1992 | 27 | 27 | 29 | 27 | 27 | 22 | 22 | 28 | 27 | 27 |
| 1993 | 7 | 21 | 21 | 21 | 21 | 11 | 12 | 14 | 15 | 15 |
| 1994 | 17 | 16 | 15 | 18 | 15 | 23 | 23 | 22 | 25 | 21 |
| 1995 | 8 | 7 | 6 | 6 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 1996 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 29 | 29 | 29 | 28 | 29 |
| 1997 | 33 | 33 | 34 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 37 | 36 |
| 1998 | 16 | 15 | 14 | 14 | 14 | 30 | 30 | 30 | 31 | 31 |
| 1999 | 13 | 12 | 8 | 7 | 7 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 |
| 2000 | 14 | 13 | 12 | 12 | 9 | 16 | 16 | 15 | 12 | 11 |
| 2001 | 15 | 14 | 12 | 12 | 10 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 2002 | 20 | 19 | 18 | 15 | 17 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 |
| 2003 | 20 | 19 | 18 | 15 | 16 | 10 | 10 | 9 | 9 | 10 |
| 2004 | 22 | 22 | 20 | 19 | 19 | 27 | 26 | 23 | 20 | 22 |
| 2005 | 4 | 4 | 16 | 20 | 20 | 7 | 7 | 7 | 14 | 12 |
| 2006 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 7 | 17 |
| 2007 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2008 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2009 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 34 | 38 |
| 2010 | 40 | 40 | 41 | 41 | 41 | 36 | 36 | 36 | 35 | 34 |
| 2011 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 20 | 20 | 20 | 23 | 26 |
| 2012 | 29 | 29 | 26 | 24 | 23 | 9 | 9 | 10 | 13 | 13 |
| 2013 | 36 | 36 | 36 | 36 | 37 | 34 | 34 | 34 | 33 | 33 |
| 2014 | 34 | 34 | 33 | 33 | 33 | 15 | 15 | 16 | 16 | 14 |
| 2015 | 23 | 23 | 22 | 29 | 29 | 17 | 17 | 18 | 30 | 30 |
| 2016 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |

4.4 ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES VCND

L'analyse fréquentielle des VCNd montre la proportion de temps pendant laquelle un débit est dépassé (ou de manière équivalente l'intervalle moyen en années (« période de retour » ou « intervalle de récurrence ») que la rivière tombe en dessous d'un débit donné).

De nombreuses études ont examiné quelles distributions de probabilité sont les plus appropriées pour ajuster les VCNd dans différentes régions [12], [13], [53], [59] – [62].

Les VCNd des stations d'Aval Elhri et de Chacha N'mallah ont été ajustés aux différentes lois de probabilités déjà mentionnées. Ces débits s'ajustent bien à la loi Log-Normal (Figure 8).

Les faibles valeurs de VCNd de la chronique d'étude (1976-2016) ont été enregistrées dans la station d'Aval Elhri en 2008 durant les années 2008, 2007, 2016. Les fortes valeurs des VCN5 et VCN10 ont été observées en 1976, alors que les fortes valeurs des VCN30, VCN60 et VCN90 sont produites en 2010. Dans la station de Chacha N'mallah les faibles valeurs de VCN5, VCN10, VCN30 et VCN60 apparaissent respectivement en 2007, 1995 et 2001. Mais pour le VCN90, sa deuxième faible valeur est observée en 2001 alors que la troisième est enregistrée en 1995. Les fortes valeurs des VCNd de cette station sont apparues en 1976.

Les débits fréquents d'étiage sont ainsi identifiés (Tableau 6). Les débits fréquents de la station d'Aval Elhri sont marqués par une faible variabilité entre les différentes périodes de retours. Cette variabilité est plus importante dans la station de Chacha N'mallah.

Tableau 6. Fréquences d'apparition des VCNd du bassin versant de l'oued de Srou (1976-2016)

| Station | Fréquence | Période de retour | VCN5 (m ³ /s) | VCN10 (m ³ /s) | VCN30 (m ³ /s) | VCN60 (m ³ /s) | VCN90 (m ³ /s) |
|-----------------|----------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Aval Elhri | 1/2 | 2 ans | 0,979 | 0,991 | 1,032 | 1,065 | 1,100 |
| | 1/5 | 5 ans | 0,583 | 0,590 | 0,610 | 0,625 | 0,634 |
| | 1/10 | 10 ans | 0,376 | 0,381 | 0,390 | 0,395 | 0,390 |
| | Q médian/ Q décennal | | 2,61 | 2,61 | 2,60 | 2,64 | 2,69 |
| Chacha N'mallah | 1/2 | 2 ans | 1,575 | 1,591 | 1,658 | 1,794 | 1,958 |
| | 1/5 | 5 ans | 0,846 | 0,856 | 0,899 | 1,001 | 1,059 |
| | 1/10 | 10 ans | 0,465 | 0,472 | 0,502 | 0,586 | 0,589 |
| | Q médian/ Q décennal | | 3,39 | 3,39 | 3,37 | 3,30 | 3,06 |

Les rapports entre le débit médian et le débit décennal sont importants dans le bassin versant de l'oued Srou (varient entre 2,82 et 3,33). Ces rapports montrent l'importance du soutien de la nappe karstique au niveau du sous bassin de l'oued de Chbouka. Les étiages les plus extrêmes de la chronique d'étude de 2008 se produisent au moins une fois tous les 108 ans.

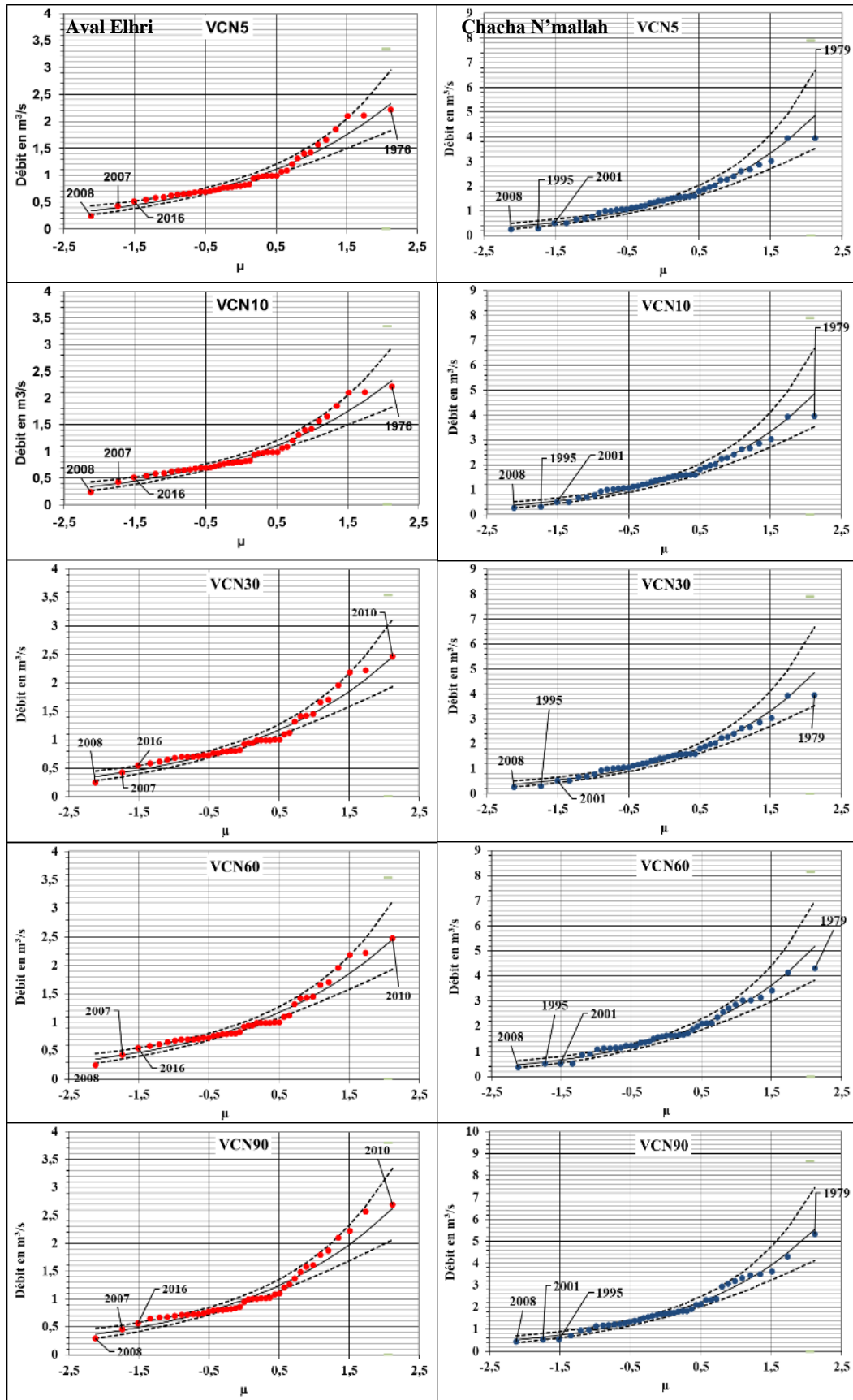


Fig. 7. Ajustement des VCNd des stations du bassin versant de l’oued de Srou à la loi Log-normal (1976-2016)

5 CONCLUSION

Au terme de la présente étude, qui avait pour but l'identification et l'analyse de la variabilité des débits d'étiages à l'échelle journalier « VCNd » dans un contexte climatique semi-aride. Les résultats obtenus montrent une grande stabilité de ces débits quelques soit la valeur de d jours choisi. Cette stabilité est due à la régularité des débits qui caractérise les cours d'eau marocains qui prennent naissance de la bordure Karstique du moyen Atlas pendant la saison des basses eaux. Les faibles débits apparaissent dans la totalité entre les mois de juillet et septembre. Les débits d'étiages dans le bassin sont variables d'une année à l'autre, ceci met en exergue notamment la succession des périodes humides et sèches avec une nette dominance de cette dernière. Cette fluctuation conduit à l'apparition des situations d'étiages sévères, comme le cas pour les années 1995 et 2008. Bref, cette contribution ne constitue qu'une introduction pour les études des étiages au Maroc et sa serait très important d'élargir ce type d'étude dans d'autre bassin dans le but de construire une banque des débits d'étiages pour améliorer la gestion de la ressource en eau.

REFERENCES

- [1] I. Jouilil, K. Bitar, H. Salama, A. Amraoui, A. Mokssit, et M. Tahiri, « SECHERESSE METEOROLOGIQUE AU BASSIN HYDRAULIQUE OUM ER RBBIA DURANT LES DERNIERES DECENNIES », *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680 / E-ISSN 2521-9782*, n° 12, Art. n° 12, janv. 2013, Consulté le: 5 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/151>.
- [2] E. Assemian *et al.*, « Étude de l'impact des variabilités climatiques sur les ressources hydriques d'un milieu tropical humide : cas du département de Bongouanou (Est de la Côte d'Ivoire) », *rseau*, vol. 26, n° 3, p. 247-261, 2013, doi: 10.7202/1018789ar.
- [3] O. Ghabbane, M. EL GHACHI, et M. CHAKIR, « Étude de la variabilité climatique et de ses impacts sur le régime hydrologique de l'Oued Srou, affluent de rive gauche de l'Oued Oum Er Rbia », *Afrique SCIENCE*, vol. 18, n° 2, p. 69-80, 2021.
- [4] N. Boutayeb, M. Bzioui, et J. Tammar, « [Water supply and demand: present planning balance-sheet and prospects]. [French] », in *Colloque International sur le Theme: Eau: Gestion de la Rarete. Rabat (Maroc). 19-20 Oct 1995.*, 1995.
- [5] B. Abdellaoui, A. Merzouk, M. Aberkan, et J. Albergel, « Bilan hydrologique et envasement du barrage Saboun (Maroc) », *rseau*, vol. 15, n° 4, p. 737-748, 2002, doi: 10.7202/705478ar.
- [6] C. Lang Delus, « Les étiages : définitions hydrologique, statistique et seuils réglementaires », *cybergeo*, nov. 2011, doi: 10.4000/cybergeo.24827.
- [7] F. Garcia, « Amélioration d'une modélisation hydrologique régionalisée pour estimer les statistiques d'étiage », PhD Thesis, Paris 6, 2016.
- [8] A. DEVOS, A. NEJJARI, E. GILLE, B. AKDIM, et M. BENJELLOUL, « Ressources et usages de l'eau dans le bassin supérieur de l'oued Guigou (Moyen-Atlas-Maroc) », *Etudes de géographie physique*, n° 28, p. 191-195, 1999.
- [9] B. Hingray, C. Picouet, et A. Musy, *Hydrologie: Une science pour l'ingénieur*, vol. 21. PPUR presses polytechniques, 2009.
- [10] S. Lebaut, « L'apport de l'analyse et de la modélisation hydrologiques de bassins versants dans la connaissance du fonctionnement d'un aquifère : les grès d'Ardenne-Luxembourg », phdthesis, Université Paul Verlaine - Metz, 2000. Consulté le: 14 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01748991>.
- [11] V. U. Smakhtin, « Low flow hydrology: a review », *Journal of Hydrology*, vol. 240, n° 3-4, p. 147-186, janv. 2001, doi: 10.1016/S0022-1694(00)00340-1.
- [12] C. Lang, « Etiages et tarissements : vers quelle modélisations ? : l'approche conceptuelle et l'analyse statistique en réponse à la diversité spatiale des écoulements en étiage des cours d'eau de l'Est français », These de doctorat, Metz, 2007. Consulté le: 9 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/2007METZ016L>.
- [13] M. El Ghachi, « La Seille : un système fluvial anthropisé (Lorraine, France) », These de doctorat, Metz, 2007. Consulté le: 9 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/2007METZ015L>.
- [14] C. Catalogne, « Amélioration des méthodes de prédétermination des débits de référence d'étiage en sites peu ou pas jaugés », PhD Thesis, Doctorat Ocean Atmosphere Hydrologie, Université Joseph Fourier, Grenoble, 2012.
- [15] A. Qadem, « Quantification, modélisation et gestion de la ressource en eau dans le bassin versant du haut Sebou (Maroc) », Université Sidi Mohamed Ben Abdelah et l'Université de Lorraine, Fès, 2014. [En ligne]. Disponible sur: http://docnum.univ-lorraine.fr/public/DDOC_T_2015_0263_QADEM.pdf
- [16] M. Bouabdelli, « Tectonique et sédimentation dans un bassin orogénique : le sillon viséen d'azrou-khenifra (est du massif hercynien central du maroc) », These de doctorat, Strasbourg 1, 1989. Consulté le: 11 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/1989STR1A003>.
- [17] M. El. Wartiti, J. Broutin, P. Freytet, M. Larhrib, et N. Toutin-Morin, « Continental deposits in Permian basins of the Mesetian Morocco, geodynamic history », *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)*, vol. 10, n° 1, p. 361-368, janv. 1990, doi: 10.1016/0899-5362(90)90067-O.

- [18] K. Elbouqdaoui, H. Ezzine, M. Badrahoui, M. Rouchdi, M. Zahraoui, et A. Ozer, « Approche méthodologique par télédétection et SIG de l'évaluation du risque potentiel d'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Srou (Moyen Atlas, Maroc) », *Evaluation by remote sensing and SIG of potential erosion risk in the Oued Srou Basin (Middle Atlas, Morocco)*, vol. 29, n° 1-2, 2005, Consulté le: 28 novembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/248867>.
- [19] M. Adell, J. A. Domínguez-Gómez, et J. Soria, « Monitoring of Forty Years of Agricultural Expansion in the Oum Er Rbia Valley (Morocco). The Use of Google Earth Engine Compared to Sentinel Application Platform ». Preprints, 1 novembre 2021. doi: 10.20944/preprints202111.0007.v1.
- [20] A. Devos, A. Nejjari, E. Gille, B. Akdim, et M. Benjelloul, « Ressources et usages de l'eau dans le bassin supérieur de l'oued Guigou (Moyen Atlas - Maroc) », in *Etudes de géographie physique*, 1999, n° 28, p. 191-195. Consulté le: 28 novembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=13641988>.
- [21] T. El Orfi, G. Omar, M. El Ghachi, et S. Lebaut, « Variabilité des précipitations dans le bassin versant de l'oued Oum ErRbia en amont du barrage Ahmed El Hansali », janv. 2020.
- [22] E. Ghachi, F. Morchid, et M. El Ghachi, « Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Khénifra dans un contexte de variabilité climatique (Rainfall trend analysis in Khenifra city in a context of climate variability) », vol. 6, p. 3346-3358, janv. 2015.
- [23] O. Ghabbane, « Étiage et tarissement dans le bassin versant de l'oued Srou (amont Oum Er Rbia-Maroc) (1976-2019) : Détermination, analyse et impact », Sultan Moulay slimane, Béni Mellal, 2021.
- [24] R. Serbout, « Le bassin versant de l'oued Oum er Rébia en amont de Déchra el Oued (moyen-Atlas) : contribution à l'étude des phénomènes hydro-climatiques : thèse... », These de doctorat, Nice, 2001. Consulté le: 28 novembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/2001NICE2043>.
- [25] A. A. Assani, « Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lubumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (*El Niño/La Niña*) », *Science et changements planétaires / Sécheresse*, vol. 10, n° 4, p. 245-252, janv. 2000.
- [26] A. M. Kouassi, K. F. Kouamé, Y. B. Koffi, K. B. Dje, J. E. Paturel, et S. Oulare, « Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire », *Cybergeo: European Journal of Geography*, déc. 2010, doi: 10.4000/cybergeo.23388.
- [27] C.-R. Nguimalet et D. Orange, « Caractérisation de la baisse hydrologique actuelle de la rivière Oubangui à Bangui, République Centrafricaine », *La Houille Blanche*, n° 1, Art. n° 1, févr. 2019, doi: 10.1051/lhb/2019010.
- [28] S. E. Nicholson, « Recent rainfall fluctuations in Africa and their relationship to past conditions over the continent », *The Holocene*, vol. 4, n° 2, p. 121-131, juin 1994, doi: 10.1177/095968369400400202.
- [29] J. Paka *et al.*, « Fluctuations des précipitations et des écoulements dans le bassin versant de l'Alima à Tchikapika au Congo-Brazzaville en Afrique centrale de 1960-1993 », *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, vol. 32, p. 85-97, 2018.
- [30] T. D. Soro *et al.*, « La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) », *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, n° Volume 5, Art. n° Volume 5, janv. 2011, doi: 10.4000/physio-geo.1581.
- [31] A. B. Yao, B. T. A. Goula, Z. A. Kouadio, K. E. Kouakou, A. Kane, et S. Sambou, « Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide. Cas du bassin versant de la Lobo au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire », *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, vol. 19, p. 136-157, 2012.
- [32] E. Bahin Yoli Baudet, S. Haida, et J.-L. Probst, « Analyse de la variabilité hydroclimatique et impacts des barrages sur le régime hydrologique d'une rivière de zone semi-aride : Le Sebou Au Maroc », *European Scientific Journal*, vol. 13, n° 5, p. 509-525, 2017, doi: 10.19044/esj.2017.v13n5p509.
- [33] A. Kingumbi, Z. Bergaoui, J. Bourges, P. Hubert, et R. Kalled, « Etude de l'évolution des séries pluviométriques de la Tunisie centrale. in, Séminaire International Montpellier 2000; «Hydrologie des Régions Méditerranéennes»; PHI-V/Doc. Tech. en Hydrol. N 51 ». UNESCO, Paris, 2000.
- [34] G. Mahé et J.-C. Olivry, « Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et Centrale de 1951 à 1989 », *Science et changements planétaires/Sécheresse*, vol. 6, n° 1, p. 109-117, 1995.
- [35] A. Sebbar, W. Badri, H. Fougrach, M. Hsaine, et A. Saloui, « Étude de la variabilité du régime pluviométrique au Maroc septentrional (1935-2004) », *Science et changements planétaires/Sécheresse*, vol. 22, n° 3, p. 139-148, 2011.
- [36] M. Roche, Dictionnaire français d'hydrologie de surface avec équivalents en anglais, espagnol, allemand. 1986.
- [37] M. Dacharry, « Dictionnaire français d'hydrologie ». URL: <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/indexdic.htm>, 1996.
- [38] I. Abi-Zeid et B. Bobée, « La modélisation stochastique des étiages: une revue bibliographique », *rseau*, vol. 12, n° 3, p. 459-484, avr. 2005, doi: 10.7202/705360ar.
- [39] F. Garcia, « Amélioration d'une modélisation hydrologique régionalisée pour estimer les statistiques d'étiage », These de doctorat, Paris 6, 2016. Consulté le: 6 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/2016PA066653>.
- [40] R. Pырce, « Hydrological low flow indices and their uses », 2004.

- [41] M. Chakir et M. El Ghachi, « Low flow water: Hydrological definition, statistical identification and regulatory thresholds for precise management and rationalization of water resources », *International Journal of Environment & Water*, vol. Vol 11, n° 1, p. 1-15, 2022.
- [42] R. Frécaut, « Contribution à l'étude statistique des étiages. Application au domaine tempéré océanique », *rgest*, vol. 15, n° 1, p. 89-99, 1975, doi: 10.3406/rgest.1975.1311.
- [43] T. A. McMahon et R. G. Mein, *River and reservoir yield*, vol. 368. Water resources publications Littleton, CO, 1986.
- [44] D. C. Midgley, W. V. Pitman, et B. J. Middleton, « The Surface Water Resources of South Africa 1990 (Vol 1 to 6). Report Numbers 298/1.1/94 to 298/6.1/94 (text) and 298/1.2/94 to 298/6.2/94 (maps) », *Water Research Commission, Pretoria. Also accompanied by a CD-ROM with selected data sets*, 1994.
- [45] D. R. Hindley, « The definition of Dry Weather Flow in river flow measurement », *J. Inst. Water Engng*, vol. 27, p. 438-440, 1973.
- [46] A. Gustard, A. Bullock, et J. M. Dixon, *Low flow estimation in the United Kingdom*. Wallingford: Institute of Hydrology, 1992.
- [47] J. Pirt et M. Simpson, *The Estimation of river flows*. Severn Trent Water Authority, 1983.
- [48] D. M. Thomas et M. A. Benson, « Generalization of streamflow characteristics from drainage-basin characteristics », US Government Printing Office Washington, DC, 1970.
- [49] D. C. Hayes, *Low-flow characteristics of streams in Virginia*. US Government Printing Office, 1991.
- [50] R. M. Vogel et C. N. Kroll, « Regional geohydrologic-geomorphic relationships for the estimation of low-flow statistics », *Water Resources Research*, vol. 28, n° 9, p. 2451-2458, 1992.
- [51] S. L. Dingman et S. C. Lawlor, « ESTIMATING LOW-FLOW QUANTILES FROM DRAINAGE-BASIN CHARACTERISTICS IN NEW HAMPSHIRE AND VERMONT 1 », *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, vol. 31, n° 2, p. 243-256, 1995.
- [52] M. H. Stuckey, « Low-flow, base-flow, and mean-flow regression equations for Pennsylvania streams », U. S. Geological Survey, 2006.
- [53] A. Qadem, « QUANTIFICATION, MODELISATION ET GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT DU HAUT SEBOU (MAROC) », p. 360, 2014.
- [54] E. Gille, A. Nejjari, et A. DEVOS, « Le lac Aguelmam Sidi Ali (Moyen Atlas marocain): un évaporomètre naturel? », *Mosella*, vol. 25, n° 3-4, p. 55-69, 2001.
- [55] K. Obda, « Indigences extrêmes des écoulements des oueds méditerranéens: cas des oueds Nekor au Rif et du Haut Sebou au Moyen Atlas », PhD Thesis, Thèse de doctorat d'Etat, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès, Maroc, 422p, 2004.
- [56] J. P. Bricquet, F. Bamba, G. Mahe, M. Toure, et J. C. Olivry, « Variabilité des ressources en eau de l'Afrique Atlantique », *PHI-V*, vol. 6, p. 83-95, 1997.
- [57] F. Nezzal et Z. Iftini-Belaid, « Variabilité climatique et impacts anthropiques sur la nappe alluviale de la Mitidja Orientale (Baie d'Alger) », *Revue scientifique et technique, LJEE*, n° 21, 2013.
- [58] J. E. Paturel, E. Servat, B. Kouamé, H. Lubes, M. Ouedraogo, et J. M. Masson, « Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea Part II: an integrated regional approach », *Journal of hydrology*, vol. 191, n° 1-4, p. 16-36, 1997.
- [59] I. Abi-Zeid, « La modélisation stochastique des étiages et de leurs durées en vue de l'analyse du risque. », phd, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Québec, 1997. Consulté le: 19 janvier 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://espace.inrs.ca/id/eprint/313/>.
- [60] C. Catalogne, « Amélioration des méthodes de prédétermination des débits de référence d'étiage en sites peu ou pas jaugés », phdthesis, Doctorat Ocean Atmosphere Hydrologie, Université Joseph Fourier, Grenoble, 2012. Consulté le: 9 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.inrae.fr/tel-02597804>.
- [61] S. Gailliez, « Estimation des débits d'étiage pour des sites non jaugés. Application en Région wallonne. », 2013.
- [62] R. M. Vogel et I. Wilson, « Probability distribution of annual maximum, mean, and minimum streamflows in the United States », *Journal of hydrologic Engineering*, vol. 1, n° 2, p. 69-76, 1996.

Les déterminants des normes sociales et des services d'appuis de l'esprit entrepreneurial des paysans ruraux en Afrique subsaharienne: Cas du Borgou au Bénin

[Determinants of social norms and support services for the entrepreneurial spirit of rural farmers in sub-Saharan Africa: The case of Borgou in Benin]

Adam Malla Issiou¹ and Jacob Yabi²

¹Doctarant en Economie de Ressources Naturelle à l'Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE),
Université de Parakou, Benin

²Professeur Titulaire, Université de Parakou, Benin

Copyright © 2023 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 peasant entrepreneur evolves in a very particular context that influences his entrepreneurial spirit and capacities. The objective of this study is to identify the social determinants of the entrepreneurial spirit of rural farmers. The study conducted on 293 farmers in Borgou shows that social norms, the family environment, the personal attributes of the farmer, and the mechanisms put in place to promote the development of agro-economic activities are all factors that influence either positively or negatively the entrepreneurial spirit and skills of farmers.

KEYWORDS: Entrepreneurship in Benin, Entrepreneurship in Africa, Determinants Peasant entrepreneurship, Rural entrepreneurship, Agricultural entrepreneurship.

RESUME: L'entrepreneur paysan évolue dans un contexte très particulier qui influence son esprit et ses capacités entrepreneuriales. L'objectif de cette étude est d'identifier les facteurs déterminants sociaux de l'esprit entrepreneurial des paysans ruraux. L'étude menée sur 293 paysans dans le Borgou montre que, les normes sociales, le cadre familial, les attributs personnels du paysan, et les mécanismes mis en place pour favoriser le développement des activités agroéconomiques sont autant de facteurs qui influencent soit positivement ou négativement l'esprit et les compétences entrepreneuriales des paysans.

MOTS-CLEFS: Entrepreneuriat au Bénin, Entrepreneuriat en Afrique, Déterminants Entrepreneuriat paysans, Entrepreneuriat rural, Entrepreneuriat agricole.

1 INTRODUCTION

L'agriculture emploie environ 70% de la population et contribue pour 30% au PIB du Bénin. Cependant, malgré les investissements massifs dans le secteur agricole l'agriculture béninoise est toujours extensive et caractérisée par une faible productivité et l'usage d'équipements rudimentaires. Ce qui fait dire que la professionnalisation des entreprises paysannes et le développement de l'esprit entrepreneurial des paysans sont les meilleures options pour la croissance et la réduction de la

pauvreté (PSRSA¹, 2011). Or, l'émergence d'une économie entrepreneuriale est autant un événement culturel et psychologique qu'un événement économique ou technologique (Gasse, 2000). Dans cette même approche, Raouf Jaziri (2009) affirme que les forces culturelles peuvent fournir les valeurs sous-jacentes à l'économie entrepreneuriale. En effet, plusieurs facteurs, dont le milieu dans lequel évolue l'individu influencent l'esprit entrepreneurial des individus. En effet, plus l'environnement est favorable et valorisant pour les entrepreneurs, plus les entrepreneurs émergent et se développent (Gasse et Yvob, 2003). Comme facteurs de l'environnement déterminant l'esprit et les compétences entrepreneuriales, on cite la famille, le milieu, la culture du milieu, les attitudes du milieu, les caractéristiques intrinsèques de l'entrepreneur, les conditions-cadres nationales. La culture d'un pays, ses valeurs, croyances et normes ont une influence sur l'orientation entrepreneuriale de ses citoyens (Busenitz et Lau, 1996; Davidsson et Wiklund, 1997). Le milieu immédiat influence largement la création d'entreprises d'une région à l'autre (Mezhoudi, 2000). Ainsi, certaines sociétés, certaines communautés ou certains groupes véhiculent plus facilement les valeurs entrepreneuriales que d'autres Raouf Jaziri (2009).

En Afrique en générale et au Bénin en particulier, les communautés sont fondées sur des croyances, des valeurs et normes sociales qui régissent les relations sociales et économiques. Le contexte économique et socioculturel africain est caractérisé par la vie communautaire et la fusion dans le groupe, des croyances sociales fondées sur le mysticisme, le sacré (Saporta et Kombou, 2000).

L'objectif de cette étude est d'identifier comment ces normes sociales déterminent l'esprit et les compétences entrepreneuriales des paysans dans un contexte particulier qu'est le milieu rural. Il s'agit d'identifier dans le contexte rural africain les éléments déterminants de l'esprit entrepreneurial des paysans en ce qui est de leurs capacités à identifier et exploiter des opportunités, leur capacité à créer de nouvelles valeurs et à innover, leurs prises de risque et, leur état d'esprit à rechercher de marché rémunérateur.

1.1 CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

Cette étude s'inspire de quatre théories d'analyse de l'entrepreneuriat: les paradigmes entrepreneuriaux, le modèle d'analyse de la dynamique entrepreneuriale développé le Global Entrepreneurship Monitor².

L'objectif est de tirer partie de chacun de ces modèles les cadres et critères pertinents pour analyser l'entrepreneuriat paysan. Ainsi, les théories sur les paradigmes entrepreneuriaux ont servi à déterminer les variables expliquées et les deux modèles à la détermination des variables explicatives.

1.2 LES PARADIGMES ENTREPRENEURIAUX

En raison de la multidisciplinarité de l'entrepreneuriat ils existent plusieurs paradigmes pour son étude. L'entrepreneuriat est un phénomène complexe que pour le cerner sous toutes ces formes il faut mobiliser plusieurs paradigmes (Verstraete, 1999; Messeghem 2006). Verstraete et Fayolle (2004) proposent alors quatre paradigmes dominants pour la recherche en entrepreneuriat. Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu comme variable de l'esprit entrepreneurial des paysans, le paradigme de l'identification et l'exploitation des opportunités par les entrepreneurs paysans, le paradigme de la création de valeur par l'entreprise tirée des travaux de Verstraete et Fayolle (2004) et un autre paradigme celui des traits caractéristiques (prise de risques modérés, attitude de croissance et recherche de marché rémunérateur).

1.2.1 LE PARADIGME DE L'OPPORTUNITÉ D'AFFAIRES

Selon Shane et Venkataraman (2000), l'entrepreneuriat est fondé sur la capacité à identifier des opportunités, et à engager les moyens pour les saisir et les exploiter. Ce paradigme s'intéresse à comment les entrepreneurs identifient, saisissent et exploitent les opportunités d'affaires ou des opportunités utiles au développement de leurs activités. En mobilisant ce paradigme dans le cadre de cette étude, l'objectif est d'analyser les facteurs sociaux qui influencent la capacité des entrepreneurs paysans à identifier et exploiter des opportunités utiles au développement de leurs activités agroéconomiques.

¹ Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole

² <https://www.gemconsortium.org/>

1.2.2 LE PARADIGME DES TRAITS CARACTÉRISTIQUES

Plusieurs auteurs ont cherché à comprendre les traits qui caractérisent les entrepreneurs et qui les distinguent des non-entrepreneurs (Greenberger et Sexton, 1988; Gartner, 1990; Shaver et Scott, 1991). Les bases de ce paradigme sont l'étude des comportements individuels et leur influence sur le développement des activités entrepreneuriales. Ainsi, Belley (1989) propose quatre principales caractéristiques des entrepreneurs: le leadership, la vision, la flexibilité et l'engagement. Jaziri (2009) quant à lui, identifie le leadership, l'intuition et la persévérance comme caractéristiques des entrepreneurs. (Greenberger et Sexton, 1988; Gartner, 1990; Shaver et Scott, 1991) la capacité d'innovation, la prise de risque, la confiance en soi, la persévérance, etc. comme principaux traits caractéristiques. La prise de risque est le caractère dominant retrouvé dans la littérature entrepreneuriale ce qui justifie qu'il soit retenu dans le cadre de cette étude. L'objectif est d'identifier les facteurs qui influencent la prise de risque modéré des entrepreneurs paysans.

1.2.3 LE PARADIGME DE LA CRÉATION DE VALEUR

Le paradigme de la création de valeur cherche à comprendre et à expliquer les mécanismes de création de valeur dans les entreprises. Il s'appuie sur l'hypothèse que la valeur d'une entreprise dépend des compétences et des ressources qu'elle possède et de la manière dont elle les utilise pour créer de nouvelles opportunités de générer des profits et des avantages. Dans cette approche, pour que l'entreprise puisse créer de la création de valeur pour ces sociétaires, il faudrait que l'entreprise soit d'abord créatrice de valeur économique (Hockerts et Wüstenhagen, 2010; York et Venkataraman, 2010; Cohen et Winn, 2007; Dean et McMullen, 2007). Ainsi, l'entrepreneur crée un ensemble de valeurs monétaires et non monétaires (O'Neill, Hershauer et Golden, 2009). La valeur créée peut être économique, non économique, individuelle ou collective (Patzelt et Shepherd, 2011). L'objectif à travers ce paradigme dans le cadre de cette étude est d'identifier les facteurs qui déterminent la création de valeur économique ou non des entreprises paysannes.

1.3 LE GLOBAL ENTREPRENEURSHIP MONITORING (GEM)

Selon le GEM le contexte social et les valeurs sociales envers l'entrepreneuriat influencent le développement de l'entrepreneuriat dans un pays.

1.3.1 CONTEXTE SOCIAL, CULTUREL, POLITIQUE ET ÉCONOMIQUE

L'entrepreneuriat est influencé par le contexte social, culturel, politique et économique dans lequel il se développe. Par exemple, des conditions économiques stables, une bonne infrastructure et un accès à une main-d'œuvre qualifiée peuvent favoriser le développement des entreprises. D'autres facteurs, tels que la réglementation, les politiques publiques, le capital humain et la culture entrepreneuriale, jouent également un rôle important. Les entrepreneurs et les entreprises peuvent également être confrontés à des obstacles liés à la discrimination, à l'inégalité et à la corruption. Dans certains pays, les entrepreneurs peuvent également être confrontés à des barrières liées à l'accès au financement, à la propriété intellectuelle et à l'innovation.

1.3.2 VALEURS SOCIALES ENVERS L'ENTREPRENEURIAT

Il s'agit de la manière dont la société considère l'entrepreneuriat comme un bon choix de carrière. Plus les entrepreneurs ont un statut social élevé, plus ceci contribue au développement d'une culture entrepreneuriale nationale.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans cette partie, il a été décrit le milieu d'étude, la méthode de collecte de données et d'analyse des données.

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Le département du Borgou au Bénin est limité par le département de l'Alibori au Nord, au Sud par les départements des collines et de la Donga, par la République Fédérale du Nigéria à l'Est, et à l'Ouest par le département de l'Atacora. La superficie du Borgou est de 25 856 km² occupant ainsi 23% du territoire national. Le département dispose de 13 962 km² de terres cultivables soit 54% de sa superficie totale.

Le Borgou est subdivisé au plan administratif en huit (8): Kalalè, de N'dali, de Pèrèrè, de Nikki, de Sinendé, de Bembèrèkè, de Parakou et de Tchaourou. L'étude a couvert toutes ces communes. Le choix du Borgou s'explique par la densité de sa population paysanne et rurale principale cible de cette étude et son potentiel agricole. En effet, le Borgou représente 12% de la population rurale du Bénin et l'agriculture occupe plus des deux tiers de la population active de toutes les communes sauf celle de Parakou dont le taux est de 11,8% (RGPH4-2013).

Au niveau économique, l'agriculture, la pêche et la chasse occupent plus des deux tiers de la population active de toutes les communes sauf celle de Parakou (11,8%) où le commerce, la restauration et l'hébergement sont prépondérants (32,1%).

En ce qui concerne l'effectif des ménages agricoles par commune et par sexe du chef de ménage, le département compte 83 275 ménages agricoles, dont 79 303 dirigés par des hommes et 3 972 dirigés par des femmes (RGPH4-2013).

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

La première étape de la collecte des données a été faite à travers un entretien semi-directif. Les données collectées à cette phase sont d'ordre quantitatif et qualitatif. Cette étape cumulée avec la revue de la littérature a contribué à l'élaboration du questionnaire d'enquête. La seconde étape est celle des entretiens individuels en face à face avec les paysans sur la base d'un questionnaire pré établi. Il s'agissait donc d'une enquête par questionnaire avec un mode d'administration directe avec des questions ouvertes, fermées et échelles de Likert et des questions ordonnées.

2.2.1 ÉCHANTILLONNAGE

La méthode d'échantillonnage non probabiliste a été utilisée. L'échantillon total obtenu par la méthode de calcul d'échantillonnage aléatoire à partir de la taille de la population agricole rurale qui est de 724 895, une marge d'erreur de 5%, et l'intervalle de confiance de 95% est de 384 personnes. Pour obtenir les échantillons respectifs de chacune des huit (8) communes concernées, le taux de population agricole rurale de chaque commune a été appliqué à l'échantillon total. Ces différents taux se présentent comme suit: Bembèrèkè (56%), Kalalé (11%), N'dali (7%), Nikki (7%), Parakou (5%), Pèrèrè (5%), Sinendé (5%) et Tchaourou (15%). Hormis les communes de Kalalé (37%) et de Tchaourou (26%) où l'écart entre les objectifs d'échantillon prévu et ceux atteints a été important, au niveau des six (6) autres communes, les objectifs ont été soit presque atteints, atteints ou dépassés. Au final, deux cent quatre-vingt-treize (293) paysans ont été enquêtés.

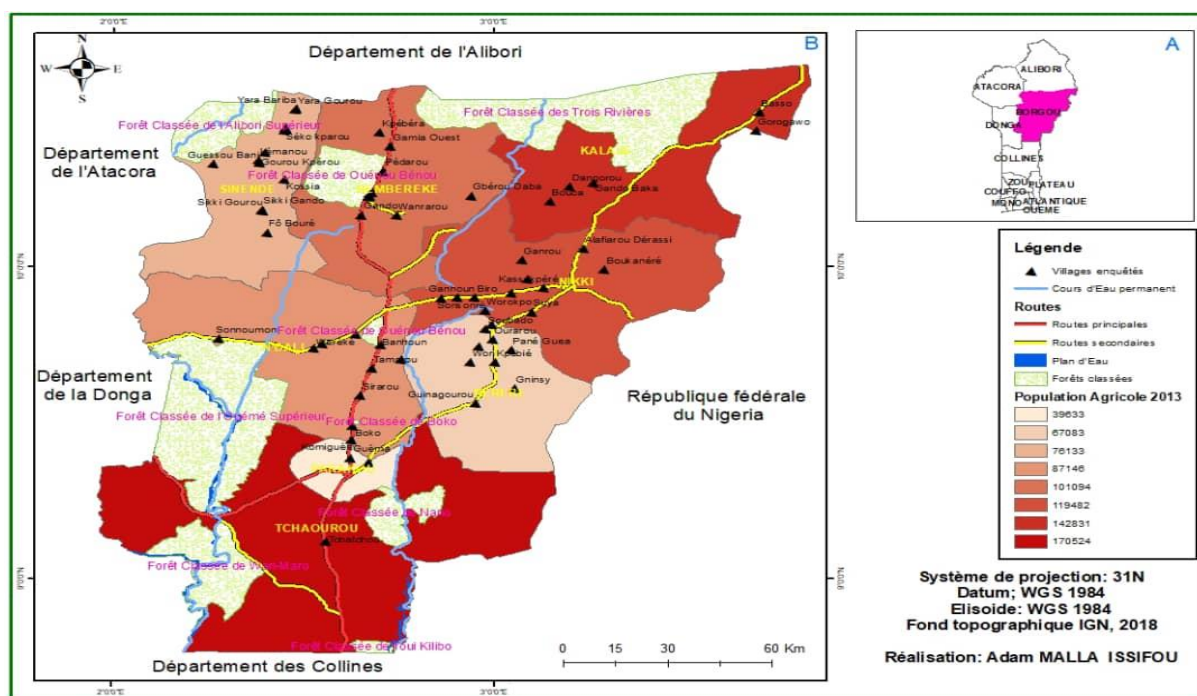


Fig. 1. Localisation de la zone de l'étude

Source: Adam MALLA ISSIFOU, Mars 2022

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Les méthodes de statistiques descriptives et la méthode de probit binaire sont celles adoptées pour l'analyse des données.

2.3.1 DESCRIPTION DE LA MÉTHODE PROBIT BINAIRE

La méthode Probit binaire est une méthode statistique utilisée pour estimer la probabilité qu'un événement survienne. Elle est utilisée pour estimer la probabilité qu'un événement soit vrai ou faux en fonction de variables explicatives. Elle est souvent utilisée pour déterminer ou prédire la probabilité de répondre positivement à une question. La méthode Probit est également utilisée pour modéliser des prédictions discrètes, telles que la prédiction d'un événement binaire (vrai ou faux).

Dans le modèle probit binaire en particulier, la variable dépendante comprend deux modalités. Elle est ainsi appelée une variable binaire ou une variable dichotomique.

La variable dichotomique Y est expliquée par un ensemble de variables $X = 1, \dots, X_k$. Les deux valeurs possibles de Y étant arbitraires, on posera toujours $Y \in \{0,1\}$

Dans le modèle linéaire, sous l'hypothèse que X est non stochastique, on a $E(Y|X) = X'\beta$. Or si $Y \in \{0,1\}$, on a $E(Y|X) = P(Y=1|X) \in [0,1]$. $P(Y=1|X)$ est la probabilité d'observer $y_i=1$ conditionnellement aux variables explicatives. Or rien n'assure que $X'\beta \in [0,1]$. Pour que cette dernière condition soit satisfaite, il faut supposer que $E(Y|X) = F(X'\beta)$. Où $F(\cdot)$ est une fonction strictement croissante, bijective de \mathbb{R} dans, donc une fonction de répartition. Plusieurs choix sont possibles pour la fonction de répartition.

Pour un modèle probit binaire, on a : $P(Y=1|X) = F$, avec $X'\beta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$ et $\int_{-\infty}^{\omega} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = \Phi(\omega)$

2.3.2 CODAGE DE LA VARIABLE DÉPENDANTE ET DES VARIABLES EXPLICATIVES

Les variables sont codées pour avoir des modalités 0 et 1. Ces différentes variables ont été codées de manière qu'elles prennent la valeur 1 si l'entrepreneur paysan identifie, saisit et exploite une ou des opportunités, et 0 dans le cas contraire.

2.4 VARIABLES EXPLIQUÉES

Les variables expliquées sont celles tirées des paradigmes entrepreneuriaux relatifs à l'esprit et les compétences entrepreneuriales.

2.4.1 L'ESPRIT ENTREPRENEURIAL

L'identification et l'exploitation des opportunités, la prise de risques modérés, l'intention de croissance ou l'esprit entrepreneurial de croissance sont celles retenues dans le cadre de cette étude. En de celles-ci, nous avons complété l'intention des entrepreneurs paysans à croître leurs activités agroéconomiques. En effet, comme le souligne Sadler-Smith et al. (2003), l'intention de faire croître son entreprise est une caractéristique essentielle d'un comportement entrepreneurial.

2.4.2 L'ANALYSE DE L'IDENTIFICATION ET DE L'EXPLOITATION DES OPPORTUNITÉS PAR LES PAYSANS

Les paysans ont répondu par oui ou par non s'ils ont identifié et saisi au moins une fois des opportunités. Pour expliciter et vérifier la saisie d'opportunités par les paysans, une question ouverte a permis de recenser les différentes opportunités qu'ils ont pu saisir.

2.4.3 MÉTHODE D'ANALYSE DE LA CRÉATION DE VALEUR

Inspiré des travaux de l'approche FARE³ les variables d'analyses portent sur la création de valeur dans la gestion des ressources productives, l'amélioration des pratiques agricoles, la gestion des exploitations agricoles. L'appréciation des options

³ Farmer Agency for Rural Economies, <https://www.wur.nl/fr/show/details-du-formation-agence-paysanne-pour-economies-rurales.htm>

de création de valeur s'est faite sur plusieurs variables. Ces options sources de création de valeur à la récolte pour les paysans portent sur le séchage, le battage et vannage, l'emballage et le conditionnement, etc.

Les paysans sont amenés à apprécier la pratique des différentes options de création de valeur sur cinq (5) échelles allant de « assez-souvent » à « très souvent ».

Le coefficient alpha de Cronbach est calculé (α) pour mesurer le degré de fiabilité des modalités des questions échelles de Likert. En effet, si l'alpha de Cronbach est supérieur à 0,7, cela indique que les variables mesurent la même compétence ou caractéristique. Si l'alpha de Cronbach est inférieur à 0,7, il se peut que ces variables ne mesurent pas une même compétence ou caractéristique de façon cohérente.

2.4.4 MÉTHODE D'ANALYSE DE LA PRISE DE RISQUE MODÉRÉ

Pour mesurer le niveau de prise de risque des paysans, ils ont été amenés à répondre à trois (3) affirmations correspondant chacune à une variable leur attitude face au risque. Les attitudes correspondantes sont: Prise de risque non modéré, Prise de risque modérée, Pas de prise de risque. Ces affirmations correspondent chacune à un niveau de prise de risques donnée:

Tableau 1. Méthode d'appréciation de prise de risque

| Affirmations | Niveau de prise de risque |
|--|----------------------------|
| Quand j'ai un objectif de développement de mon activité, je mets tout ce qu'il faut y arriver sans peur d'échouer et de tout perdre | Prise de risque non modéré |
| Quand j'ai un objectif de développement de mon activité, je réfléchis beaucoup avant de m'engager. Et je ne m'engage que quand je suis sûr que cela va réussir | Prise de risque modéré |
| Mettre tout mon argent me fait peur et j'abandonne | Pas de prise de risque |

2.4.5 COMPÉTENCE ENTREPRENEURIALE

La variable recherche de marché rémunérateur a été retenue en raison de l'importance pour les entrepreneurs paysans à aborder l'entrepreneuriat sous l'angle de marché pour espérer le développement de leurs activités agroéconomiques.

Tableau 2. Récapitulatif des variables expliquées

| Code | Explications | Modalités |
|------|---|------------------|
| IEO | Identification et Exploitation des Opportunités | Oui = 1; Non = 0 |
| ICV | Innovation et Création de Valeur | Oui = 1; Non = 0 |
| PRM | Prise de Risques Modérés | Oui = 1; Non = 0 |
| EC | Esprit de Croissance ou Intention de croissance | Oui = 1; Non = 0 |
| RMR | Recherche de Marché Rémunérateur | Oui = 1; Non = 0 |

2.5 VARIABLES EXPLICATIVES

Les variables explicatives introduites dans le modèle comme variables explicatives à la fois de l'esprit entrepreneurial et des compétences entrepreneuriales des paysans sont: Normes sociales, les services d'appuis.

Tableau 3. Variables liées aux normes sociales

| Codes | Explications | Modalités | Signes attendus |
|---------|---|---|-----------------|
| CINLDC | Culture Influence Négativement L'Accumulation Du Capital | Oui=1, Non =0 | - |
| LCILDC | La Culture Interdit L'Accumulation Du Capital | Oui=1, Non =0 | + /- |
| CIL | Culture Influence L'Entrepreneur | Oui=1, Non =0 | + /- |
| RINLDC | Religion Influence Négativement L'Accumulation Du Capital | Oui=1, Non =0 | - |
| RFAC | Religion Favorable Au Capital | Oui=1, Non =0 | + |
| CR | Confession Religieuse | Musulmane, Catholique, Protestante, Animistes, Ne s'applique pas | + /- |
| BPDCPLF | Bonne Perception Du Capital Par La Famille | Oui=1, Non =0 | + /- |
| IDASLDC | Influence Des Autres Sur L'Accumulation Du Capital | Oui=1, Non =0 | + /- |
| PDMSLDC | Position Du Milieu Sur L'Accumulation Du Capital | Favorable =1, Pas favorable =0 | + /- |
| JDR | Jugement Des Riches | Bon jugement=1, Mauvais jugement = 0 | + /- |
| FVC | Forte Vie Communautaire | Favorable =1, Non Favorable =0 | + /- |

Tableau 4. Variables liées aux services d'appuis

| Codes | Explications | Modalités |
|----------|---|---------------|
| ABdF | Avoir Bénéficié de Financement | Oui=1, Non =0 |
| ABdFB | Avoir Bénéficié de Financement Bancaire | Oui=1, Non =0 |
| ABdFeG | Avoir Bénéficié de Formation en Gestion | Oui=1, Non =0 |
| ABdFA | Avoir Bénéficié de Formation Agricole | Oui=1, Non =0 |
| ABdS | Avoir Bénéficié de Subvention | Oui=1, Non =0 |
| EdMdReA | Existence de Modèle de Réussite en Agriculture | Oui=1, Non =0 |
| AdEdIRdF | Appuis des Enfants dans la Recherche de Financement | Oui=1, Non =0 |
| AdEdIP | Appuis des Enfants dans la Planification | Oui=1, Non =0 |
| AdEdIRdM | Appuis des Enfants dans la Recherche de Marché | Oui=1, Non =0 |
| AdEdICdC | Appuis des Enfants dans les Calculs de Coûts | Oui=1, Non =0 |
| AdEdtIT | Appuis des Enfants dans tous les Travaux | Oui=1, Non =0 |

3 RÉSULTATS

L'analyse des résultats s'est faite en utilisant à la fois les méthodes de statistiques descriptives et de régression logistique.

3.1 STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES VARIABLES DE L'ESPRIT ET DES COMPÉTENCES ENTREPRENEURIALES DES PAYSANS

L'analyse des données montre que 64% des paysans enquêtés ont au moins une fois identifié et exploiter des opportunités soient de marché, soit de financement ou de renforcement de compétences. Les résultats de l'étude montrent aussi que les options pertinentes à retenir en ce qui concerne la création de valeur par les paysans sont: le nettoyage et lavage de la production (29,4%), le stockage et la conservation (54,3%). Ainsi, sur les douze (12) options possibles de création de valeur, les paysans ne font suffisamment que deux (2) et ne font presque jamais de la transformation semi-industrielle. En ce qui est de la possession de l'esprit d'innovation, 99% pensent que l'innovation est nécessaire à la réussite de l'activité agricole.

Très peu de paysans transforment leurs productions pour créer de la valeur ou pour innover. Les résultats montrent que seulement 10% créent de la valeur en transformant totalement ou en partie leur production contre 90% qui les vendent à l'état brut.

Tableau 5. Transformation ou non-transformation de la production

| Production | Fréquence | Pourcentage | Pourcentages cumulés |
|-----------------------|-----------|-------------|----------------------|
| Vendue brute | 266 | 90,8 | 90,8 |
| Transformée | 23 | 7,8 | 98,6 |
| Transformée en partie | 4 | 1,4 | 100,0 |
| Total | 293 | 100,0 | |

Source: Résultats de l'enquête, mars 2022

Les paysans sont tous des preneurs de risques. On note une répartition presque égale entre la prise de risque modéré (51,9%) et la prise non modérée de risque (41,1%). L'analyse montre que l'alpha de Cronbach est supérieur à 0,7. Ceci indique que les variables mesurent la même compétence ou caractéristique. Il ressort de cette analyse que 67% des paysans ont l'intention de faire croître leur activité et pourtant 62% ne jamais ou rarement rechercher de marché rémunérateur. On note que l'intention de croissance des paysans ruraux est bien plus élevée que le constat fait dans diverses régions du monde par les travaux de Global Entrepreneurship Monitoring (GEM Global Report, 2016-2017; Levie et Autio, 2013).

3.2 LES RÉSULTATS DES RÉGRESSIONS PROBIT BINAIRE

Les résultats des régressions montrent que les différents modèles sont globalement significatifs au seuil de 1%, 5% et 10% et qu'entre 10 et 68% des variables de l'esprit entrepreneurial des paysans sont expliquées par les variables explicatives introduites dans les différents modèles. De ces résultats, on en déduit que les déterminants des normes sociales, du cadre familial, des attributs individuels, la perception de soi et du milieu, des services extérieurs, des services d'appuis, des changements climatiques et pratiques agroécologiques, des conditions-cadres, sur de l'esprit entrepreneurial des pays. Les variables de l'esprit entrepreneurial sont: Identification et exploitation d'opportunités, Innovation et création de valeur, Prise de risque modéré, Entrepreneuriat de croissance et Intention de croissance, Recherche de marché rémunérateur.

3.2.1 LES DÉTERMINANTS DES NORMES SOCIALES DE L'ESPRIT ENTREPRENEURIAT

Des résultats de régression du tableau on déduit que:

La forte vie communautaire en milieu rural peut augmenter l'identification et l'exploitation d'opportunités des paysans de 1,4 ($p=0,000$; $c=1,407$)

L'esprit d'innovation et de création de valeur des paysans pourrait croître de 1,968 ($p=0,000$, $c=1,968$) avec la forte vie communautaire, de 1,219 ($p=0,006$, $c=1,219$) lorsque la culture interdit l'accumulation du capital.

L'esprit de prise de risque modéré des paysans peut s'améliorer de 1,724 ($p=0,000$, $c=1,724$) lorsque la culture interdit l'accumulation de richesse, de 1,488 ($p=0,052$, $c=1,488$), lorsque la famille du paysan a une bonne perception de l'accumulation du capital. Par contre, l'esprit de prise de risque modéré pourrait diminuer de 2,872 ($p=0,007$, $c=-2,872$) lorsque la culture influence négativement l'accumulation de capital, de 2,286 ($p=0,026$, $c=-2,286$) lorsque la religion influence négativement l'accumulation de capital, de 1,112 ($p=0,001$, $c=-1,112$) lorsque le paysan pense que la culture a une influence négative sur lui, de 0,982 ($p=0,02$, $c=-0,982$) avec la forte vie communautaire.

Le désir de croissance du paysan peut diminuer de 2,089 ($p=0,042$, $c=-2,089$) lorsque la famille du paysan a une bonne perception du capital et de 0,752 ($p=0,023$, $c=-0,752$), lorsque la culture interdit l'accumulation du capital.

La recherche de marché rémunérateur par les paysans peut s'accroître de 1,917 ($p=0,056$, $c=1,017$) lorsque la position du milieu est favorable à l'accumulation du capital, de 1,469 ($p=0,066$, $c=1,469$) lorsque le paysan estime que la culture a une influence négative sur lui, de 0,841 ($p=0,02$, $c=0,841$) lorsque la religion est favorable à l'accumulation du capital. L'esprit de recherche de marché rémunérateur pourrait diminuer par contre de 1,471 ($p=0,006$, $c=-1,471$) du fait de la forte vie communautaire, de 0,886 ($p=0,012$, $c=-0,886$) lorsque la culture interdit l'accumulation du capital.

3.2.2 LES DÉTERMINANTS DES SERVICES D'APPUI DE L'ESPRIT ENTREPRENEURIAL DES PAYSANS

Les résultats de régression entre les variables de services d'appui et les différentes variables de l'esprit entrepreneurial des paysans montrent que:

L'identification et l'exploitation des opportunités des paysans peut augmenter de 1,221 ($p=0,001$, $c=1,221$) lorsque les enfants du paysan l'appui dans la planification de ses activités, de 1,167 ($p=0,004$, $c=1,167$) lorsque le paysan a bénéficié de financement bancaire ou de microfinance, de 1,017 ($p=0,052$, $c=1,017$) lorsque les enfants l'appui dans tous les travaux et de 0,867 ($p=0,058$, $c=0,867$) lorsque le paysan a bénéficié de subvention.

L'innovation et la création de valeur par les paysans peut s'accroître de 1,422 ($p=0,000$, $c=1,422$) lorsqu'ils existent des modèles de réussites en agriculture dans le milieu du paysan et de 1,028 ($p=0,044$, $c=1,028$) lorsque le paysan a bénéficié de formation agricole.

L'esprit de prise de risque modéré du paysan pourrait s'accroître de 0,715 lorsque le paysan a bénéficié de formation générale en gestion. Par contre, l'esprit de prise de risque peut diminuer de 2,047 ($p=0,011$, $c=2,047$) lorsque les enfants l'appui dans la recherche de financement, de 1,585 ($p=0,04$, $c=-1,585$) lorsque les enfants l'appui dans tous les travaux et de 0,874 ($p=0,054$, $c=-0,874$) lorsque les enfants l'appui dans la planification.

L'esprit de croissance du paysan peut augmenter de 1,505 ($p=0,024$, $c=1,505$) lorsque les enfants du paysan l'appui dans tous les travaux, de 0,937 ($p=0,041$, $c=0,937$) lorsque les enfants du paysan l'appui dans la planification de ses activités, 0,776 ($p=0,045$, $c=0,776$) lorsque le paysan a bénéficié de financement bancaire ou de microfinance. Par contre, l'esprit de croissance peut diminuer de 1,553 ($p=0,001$, $c=-1,553$) lorsque les enfants l'appui dans tous les travaux.

L'esprit de recherche de marché rémunérateur du paysan peut diminuer de 1,008 ($p=0,012$, $c=-1,008$) lorsque les enfants du paysan l'appui dans le calcul des coûts, de 0,846 ($p=0,034$, $c=-0,846$) lorsqu'il existe des modèles de réussite en agriculture dans le milieu du paysan et de 0,747 ($p=0,033$, $c=-0,747$) lorsque le paysan a bénéficié de subvention.

3.3 TABLEAUX SYNTHÉTIQUES DES RÉSULTATS DE RÉGRESSION LOGISTIQUE DES DÉTERMINANTS

Les différents tableaux ci-après présentent les résultats de la régression entre les différentes variables explicatives de l'esprit entrepreneurial et de la compétence entrepreneuriale des paysans en milieu rural.

Tableau 6. Les déterminants des normes sociales de l'esprit et de la compétence entrepreneuriale

| VARIABLES | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---|----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | IEO | ICV | PRM | EC | RMR |
| Influence Négative de la Culture sur la Perception à Gagner plus d'Argent | 0.809 | 0.255 | -2.872*** | 0.566 | 1.469* |
| La Culture Interdit L'Accumulation Du Capital | 0.304 | 1.219*** | 1.724*** | -0.752** | -0.886** |
| Culture Comme Facteur Limitant | 0.418 | 0.203 | -1.112*** | 0.0318 | 0.0592 |
| Religion Comme Facteur Limitant | 0.788 | 0.992 | -2.286** | -0.575 | 0.750 |
| Religion Favorable Au Développement des Activités | 0.00487 | -0.945** | 0.598 | -0.0639 | 0.841** |
| Confession Religieuse | 0.0244 | 0.0954 | 0.0588 | 0.0166 | -0.0353 |
| Bonne Perception du Capital par la Famille | -0.561 | 0.838 | 1.488* | -2.089** | -0.0286 |
| Influence de la Société sur l'Accumulation Du Capital | -0.0825 | -0.631 | 0.576 | -0.147 | 0.597 |
| Position Du Milieu Sur L'Accumulation Du Capital | -0.251 | -0.0328 | -0.982 | -1.158 | 1.917* |
| Jugement Des Riches | 0.00262 | -0.0389 | -0.848 | -0.394 | 0.903 |
| Forte Vie Communautaire | 1.407*** | 1.968*** | -0.941** | -0.0943 | -1.471*** |
| Constant | -0.924 | -1.115 | 2.977 | 3.526 | -2.665 |
| Observations | 237 | 237 | 237 | 237 | 237 |

Robust standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

| | obs | Prob > chi2 | CHI2 | Pseudo r2 | AIC | BIC |
|-----|-----|-------------|--------|-----------|---------|---------|
| IEO | 237 | 0.030 | 21.354 | 0.069 | 319.598 | 361.214 |
| ICV | 237 | 0.000 | 49.008 | 0.223 | 227.147 | 268.764 |
| PRM | 237 | 0.000 | 42.343 | 0.191 | 289.670 | 331.287 |
| EC | 237 | 0.052 | 19.550 | 0.082 | 324.679 | 366.296 |
| RMR | 237 | 0.000 | 35.397 | 0.141 | 289.661 | 331.277 |

Tableau 7. Les déterminants des services d'appuis de l'esprit et de la compétence entrepreneuriale

| VARIABLES | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| | IEO | ICV | PRM | EC | RMR |
| Avoir Bénéficié de Financement | 0.385 | 0.301 | -0.165 | 0.189 | 0.218 |
| Avoir Bénéficié de Financement Bancaire | 1.167*** | 0.413 | 0.132 | 0.776** | 0.00722 |
| Avoir Bénéficié de Formation en Gestion | -0.00789 | 1.028** | 0.121 | -0.386 | -0.163 |
| Avoir Bénéficié de Formation Agricole | 0.298 | 0.185 | 0.715* | 0.0282 | -0.464 |
| Avoir Bénéficié de Subvention | 0.867* | 1.361 | -0.00961 | -0.0665 | -0.747** |
| Existence de Modèle de Réussite en Agriculture | 0.343 | 1.422*** | -0.536 | 0.226 | -0.846** |
| Appuis des Enfants dans la Recherche de Financement | -0.0968 | 0.884 | -0.215 | -0.246 | 0.235 |
| Appuis des Enfants dans la Planification | 1.221*** | 1.081 | -0.874* | 0.937** | 0.240 |
| Appuis des Enfants dans la Recherche de Marché | -0.287 | -0.160 | -2.047** | -0.327 | 0.175 |
| Appuis des Enfants dans les Calculs de Coûts | 0.497 | 0.146 | 0.591 | -1.553*** | -1.008** |
| Avoir Bénéficié de Financement | 1.017* | -0.813 | -1.585*** | 1.505** | 0.186 |
| Constant | -1.829*** | -0.0873 | 1.739*** | -1.589** | 1.709*** |
| Observations | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 |

Robust standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

| | obs | Prob > chi2 | CHI2 | Pseudo r2 | AIC | BIC |
|-----|-----|-------------|--------|-----------|---------|---------|
| IEO | 293 | 0.000 | 56.682 | 0.185 | 335.596 | 379.758 |
| ICV | 293 | 0.000 | 47.342 | 0.228 | 253.355 | 297.517 |
| PRM | 293 | 0.000 | 45.150 | 0.153 | 367.639 | 411.801 |
| EC | 293 | 0.000 | 37.390 | 0.153 | 368.224 | 412.386 |
| RMR | 293 | 0.000 | 38.877 | 0.112 | 369.198 | 413.360 |

4 DISCUSSION

Comme Yvon Gasse (2003), les résultats de la présente étude montrent que les facteurs sociaux, culturels, familiaux, personnels, agroécologiques et les mécanismes mis en place pour le développement de l'agriculture en milieu rural ont un impact sur la formation et le développement de l'esprit entrepreneurial des paysans. En effet, selon Yvon Gasse (2003), plusieurs facteurs sociaux ont un impact sur l'entrepreneuriat d'un milieu. Parmi ces facteurs sociaux, on distingue la culture, la famille, la religion, l'éducation, le niveau d'instruction la communauté d'affaires, etc.

4.1 L'INFLUENCE DES NORMES ET VALEURS SOCIALES ENVERS L'ENTREPRENEURIAT

La culture du milieu rurale caractérisée par une forte vie en communauté a un effet catalyseur sur l'esprit d'innovation et de création de valeur des paysans. En effet, la vie en communauté développe l'entraide entre paysans et améliore la création de valeur ajoutée par l'effet de l'intelligence collective des paysans. Il existe donc une forme de formation par les pairs en ce qui concerne l'amélioration des procédés de production ou des itinéraires de production. Si la forte vie en communauté favorise la création de valeur chez les paysans, elle réduit par contre leur prise de risque et leur recherche de marché rémunérateur. Ces résultats corroborent en partie ceux de Wilkins A.L., et Ouchi W.G., (1983). En effet, ces derniers à partir d'une analyse théorique des cultures américaines, occidentales et orientales, concluent que les cultures dans lesquelles les valeurs partagées sont plus nombreuses et plus diffusées, les entreprises sont en général les plus performantes.

L'étude montre aussi que lorsque les normes sociales interdisent l'accumulation du profit c'est-à-dire lorsque le fait de chercher à gagner de l'argent est mal perçu par la société, les paysans prennent plus de risque calculé. Ces normes amènent les paysans à ne pas prendre trop de risque pour ne pas se trouver en contradiction avec sa culture et faire objet de traitement discriminatoire par les pairs. En effet, les paysans qui parviennent à développer leur activité sont accusés de pratiques mystiques ou de sorcellerie. Ainsi, dès lors que la culture interdit ou voie mal la richesse, cela amène les paysans à prendre moins ou pas de risque pour la croissance de leurs activités. La mauvaise place faite à la richesse inhibe ainsi la volonté de croissance. Car, en faisant l'apologie de vivre sobrement et qu'accumuler du capital étant contraire aux valeurs morales et à

l'éthique, les paysans fournissent moins d'effort pour le développement de leurs activités pour être en conformité avec les valeurs morales de leurs sociétés. Les paysans se satisfont ainsi du peu. Paradoxalement, cette interdiction accroît l'esprit d'innovation et de création de valeur. A contrario de l'interdiction, lorsque les normes sociales sont tolérantes à la richesse, les paysans développent leur recherche de marché rémunérateur soit par la spéculation, soit par la création de valeur. Il en est ainsi, parce que les entrepreneurs paysans se trouvent rassurés et à l'abri des critiques ou des accusations de sorcellerie par exemple. Ainsi, les paysans développent leurs compétences de conquête de marché afin d'accroître leurs chiffres d'affaires. Ces résultats rejoignent ceux de Richman B.M., et Farmer R.M., (1974) qui considèrent la « structure macro-managériale » c'est-à-dire les caractéristiques sociologiques, éducatives, économiques et politico-légales de chaque pays comme déterminante de la performance des entreprises et de l'efficacité du système économique. Nos résultats rejoignent en partie Etounga - Manguelle (1990) et Bouzar W., (1982) pour qui la culture africaine est anachronique face aux méthodes du management moderne et que ceci est la principale explication de la mauvaise performance des entreprises africaines. En fait de même qu'avec les résultats de KOMBOU Lucien, FEUDJO Jules Roger, (2007) selon lequel le contexte africain est un contexte économique et socioculturel très différent de celui des pays occidentaux est très réfractaire à l'entrepreneuriat et que les valeurs culturelles qui privilégient la vie communautaire et la fusion dans le groupe, ses croyances sociales fondées sur le mysticisme, le sacré, le respect de l'ordre immuable de la nature et des anciens ne sont pas toujours compatibles avec l'esprit d'entreprise du monde occidental. Par contre (Kamdem E., (2002), Pascale R.T., et Athos A.G., (1988), Kotter et Heskett (1993), Vogel E., (1982), Bolle de Ball (1988), etc. réfutent cette théorie et montrent que la mauvaise performance des entreprises est liée au seul fait du management et de la rationalité. Nous pensons que les modèles de managements en Afrique doivent s'adapter aux réalités sociologiques africaines.

4.2 L'INFLUENCE DES SERVICES D'APPUI

L'accès au financement bancaire ou de microfinance contribue au renforcement de capacité des paysans à rechercher de nouvelles opportunités par exemple des sources d'approvisionnement de qualité, de meilleures ressources productives et de meilleurs marchés. Le développement des marchés financiers conduit à une accélération de la croissance de la productivité et de l'output (King et Levine, 1993; Levine, Loayza et Beck, 2000) et Ayyagari et al (2006) démontre que les lacunes du système financier sont les obstacles les plus importants affectant directement la croissance des entreprises. De même Kinkinginhoun-Medagbé et al. (2015) au Bénin, Girabi et Mwakaje (2013) en Tanzanie, parviennent aux résultats selon lesquels le crédit à des effets positifs sur la productivité agricole. Diamouténé (2019) au Niger, estime également que le crédit favorise le respect des calendriers agricoles, l'investissement, l'adoption de technologie moderne et productive et l'adoption de stratégie d'adaptation et d'atténuation des effets des chocs naturels.

Aussi, l'existence de modèle de réussite dans l'environnement immédiat et le renforcement de capacité des paysans en pratique agricole contribuent à renforcer l'attitude de ceux-ci à créer de la valeur ajoutée. La réussite de certains inspire les autres paysans. Ils inspirent soit par l'amélioration de leurs pratiques de production ou de gestion. La capacité de création de valeur s'accroît ainsi par effet d'imitation ou d'entraînement. Les paysans s'inspirent par exemple de la pratique de stockage des récoltes pour être revendus en période de soudure. En effet, l'existence d'entrepreneurs ayant réussi dans un milieu peut changer la perception des risques et des gratifications à l'investissement, surtout si le milieu reconnaît le succès de ces entrepreneurs (Yvon Gasse, 2003).

L'existence de service d'appui tel que le conseil agricole améliore la capacité des paysans à prendre des risques modérés. Le conseil agricole souvent axé sur l'amélioration de pratiques agricoles et de gestion, renforce l'esprit d'analyse critique des paysans qui désormais évaluent les retours sur investissement et/ou la rentabilité de l'action désirée avant de s'y engager. Les données publiées par l'INRAB⁴ et le MAEP⁵ montrent que le taux d'accès à l'appui-conseil en 2020 est de 14,54% pour les exploitants opérants en production végétale, de 6,54 pour les opérants en production animale et de 42,86% pour les la production piscicole. En ce qui concerne l'appui au marché, le taux est de 15,71%. Plusieurs études ont établi une corrélation positive de l'influence du contact avec la vulgarisation sur la réussite des exploitations agricoles (Deressa et al., 2009, Jerumeh et al., 2016; Alemayehu et Bewket, 2017).

L'implication des enfants dans les travaux agricoles renforce les paysans dans leur désir de croissance ou de l'extension de leurs superficies agricoles. Ceci, parce qu'en milieu rural, l'enfant est considéré comme une richesse, mais en même temps

⁴ Institut National des Recherches Agricoles du Bénin

⁵ Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche

comme une main-d'œuvre productive qui ne coûte presque rien. Ainsi, plus le nombre d'enfants du ménage croît, plus le paysan a tendance à accroître sa superficie. Il faut aussi préciser que le nombre d'enfants accroît le nombre de bouches à nourrir. Et pour assurer sa responsabilité de père de famille, le chef de famille a tendance à augmenter sa production des cultures de rente, mais aussi celles de subsistance.

Aussi, l'intention de croissance est renforcée par l'accès aux services de financement, car, il facilite l'accès aux intrants notamment les herbicides dont l'usage excessif aujourd'hui en milieu rural supprime la pénibilité des travaux champêtres et réduit la fertilité des sols. La réduction de la pénibilité des travaux champêtres pour les paysans accélère l'expansion de leurs exploitations et entraîne aujourd'hui la multiplication des conflits fonciers en milieu rural.

5 CONCLUSION

Il est évident que la culture du milieu rural caractérisée par une forte vie en communauté a un effet bénéfique sur l'esprit d'innovation et de création de valeur des paysans. Cependant, la forte vie en communauté peut également réduire le niveau de prise de risque et de recherche de marchés rémunérateurs des paysans. Lorsque les normes sociales interdisent l'accumulation de profits, les paysans sont plus enclins à prendre des risques calculés.

Aussi, l'accès au financement est essentiel pour aider les agriculteurs à améliorer leurs moyens de production et leurs revenus. L'existence de modèles de réussite dans l'environnement immédiat des paysans et le renforcement des capacités des paysans en matière de pratiques agricoles peuvent contribuer à renforcer l'attitude des paysans à créer de la valeur.

Il ressort donc de cette étude que pour le développement de l'esprit entrepreneurial des paysans et pour un système de management des entreprises paysannes, il faut à la fois intégrer les facteurs sociaux, valoriser les paysans qui réussissent, mais également améliorer leurs accès aux moyens de production par l'amélioration de leurs accès au financement.

REFERENCES

- [1] Alemayehu, A. and Bewket, W. (2017) Smallholder Farmers' Coping and Adaptation Strategies to Climate Change and Variability in the Central Highlands of Ethiopia. *Local Environment*, 22, 825-839. - References—Scientific Research Publishing. (s. d.).
- [2] Ayyagari, M., Beck, T., & Demircuc-Kunt, A. (2007). Small and Medium Enterprises across the Globe. *Small Business Economics*, 29 (4), 415–434. <http://www.jstor.org/stable/40229581>.
- [3] Bany, R. F. D. (s. d.). A. B. MAHAMAN YAOU, M. N. MALAM MAMAN. Barker, T. S., & Smith, H. W. (1998). Integrating Accreditation into Strategic Planning. *Community College Journal of Research and Practice*, 22 (8), 741-750. <https://doi.org/10.1080/1066892980220803>.
- [4] Bouzar, H. (s. d.). A survey of Agrobacterium strains associated with Georgia pecan trees and an immunological study of the bacterium. Oregon State University.
- [5] Boyd Cohen and Monika I. Winn, (2007), Market imperfections, opportunity and sustainable entrepreneurship, *Journal of Business Venturing*, 22, (1), 29-49.
- [6] Bruyat, Christian & Julien, Pierre-André. (2001). Defining the Field of Research in Entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*. 16. 165-180. 10.1016/S0883-9026 (99) 00043-9.
- [7] Busenitz, L. W., & Lau, C.-M. (1996). A Cross-Cultural Cognitive Model of New Venture Creation. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 20, 25-40. <https://doi.org/10.1177/104225879602000403>.
- [8] Chabaud, D., & Messegem, K. (2010). Le paradigme de l'opportunité. Des fondements à la refondation. *Revue française de gestion*, 206 (7), 93-112.
- [9] Davidsson, P., & Wiklund, J. (1997). Values, beliefs and regional variations in new firm formation rates. *Journal of Economic Psychology*, 18, 179-199. doi: 10.1016/S0167-4870 (97) 00004-4.
- [10] Deressa, T., Hassan, R., Ringler, C., Alemu, T., & Yesuf, M. (2009). Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 19, 248-255. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.01.002>
- [11] Diamoutene, A. K. (2018). Accès au crédit agricole et performance agricole dans la zone office du Niger : Cas de la culture du riz. <https://dicames.online/jspui/handle/20.500.12177/2643>.
- [12] Doherty, Dermot & Mezhoudi, Mohcene & Müller, T. (2000). Trends in optical networking. 50. 11-22.
- [13] Dutta, Dev & Thornhill, Stewart. (2008). The evolution of growth intentions: Toward a cognition-based model. *Journal of Business Venturing*. 23. 307-332. 10.1016/j.jbusvent.2007.02.003.
- [14] Etounga-Manguelle, D. (1990). Pour une révolution économique en Afrique. *Afrique 2000: Revue Trimestrielle*, 2, 81-93.

- [15] Gasse, Y. (2003). L'influence du milieu dans la création d'entreprises. *Revue Organisations & territoires*, 12 (2), Art. 2. <https://doi.org/10.1522/revueot.v12n2.741>
- [16] Girabi, F., & Mwakaje, A. E. G. (2013). Impact of Microfinance on Smallholder Farm Productivity in Tanzania : The Case of Iramba District. *Asian Economic and Financial Review*, 3 (2), Art. 2.
- [17] Grandclaude, D., & Nobre, T. (2017). Une analyse des croyances à l'origine des diverses modalités de l'Intention de Croissance. *Revue de l'Entrepreneuriat*, 16 (3-4), 107-145. <https://doi.org/10.3917/entre.163.0107>.
- [18] Gui, Q., Chen, W., & Zhang, X. (2021). Impact of Entrepreneurial Self-Construction on Entrepreneurial Intention : Moderating Role of Institutions. *Journal of Human Resource and Sustainability Studies*, 9 (2), Art. 2. <https://doi.org/10.4236/jhrss.2021.92014>.
- [19] Jerumeh, E. G., Jerumeh, T. R., & Okoruwa, V. O. (s. d.). Perception and Adaptation of Yam Based Farmers to Climate Change in Edo State, Nigeria.
- [20] King, R. G., & Levine, R. (1993). Finance, entrepreneurship and growth. *Journal of Monetary Economics*, 32 (3), 513-542. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(93\)90028-E](https://doi.org/10.1016/0304-3932(93)90028-E).
- [21] KOMBOU Lucien, FEUDJO Jules Roger, « Les déterminants de la rentabilité. Une étude appliquée aux valeurs culturelles ambiantes dans les industries manufacturières au Cameroun », *La Revue des Sciences de Gestion*, 2007/6 (n°228), p. 45-56. DOI: 10.3917/rsg.228.0045. URL: <https://www.cairn.info/revue-des-sciences-de-gestion-2007-6-page-45.htm>
- [22] Levie, J., & Autio, E. (s. d.). Growth and growth intentions.
- [23] Levine, R., Loayza, N., & Beck, T. (2000). Financial intermediation and growth : Causality and causes. *Journal of Monetary Economics*, 46 (1), 31-77. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(00\)00017-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(00)00017-9).
- [24] Mahoukede, K.-M., Aliou, D., & Rita A., A.-N. (2015). Impact of NERICA Adoption on Productivity and Income in Benin : Is There Gender Difference? (2015 Conference, August 9-14, 2015, Milan, Italy N° 211634). *International Association of Agricultural Economists*. <https://econpapers.repec.org/paper/agsiaae15/211634.htm>
- [25] MANAGEMENT ET INTERCULTURALITÉ EN AFRIQUE - Expérience camerounaise, Emmanuel Kamdem—Livre, ebook, epub. (s. d.).
- [26] Managerial Behavior, Entrepreneurial Style, and Small Firm Performance—Sadler—Smith—2003—*Journal of Small Business Management*—Wiley Online Library. (s. d.).
- [27] Messeghem, K. (s. d.). L'entrepreneuriat en quête de paradigme : Apport de l'école autrichienne.
- [28] O'Neill, Gerald & Hershauer, James & Golden, Jay. (2006). *The Cultural Context of Sustainability Entrepreneurship*. Greener Management International. 2006. 10.9774/GLEAF.3062.2006.au.00005.
- [29] Patzelt, H., & Shepherd, D. A. (2011). Recognizing Opportunities for Sustainable Development. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 35 (4), 631–652. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2010.00386>.
- [30] Raouf Jaziri. Une vision renouvelée des paradigmes de l'entrepreneuriat: Vers une reconfiguration de la recherche en entrepreneuriat. *Entrepreneuriat et Entreprise: nouveaux enjeux et nouveaux défis*, Université de Gafsa, Apr 2009, Gafsa, Tunisie. (hal-00829206v3).
- [31] Ronstadt, R. (1985). The Educated Entrepreneurs : A New Era of Entrepreneurial Education is Beginning. *American Journal of Small Business*, 10 (1), 7-23. <https://doi.org/10.1177/104225878501000102>.
- [32] Shaver, K. G. & Scott, L. R. (1991). Person, Process, Choice: the Psychology of New Venture Creation. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 16 (2), 23–45.
- [33] Thomas J. Dean, Jeffery S. McMullen. Toward a theory of sustainable entrepreneurship: Reducing environmental degradation through entrepreneurial action, *Journal of Business Venturing*, Volume 22, Issue 1, 2007, Pages 50-76, ISSN 0883-9026 <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2005.09.003>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883902605000777>
- [34] Um-Ngouem, M.-T. (2012). Les nouveaux défis de la TPE dans les pays du Sud. *Revue internationale P.M.E.*, 19 (1), 119-141. <https://doi.org/10.7202/1008492ar>.
- [35] Wilkins, A. L., & Ouchi, W. G. (1983). Efficient cultures : Exploring the relationship between culture and organizational performance. *Administrative Science Quarterly*, 28, 468-481. <https://doi.org/10.2307/2392253>.
- [36] Verstraete, T., & Fayolle, A. (2005). Paradigmes et entrepreneuriat. *Revue de l'Entrepreneuriat*, Vol. 4 (1), 33-52. <https://doi.org/10.3917/entre.041.0033>.
- [37] Yabi, A. J. (2010). Analyse des déterminants de la rentabilité économique des activités menées par les femmes rurales dans la commune de Gogounou au Nord-Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques*, 14 (2), 51-63.
- [38] York, J.G. and Venkataraman, S. (2010) The Entrepreneur-Environment Nexus: Uncertainty, Innovation, and Allocation. *Journal of Business Venturing*, 25, 449-465. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusvent.2009.07.007>

Le partage de la valeur ajoutée entre capital et travail

[The division of added value between capital and labor]

Nabaoui Ahmed

Chercheur dans le Département: Economie et Gestion, FSJES Mohemmedia, University Hassan II, Morocco

Copyright © 2023 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: Our article seeks to address the links between financial performance and internal human performance, depending on the ownership structure. The latter is apprehended via the variables (concentration of capital nature of shareholding). Financial performance will be represented by the «Return On Assets» variable, while internal human or social performance will be represented by the «share of personnel costs in added value» variable. We will also be interested in deducing how to shift the distribution of added value between the two factors (capital and labor) in our sample. We will use the «R» software to analyze the links between the explanatory variables and the variable to be explained «labour compensation». The results indicate a negative effect of the main majority shareholder on internal social performance. Again, companies show a certain reluctance to increase wages in parallel with the increase in value added, The results of our model again confirm a positive and non-significant link between internal financial and human performance.

KEYWORDS: Financial performance, internal social performance, inequality, salary, dividend.

RESUME: Notre article cherche à traiter les liens existants entre la performance financière et celle humaine interne, en fonction de la structure de propriété. Cette dernière, est appréhendée via les variables (concentration du capital nature d'actionnariat). La performance financière sera représentée par la variable « Return On Assets », alors que celle humaine ou sociale interne sera représentée par la variable « part des charges de personnel dans la valeur ajoutée ». Nous nous intéresserons aussi, à déduire comment déplacer la répartition de la valeur ajoutée entre les deux facteurs (capital et travail) de notre échantillon. Nous utiliserons le logiciel «R», pour analyser les liens existants entre les variables explicatives et la variable à expliquer « la rémunération du travail ». Les résultats renseignent à un effet négatif de L'actionnaire principal majoritaire, sur la performance sociale interne. Encore, les entreprises montrent une certaine réticence à augmenter les salaires parallèlement à l'augmentation de la valeur ajoutée, Les résultats de notre modèle confirment encore un lien positif et non significatif entre la performance financière et humaine interne.

MOTS-CLEFS: Performance financière, performance sociale interne, inégalité, salaire, dividende.

1 INTRODUCTION

Dans l'objectif de réalisation et de maintien d'équité et de protection des intérêts de toutes les parties prenantes de la firme, ont été introduites les bonnes pratiques de la gouvernance (Aglietta et Rebérioux, 2005). Toutefois, L'orientation pratique actuelle de la gouvernance d'entreprises semble donc être une poursuite de la théorie traditionnelle de la gouvernance d'entreprise de (Berle et Means 1932). Dans cette orientation, les actionnaires (shareholders), détiennent la priorité dans le processus de création de valeur, et surtout de répartition de la valeur ajoutée, ainsi créée, dans un contexte de nuancer le droit des autres parties prenantes. Notamment la main d'œuvre, et continue, donc à défavoriser les autres parties prenantes (stakeholders) (Armour et al., 2003; Thomsen, 2006). D'un point de la conception contractuelle, la firme est un nœud

de contrats entre les différentes parties prenantes, actionnaires, salariés, clients, fournisseurs, associations, pouvoirs publics, etc. Cette conception cherche à maintenir un équilibre entre les apporteurs de ressources, financières et humaines dans le processus de répartition de richesse (Hirigoyen, 1997). Dans certaines études, les droits accordés aux salariés affectent, suivant une répartition différente du capital social, le niveau de partage de la valeur ajoutée entre les actionnaires et les salariés (Labadi, M., & Nekhili, M. (2012)). Certes, les relations entre la performance financière et celle humaine ne sont pas les mêmes au travers les études menées au niveau des différents contextes mondiaux. En effet, Timbeau (2002) affirme qu'une augmentation des charges de personnel se traduit par une baisse du coût de capital. Cela veut dire, qu'une amélioration des salaires entraîne généralement une diminution des dividendes. L'auteur confirme que les deux variables (salaire et dividende) rentrent dans relation d'ampleur identique et inverse. Plusieurs études ont confirmé l'effet positif de la réduction des effectifs sur la performance financière des firmes (Cascio et al., 1997; D'Arcimoles et Fakhfakh, 1997; Sentis, 1998; Degorre et Reynaud, 2003; Najjar et Nekhili, 2009).

Notre article cherche à traiter les liens existants entre la performance financière et celle humaine interne, en fonction de la structure de propriété. Cette dernière, est appréhendée via les variables (concentration du capital nature d'actionnariat), la performance financière sera mesurée par la variable « ROA », alors que celle humaine ou sociale interne sera représentée par la variable « part des charges de personnel dans la valeur ajoutée ». En fin nous déduisons comment évolue la répartition de la valeur ajoutée entre les deux facteurs (capital et travail) de notre échantillon.

Notre problématique peut être ainsi formulée comme suit;

Comment la nature d'actionnariat, et la structure de propriété impactent-elles la performance humaine ou sociale interne, ainsi, mesurée par la rémunération du facteur travail ? quelle est la nature de la relation entre la performance financière et celle humaine interne ?

Afin de traiter cette problématique, Notre étude porte sur un échantillon de 37 individu statistique tiré aléatoirement, à partir d'une population de 75 sociétés cotées à la bourse des valeurs de Casablanca, sous forme d'un panel, étalé sur une période allant de 2013 jusqu'à 2018. Les données sont tirées à partir des rapports annuels des entreprises cotées à la place Casablancaise.

2 CADRE THÉORIQUE

Le partage, de la valeur ajoutée créée, par les entreprises, entre actionnaires et salariés, fait actuellement l'objet de débats très polémiques, attirant l'attention de toutes les parties prenantes tant de la firme, concrétisés par des conflits d'intérêt, que de la communauté scientifique concrétisés par les écrits contestant ces inégalités. En témoignent les polémiques suscitées par le rapport CAC 40: des profits sans partage publié par l'Oxfam en mai 2018 (Piton, S., & Vatan, A. (2018)). Quelques années avant, En 2014, dans un article publié dans la Harvard Business Review, William Lazonick faisait un constat similaire pour les entreprises du S&P 500. Toutes les études en Europe et aux EUA, qui portent sur ce sujet affirment une tendance à la baisse de la part de la rémunération du travail en faveur du capital. Avant de chercher à déterminer certaines variables explicatives de cette tendance dans le contexte marocain, il nous paraît très utile de présenter une revue de littérature apportant quelques éléments explicatifs de cette tendance.

2.1 LES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES

La substitution du travail par le capital, nous parlons de l'automatisation de certaines tâches qui engendrent une « course entre l'homme et la machine ». Toutefois, l'augmentation des salaires peut neutraliser l'effet de ce remplacement.

2.2 UNE AUGMENTATION IMPORTANTE DU RENDEMENT DU CAPITAL

Cette explication présume que la justification de cette tendance baissière de la rémunération du travail, réside dans le fait que le profit, c'est-à-dire, le reste de la valeur ajoutée après déduction des charges de personnel, autrement dit, l'excédent brut d'exploitation, a augmenté ces dernières 40 ans suite à l'augmentation des exigences des actionnaires d'un niveau de rendement élevé.

2.3 LA CONCENTRATION DES ENTREPRISES

Les économies se caractérisent par une présence d'un nombre limité de grandes entreprises qui jouissent d'avantages concurrentiels leurs procurant un pouvoir de détermination de leurs marges à niveau élevé. La concentration augmente de ce

fait le pouvoir de marché des entreprises les plus grosses. Ce pouvoir, en retour, leur permet de moins subir la concurrence et de pratiquer des prix tels que leurs marges restent plus élevées (Piton, S., & Vatan, A. (2018).

2.4 UNE GOUVERNANCE À LA FAVEUR DES ACTIONNAIRES

Dans ce cadre, l'augmentation du dividende au détriment du salaire s'explique par le mode de gouvernance de l'entreprise. En effet, le partage de la richesse créée obéit à des décisions de certaines instances de la firme, dont des règles de lois leur confèrent ce pouvoir, selon les pays. Généralement ce sont les conseils d'administration, qui constituent ces instances. La composition de ces derniers est hétérogène en termes de natures de membres. On distingue entre plusieurs catégories, par exemple; les institutionnels, l'Etat, les banques, industriels, les familles..., chaque membre souhaite partager cette richesse selon un mode de maximisation de son intérêt. En effet, près de la moitié de la baisse de la part salariale en Europe et aux Etats-Unis, depuis le début des années 1980, s'explique par la présence élevée des investisseurs institutionnels (Gutiérrez et Philippon, 2018).

Conscients de la réalité pratique, de la gouvernance d'entreprise, largement pratiquée au niveau de notre contexte. Notre étude s'inscrit dans l'objectif de déterminer, les influences que peuvent exercer la nature et la structure de propriété sur le partage de la valeur ajoutée, ainsi créée par les firmes Marocaines cotées.

3 CADRE EMIRIQUE

3.1 MODÈLE STATIQUE

L'estimation de ce modèle nous exige à appliquer trois techniques économétriques: la technique des moindres carrés ordinaires en panel (pooled), la méthode des effets fixes (fixed effects) ainsi que la méthode des effets aléatoires (random effects). La méthode des moindres carrés ordinaires (MCO), est une méthode d'estimation des paramètres inconnus dans un modèle de régression linéaire. Ce procédé minimise la somme des carrés des distances verticales entre les réponses observées dans l'ensemble des données et les réponses prédites par l'approximation linéaire. Les estimations à effets fixes sont calculées à partir des différences au sein de chaque entreprise, alors que l'estimation des effets aléatoires, intègre des informations sur les différentes entreprises ainsi que sur les périodes différentes. En effet, la méthode des effets aléatoires n'est valable que si les effets spécifiques à chaque entreprise ne sont pas corrélés avec les autres variables explicatives. Pour remédier à ce problème, nous allons faire appel au test de Hausman (1978) qui permet d'évaluer si cette hypothèse d'indépendance est satisfaite ou non. L'hypothèse nulle de ce test repose sur l'indépendance entre les variables explicatives et les erreurs. Pour ce faire, le test de Hausman (1978) compare la matrice de variance-covariance des deux estimateurs.

Pour chaque technique, nous allons essayer de tester un modèle. La forme des modèles employés dans notre analyse peut se présenter ainsi:

3.2 MODÈLE DYNAMIQUE

Le système de méthode des moments généralisés, constitue notre second modèle économétrique à utiliser dans ce travail, le (GMM) introduit par Blundell et Bond (1998) pour traiter le problème d'endogénéité possible entre la variable à expliquer et les autres variables explicatives. Dans beaucoup d'études de régression, les liens entre les variables peuvent montrer une certaine endogénéité. L'effet négatif de Cette dernière peut biaiser les résultats De manière à ce que les variables indépendantes de l'équation affectent la variable dépendante dans le modèle. L'endogénéité, peut être générée soit par « hétérogénéité inobservable » ou la « simultanité ». Pour faire face à l'hétérogénéité inobservable, on fait recours aux estimations à effets fixes. Toutefois, cette méthode n'est cohérente que si les observations sont exploitées de manière aléatoires avec le temps. De manière plus concrète, nous considérons que, si l'estimation des MCO peut être biaisée en raison du fait qu'elle ignore l'hétérogénéité inobservable, l'estimation à effets fixes peut être biaisée puisqu'elle néglige l'endogénéité.

Le problème de l'endogénéité peut être dépassé en faisant recours à l'estimateur GMM afin de tester les liens entre dividende et les autres variables, d'une part. ainsi que de tester les liens entre la performance sociale interne et les autres variables d'autre part.

L'avantage de cette méthode est qu'elle élimine tout biais qui pourrait découler de l'ignorance de l'endogénéité, tout en prenant en considération la simultanité et en éliminant toute hétérogénéité inobservable. Il est préférable d'utiliser l'estimation dynamique de panel dans des situations où il y a des facteurs non observables qui affectent à la fois la variable dépendante et les variables explicatives, et certaines variables explicatives sont fortement liées aux valeurs passées de la

variable dépendante. Ces difficultés ainsi signalées sont soignées en utilisant l'estimateur de la méthode des moments généralisés (GMM) d'Arellano et Bond (1991). L'estimateur GMM d'Arellano et Bond (1991).

Pour chaque modèle, nous allons essayer de tester 4 techniques d'estimation (MCO, effet fixe, effet aléatoire et GMM) en utilisant le logiciel statistique R studio. La forme des modèles employée dans notre analyse peut se présenter ainsi:

MODÈLE "MCO"

$$chp.va_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Concentration_{it} + \alpha_2 ROA_{it} + \alpha_3 Nature_{it} + Dividendes_{it} + \varepsilon_{it}$$

EFFET FIXE

$$chp.va_{it} = \alpha_i + \alpha_1 Concentration_{it} + \alpha_2 ROA_{it} + Dividendes_{it} + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

EFFET ALÉATOIRE

$$chp.va_{it} = \alpha_i + \alpha_1 Concentration_{it} + \alpha_2 ROA_{it} + \alpha_3 Nature_{it} + Dividendes_{it} + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

MODÈLE "GMM"

$$chp.va_{it} = \delta Dividende_{it} + \alpha_1 Concentration_{it} + \alpha_2 ROA_{it} + \alpha_3 Nature_{it} + \varepsilon_{it}$$

4 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

CHP/VA: la part des charges de personnel dans la valeur ajoutée:

Les résultats de la régression du modèle des moindres carrés ordinaires montrent que toutes les variables sont significatives sauf la variable représentant "nature". Le R² est égal à 0.091, la variabilité des variables explicatives explique 9.1% du modèle.

Tableau 1. Modèle part de la VA. MCO

| | Estimate | Std. Error | t-value | Pr(> t) |
|---------------|-------------|------------|---------|---------------|
| Constante | 0.68229004 | 0.07351482 | 9.2810 | < 2.2e-16 *** |
| Concentration | -0.29812699 | 0.11725790 | -2.5425 | 0.011720 * |
| ROA | -0.01044811 | 0.00315630 | -3.3102 | 0.001095 ** |
| Nature | 0.00191241 | 0.05180621 | 0.0369 | 0.970588 |
| Dividende | -0.00099996 | 0.00071257 | -1.4033 | 0.161985 |

| |
|--------------------------|
| R ² : 0.12229 |
|--------------------------|

Le paramètre estimé pour la variable « concentration » est de -0, 3 avec une valeur p-value de (0.01). Cela veut dire qu'il existe une relation négative et très significative. Le paramètre estimé pour la variable « ROA » est de (-0, 01) avec une valeur p-value de (0.001095 **). Cela veut dire qu'il existe une relation négative et très significative. Le même constat est à noter pour la variable dividende avec un paramètre (-0.00099996) et une p-value de (0.161985), ce qui indique que la relation est un peu moins significative.

Le paramètre estimé pour la variable "nature" est de 0.00191241 avec une valeur p-value de (0.970588). Cela veut dire qu'il existe une relation positive et non significative. Ce paramètre mesure l'effet sur la performance sociale (CHP/VA) si l'entreprise est familiale (familiale = 1) par rapport à une entreprise non familiale (non familiale = 0).

Comme l'estimation précédente, le test de Durbin-Watson indique une forte autocorrélation des résidus. Compte tenu de cette forte autocorrélation et comme indiqué précédemment, nous allons estimer le modèle une autre fois à travers la modélisation à effet fixe et aléatoire.

Tableau 2. Part de la VA. Effet fixe

| | Estimate | Std. Error | t-value | Pr(> t) |
|---------------|-------------|------------|---------|-------------|
| Concentration | -0.61449078 | 0.30293733 | -2.0284 | 0.044014 * |
| ROA | -0.01011568 | 0.00307912 | -3.2853 | 0.001228 ** |
| Dividende | 0.00012391 | 0.00104553 | 0.1185 | 0.905798 |
| --- | | | | |
| R-Squared: | 0.08516 | | | |

Tableau 3. Part de la VA. Effet aléatoire

| | Estimate | Std. Error | z-value | Pr(> z) |
|---------------|-------------|------------|---------|---------------|
| Constante | 0.73682355 | 0.12939817 | 5.6942 | 1.239e-08 *** |
| Concentration | -0.42470343 | 0.18995675 | -2.2358 | 0.0253655 * |
| ROA | -0.01074494 | 0.00284003 | -3.7834 | 0.0001547 *** |
| Nature | -0.00124741 | 0.10471795 | -0.0119 | 0.9904957 |
| Dividende | -0.00031063 | 0.00084770 | -0.3664 | 0.7140412 |

Hausman Test

| |
|--|
| chisq = 1.3321, df = 3, p-value = 0.7215 |
| Alternative hypothesis : one model is inconsistent |

Les estimations des modèles à effet fixe et aléatoire indiquent l'existence d'une relation négative et très significative entre la variable dépendante (part des salaires dans la VA) et la "concentration". Dans le même sens de relations, la ROA agit de manière négative et significative sur la performance sociale interne. Toutefois, la nature d'actionariat agit négativement sur cette performance de façon non significative.

Tableau 4. Part de la VA. GMM

| | Estimate | Std. Error | z-value | Pr(> z) |
|------------------------------------|-----------------------------|------------|-------------------------------|-------------|
| (CHP/VA 1:1) | -0.26942250 | 0.11685013 | -2.3057 | 0.021127 * |
| (Dividende, 1:0)1 | 0.00013932 | 0.00036037 | 0.3866 | 0.699047 |
| (Dividende, 1:0)0 | 0.00045331 | 0.00022071 | 2.0538 | 0.039991 * |
| (Concentration, 2:1)2 | -0.22656648 | 0.08476792 | -2.6728 | 0.007522 ** |
| (Concentration 2:1)1 | -0.36567601 | 0.22871321 | -1.5988 | 0.109856 |
| (ROA) | 0.00961084 | 0.02743958 | 0.3503 | 0.726148 |
| Sargan test: | chisq(11) = 20.19466 | | (p-value = 0.042742) | |
| Wald test for coefficients: | chisq(6) = 70.99621 | | (p-value = 2.5539e-13) | |

5 ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les résultats du modèle GMM rapporté dans le tableau "4" confirment l'effet positif et non significatif de "la ROA" sur la variation de CHP/VA dans l'ensemble des entreprises étudiées. En effet, la hausse ou la baisse de la "ROA" n'influence pas beaucoup la performance sociale interne.

L'historique des CHP/VA dans la dernière année a un impact négatif et significatif sur la part des charges de personnel de la valeur ajoutée actuelle (CHP/VA). Cela signifie que les entreprises montrent une certaine réticence à augmenter les salaires en en parallèle avec l'augmentation de la VA.

L'actionnaire principal majoritaire, exerce un effet négatif sur la performance sociale interne, dans le tableau n°8 ci-dessus, le lien entre la part des salaires dans la VA est négatif et très significatif. Etant donné, que cette variable, baisse soit à raison d'une diminution des salaires avec une stabilité de la VA, ou bien suite à une augmentation de la VA avec stabilité des charges de personnel, ou bien tout simplement les deux grandeurs varient de manière déséquilibrée conduisant à une baisse du ratio. L'hypothèse sous-jacente de cette variable, c'est que, si on atteste à une baisse, et que cette baisse provient de quelques mécanismes actionnariaux, elle résulte automatiquement d'une baisse des salaires, ou absence d'accompagnement de la hausse de la VA, et ce, parce que aucun actionnaire ne souhaite réduire la VA.

De sa part, le dividende distribué en N-1 a un impact significatif et positif sur la variable dépendante en N.

Cela signifie que les entreprises généreuses sont celles réalisant de meilleure rentabilité ou performance. En effet, la performance sociale interne, mesurée par la part des salaires de la valeur ajoutée (CHP/VA), encaissée par les salariés augmente avec l'augmentation de la rentabilité (ou performance financière) de l'entreprise, mesurée par la variable (ROA). Toutefois il faut reconnaître, comme le montre le tableau en haut, la légère supériorité de cette performance sociale interne des entités familiales, par rapport aux entreprises non familiales. Si on admet que l'amélioration de la rentabilité, ne puisse se faire sans compétitivité salariale, on doit admettre aussi que la performance financière poursuivie par les propriétaires, ne peut avoir lieu qu'en présence d'une performance sociale interne cherchée par les salariés. Bien que la variable CHP/VA peut présenter certaines limites à propos de la mesure de la performance sociales interne, elle fournit, cependant, dans une approche de parties prenantes, des éléments de réponse à une question de la manière dans laquelle est partagée la valeur ajoutée entre ces deux parties prenantes, d'une part. D'autre part, elle nous renseigne, dans notre modèle, sur le lien de l'évolution entre la rentabilité et la rémunération compte tenue de la richesse créée. Cela s'explique par l'implication des salariés dans cette catégorie d'entités. A l'image de l'actionnariat salarié, la bonne rémunération permet d'associer les salariés aux résultats de l'entreprise, ainsi que de réduire les problèmes liés à l'absentéisme à 36% inférieur (Benhamou & Diaye 2011) à condition que cela soit communiqué aux salariés, via les séminaires d'entreprises.

Les études de Perraudin et al. (2008) affirment, que les entreprises Françaises cotées, marquées par la présence d'actionnaires majoritaires, enregistrent une meilleure performance sociale interne, appréciée via la variable formation

professionnelle dédiée aux salariés. De même, les études réalisées par Allouche et Amann (1995, 1997) nous informent que les entreprises familiales enregistrent une performance économique supérieure, suite à un investissement dans la formation continue des salariés et à une gestion différenciée des ressources humaines, ce étant dans un contexte d’après les auteurs, caractérisé par l’absence des coûts d’agence liés aux conflits d’intérêts.

L’étude réalisée (Benhamou & Diaye 2011) insiste sur la complémentarité qui existe entre plusieurs formes de participation, financière et non financière, tout en spécifiant que la meilleure combinaison qui améliore la performance sociale des entreprises, reste celle entre des dispositifs de participation financière et non financière. Les auteurs ajoutent que Les entreprises qui, par exemple, combinent participation aux décisions au niveau de l’organisation du travail et au niveau des résultats de l’entreprise ont plus de chance d’être « socialement performante ».

La supériorité de performance des entités familiales par rapport aux entités non familiales, se rattache à certains facteurs, renforçant l’efficacité de travail, via l’atteinte d’une meilleure productivité. Cette dernière est le résultat d’une motivation bien ressentie par les salariés, cette motivation se concrétise par la stabilité professionnelle (limitant le turnover) que perçoivent ces derniers. Toutefois, pour notre cas, compte tenu des résultats de notre deuxième modèle, nous ne pouvons ni confirmer ni infirmer la deuxième hypothèse, formulée, ainsi: « la performance sociale interne est liée positivement à l’actionnariat familial ».

Cela ne veut pas dire que nous sommes muets sur ce lien. Cependant dans l’absence d’une certitude statistique, nous pouvons déduire ce qui suit: en effet, en sachant que les entreprises objet de notre étude sont largement concentrées, et que l’actionnaire principal agit négativement sur la rémunération, nous pouvons conclure qu’un bon nombre d’actionnaires familiaux, agissent à leur tour, de manière négative sur cette performance sociale interne mesurée par la rémunération.

Dans ce sujet, les statistiques en haut montrent, que la part de la valeur ajoutée revenant aux ressources humaines est largement inférieure à celle revenant au capital financier. La concentration et l’historique constituent les principaux mécanismes de maintien, plutôt de baisse de cette part salariale dans la VA. Encore, parler de l’actionnaire principal et de l’historique de rémunération revient à parler de l’actionnariat familial, parce que l’actionnaire principal est familial et c’est lui qui était depuis la création de ladite entreprises, sinon ce sont ses Prédécesseurs de famille. Cette répartition est héritée au même titre que l’entreprise. Cet héritage inégalitaire et maintenu peut s’expliquer, ainsi, dès la sortie des puissances colonisatrices, l’économie marocaine s’est établie en deux classes, la première regroupe des entreprises structurées, qui sont aujourd’hui, dans une large mesure ces entreprises familiales. La seconde classe regroupe l’économie informelle qui continue à ralentir ou plutôt freiner notre développement. Cette répartition inégalitaire des opportunités, a généré un pouvoir de commandement d’une répartition primaire déséquilibrée du partage de la richesse créée, en faveur du capital et au détriment du travail. Tel que montre la figure suivante:

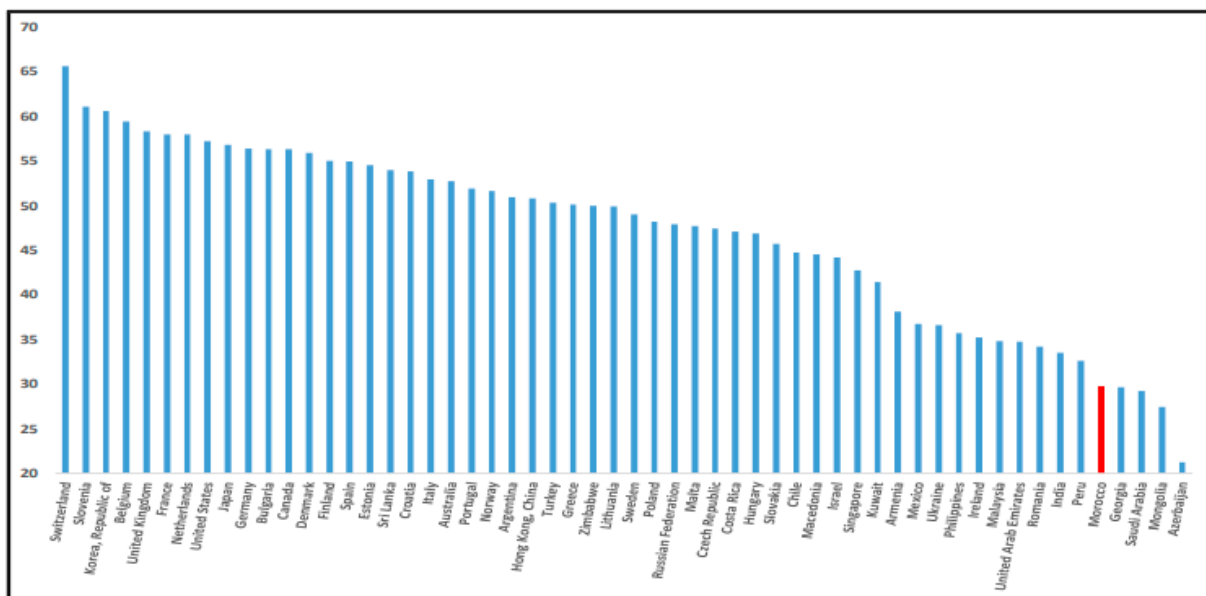


Fig. 1. Part des salaires dans la valeur ajoutée par pays en 2017 (en %)

Source: Base de données de l’Organisation Internationale du Travail (OIT)

Ce qui apparait clairement alarmant, et caractérisant le Maroc, et qui est parfaitement estimable, c'est que le déséquilibre de la répartition primaire est en défaveur du travail. Ainsi, si le Maroc est un pays émergent dont la part des salaires dans la VA est environ 30%, un simple benchmarking fait que la part de la VA allant aux salariés, dans les pays qui ont récemment sauté le seuil d'émergence comme la Corée de Sud, le Portugal, l'Argentine, la Turquie et la Tunisie, représentent respectivement 60%, 52%, 51%, 48%, 48% de la valeur ajoutée. Dans le même niveau d'émergence actuel du Maroc, Ces parts étaient encore plus élevées dans ces pays. En effet, La rémunération des salariés en Corée de Sud tournait autour de 80% de la valeur ajoutée dans les années 70 du siècle dernier, elle était à 70% au Portugal dans la même période et à 60% en Turquie (Tamsamani, et al. 2019).

Bien que cette proportion, soit très faible compte tenu de son niveau dans d'autres pays, elle est asymétrique entre la population salariale Marocaine, d'une part. Et entre les secteurs économiques d'autre part. Ainsi, la proportion des salaires dans la valeur ajoutée s'élève à 21 % en moyenne dans tout l'appareil productif (HCP, 2017). La tendance de cette part est de nature à augmenter légèrement dans les branches industrielles et commerciales, elle atteint respectivement 31% et 27 %. Dans les branches du BTP ainsi que celles de l'énergie, cette part excède la moyenne de l'ensemble du système productif. Toutefois, Dans le secteur primaire et celui des services, cette part enregistre de faibles proportions; elle oscille selon le centre marocain de conjoncture (2018) entre 7 et 15 %. Au-delà de cette dissimilitude sectorielle, la supériorité de la part des profits est une caractéristique commune à tous les secteurs d'activité.

6 CONCLUSION

L'équité dans la répartition des gains de productivité, de la richesse créée par la firme, peut être garantie par la bonne gouvernance de l'entreprise. Le modèle de gouvernance analysé dans notre étude, est un modèle de monopsonne qui favorise les actionnaires, modèle du "shareholders" est loin d'être équitable, car les salariés et même les consommateurs se trouvent lésés. Par contre comme le stipule Verne, J. F. (2006), le modèle de négociation le plus équitable, reste le modèle de "stakeholders value", qui est le plus efficace, il s'agit d'un contrat optimal qui ne désavantage aucun partenaire de l'entreprise, à cause d'un partage équitable des gains de productivité ou du produit de la vente. Cela ne doit pas se traduire par notre volonté de privilégier le modèle de monopole syndical. Car ce dernier est à son tour non exempté de d'entraves à la réalisation d'équité, dans la mesure où certains dysfonctionnements syndicaux peuvent porter atteinte à la bonne marche de l'activité dans son ensemble.

REFERENCES

- [1] Aglietta M., Rebérioux A. (2005), *Corporate governance adrift: A critique of shareholder Value*, Cheltenham: *Edward Elgar*.
- [2] Allouche J., Amann B. (1995), « Le retour triomphant du capitalisme familial», *Larego*, université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Cahier de recherche.
- [3] Allouche J., Amann B. (1997), « Le retour triomphant du capitalisme familial», *L'Expansion Management Review*, 85, 92-99.
- [4] Arellano. M. & Bond. S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *The Review of Economic Studies*, 58 (2) (1991), pp. 277-297.
- [5] Armour J., Deakin S., Konzelmann S. (2003), «Shareholder primacy and the trajectory of corporate governance», *British Journal of Industrial Relations*, 41 (3), 531-555.
- [6] Benhamou, S., & Diaye, M. A. (2011). Participation des salariés et performance sociale: quels liens? Quels enjeux?. *Document de travail*, (2).
- [7] Berle A.A. et Means G.C., 1932 *The Modern Corporation and Private Property*, *MacMillan: New York*.
- [8] Cascio W. F., Young C. E., et Morris J. R. (1997), «Financial consequences of employment-change decisions in major U.S. corporations», *Academy of Management Journal*, 40 (5), 1175-1189.
- [9] D'Arcimoles C. H., et Fakhfakh F. (1997), « Licenciements, structure de l'emploi et performance de l'entreprise: une analyse longitudinale 1987-1993 », in GRH face à la crise, GRH en crise, M. Tremblay et B. Sire (dir.), *Montréal: Presses HEC*, 21-36.
- [10] Degorre A., et Reynaud B. (2003), « Les performances des entreprises s'améliorent-elles avec une réduction de l'emploi des salariés non qualifiés et qualifiés ? Une évaluation sur données françaises (1994-2000)», *Document d'étude du CEPREMAP*.
- [11] Gutiérrez G. et GhiliPPon T. (2018), « Ownership, concentration, and investment», *AEA Papers and Proceedings*, n° 108, p. 432-437.
- [12] Haussmann, U. G. (1978). Asymptotic stability of the linear Itô equation in infinite dimensions. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 65 (1), 219-235.

- [13] Hirigoyen G., 1984 « Peut -on parler d'une politique de dividendes dans les moyennes entreprises familiales non cotées ? », *Analyse financière*, n°436, p. 207 -210.
- [14] Labadi, M., & Nekhili, M. (2012). Structure de propriété et partage de la valeur ajoutée: application aux entreprises françaises non financières du SBF120. *Revue de la régulation. Capitalisme, institutions, pouvoirs*, (12).
- [15] Azoni CK W. (2014), « Profits without prosperity », *Harvard Business Review*.
- [16] Najjar J. et Nekhili M. (2009), « Caractéristiques comptables et financières des entreprises qui réduisent leur effectif salarié », *Revue d'économie industrielle.*, 126, 77-98.
- [17] oxFAM (2018), CAC 40, *des profits sans partage*, 14 mai.
- [18] Perraudin C., Petit H., Rebérioux A. (2008), «The stock market and human resource management: Evidence from a survey of French establishments », *Recherches économiques de Louvain*, 74 (4), 541-581.
- [19] Piton, S., & Vatan, A. (2018). V/Le partage de la valeur ajoutée: un problème capital. *CEPII, L'Économie mondiale*.
- [20] Sentis P. (1998), « Performances à long terme et caractéristiques financières des entreprises qui réduisent leurs effectifs », *Revue Finance Contrôle Stratégie*, 1 (4), 115-150.
- [21] Thomsen S. (2006), «The hidden meaning of Codes: corporate governance and investor rent seeking », *European Business Organization Law Review*, 7 (4), 845-861.
- [22] Timbeau X. (2002), « Le partage de la valeur ajoutée en France », *Revue de l'OFCE*, 80, 63-85.
- [23] Verne, J. F. (2006). Le partage équitable de la valeur ajoutée: un facteur de bonne gouvernance pour l'entreprise. *La Revue des Sciences de Gestion*, (3), 143-150.

Évaluation de la contamination en Élément Trace Métallique (Cuivre) dans l'eau et le *Clarias gariepinus* pêché dans le Pool Malebo: Cas des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa

[Evaluation of Trace Metal (Copper) Contamination in Water and *Clarias gariepinus* Fished in Pool Malebo: Case of Kinkole and Kingabwa Fishing Sites]

Mabaya Ndemba Ghyslain¹ and Kalala Bolokango Gaétan²

¹Département de Gestion des Ressources Naturelles, Option de Faune et Flore, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

²Professeur, Département de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this study is to contribute to food security by evaluating the level of contamination in Trace Metallic Element (Copper) in water and in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), a fish widely consumed in the city province of Kinshasa. It took place in the fishing sites of Kinkole and Kingabwa. The analyzes of the Metallic Trace Element (Copper) were carried out using the UV-visible spectrophotometer brand «Spectrophotometer 721». The ETM levels in the waters were respectively 17.3 mg/l and 14.7 mg/l for the Kinkole and Kingabwa fishing sites. The levels of ETM in fish were respectively 18.16 mg/kg and 19.31 mg/kg for the Kinkole and Kingabwa fishing sites. Copper bioconcentration was found in *Clarias gariepinus* from both fishing sites. The various results obtained show that the regular consumption of *Clarias gariepinus* from these two sites could have harmful effects on human health and that the bioconcentration of copper could represent a long-term risk for the fish fauna of *Clarias gariepinus*.

KEYWORDS: Health, Bio accumulation, Copper, Pool Malebo, *Clarias*.

RESUME: La présente étude a pour objectif de contribuer à la sécurité alimentaire par l'évaluation du niveau de contamination en Élément Trace Métallique (Cuivre) dans l'eau et dans le *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), poisson très consommé dans la ville province de Kinshasa. Elle a eu lieu dans les sites de pêche de Kinkole et Kingabwa. Les analyses de l'Élément Trace Métallique (Cuivre) ont été effectuées à l'aide du spectrophotomètre UV-visible de marque « Spectrophotometer 721 ». Les teneurs en ETM dans les eaux ont été respectivement de 17,3 mg/l et 14,7 mg/l pour les sites de pêche de Kinkole et Kingabwa. Les teneurs en ETM dans les poissons ont été respectivement de 18,16 mg/kg et 19,31 mg/kg pour les sites de pêche de Kinkole et Kingabwa. Il a été constaté une bioconcentration du cuivre dans le *Clarias gariepinus* des deux sites de pêche. Les différents résultats obtenus montrent que la consommation régulière du *Clarias gariepinus* de ces deux sites pourrait engendrer des effets néfastes pour la santé humaine et que la bioconcentration du cuivre pourrait représenter à long terme un risque pour la faune ichtyologique du *Clarias gariepinus*.

MOTS-CLEFS: Santé, Bio accumulation, Cuivre, Pool Malebo, *Clarias*.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLEMATIQUE

La pollution des milieux aquatiques est un problème majeur tant pour la population humaine, utilisatrice des ressources en eau, que pour les populations végétales et animales pour lesquelles l'eau représente le milieu de vie (GALLOWAY et DEPLEDGE, 2001).

En dehors de la forêt, du sol et de l'air, la vie sur terre dépend de l'eau. Paradoxalement, depuis un demi-siècle, partout de par le monde, la qualité de l'eau est altérée, parfois gravement (SOUTTER et al., 2007; MAUDE, 2009). La contamination métallique des écosystèmes aquatiques a attiré l'attention de chercheurs d'horizons très différents. Elle constitue en effet l'un des aspects de la pollution la plus menaçante pour ces milieux. Par ses effets néfastes, elle pourrait engendrer des situations critiques voire dangereuses affectant souvent l'équilibre écologique de ces écosystèmes (NSIMANDA et al., 2015).

Les métaux lourds sont des composantes essentielles de l'écosystème et existent dans l'environnement avec un large éventail d'états d'oxydation et d'espèces chimiques. La teneur en métaux lourds dans la biosphère a augmenté en raison de l'activité économique de l'homme (Baker et al., 1990 cités par ESMAEILI, 2018).

Le transfert des éléments traces métalliques (ETM) de l'environnement vers la chaîne alimentaire est une source importante d'inquiétude au niveau global (FALASI, 2018). Une des particularités des éléments traces métalliques est d'entraîner des effets majeurs sur la santé humaine (caractère toxique des substances) et/ou sur les écosystèmes (caractère écotoxique des substances) en cas d'exposition (GOUZY et DUCOS, 2014). L'altération d'une ou plusieurs fonctions biologiques est susceptible de modifier l'homéostasie et la capacité d'adaptation des organismes avec pour conséquence la remise en cause de leur croissance, de leur reproduction, voire de leur survie (GAGNAIRE, 2019).

L'accumulation de métaux toxiques dans la chaîne alimentaire humaine est reconnue mondialement comme un risque de santé publique.

Le *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) est un poisson très consommé dans la ville de Kinshasa et est pêché dans le fleuve Congo au niveau des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa. Une intoxication au cuivre du *C. gariepinus* représenterait un risque majeur pour la santé humaine et pour l'écosystème aquatique du Pool Malebo. La question suivante mérite d'être posée: La contamination du fleuve Congo par les métaux lourds peut aussi occasionner la contamination des espèces aquatiques y compris le *Clarias gariepinus* ?

1.2 HYPOTHESE

Le *Clarias gariepinus* pêché dans le fleuve Congo au niveau des différents sites pourrait être contaminé au Cuivre suite à la bioaccumulation de cet élément dans le poisson.

1.3 OBJECTIFS

Le présent travail vise à contribuer dans la sécurité alimentaire par l'apport d'un aliment sain à la population et le maintien de l'équilibre environnemental. Spécifiquement, il s'agit de:

- Évaluer le niveau de contamination en ETM (Cuivre) dans les eaux du fleuve Congo au niveau de Kinkole et Kingabwa;
- Évaluer la contamination en Cuivre dans le *Clarias gariepinus* pêché dans le fleuve Congo au niveau des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa;
- Évaluer la bioaccumulation du Cuivre dans le *Clarias gariepinus* au niveau du site de pêche de Kinkole et Kingabwa.

1.4 INTERET DU SUJET

La contamination en Cuivre des cours d'eau représente un danger pour les écosystèmes aquatiques. La présente étude permet d'évaluer le niveau de contamination des écosystèmes aquatiques du Pool Malebo afin de les préserver et prévenir une intoxication de la faune ichtyologique ainsi que la santé des consommateurs.

1.5 SUBDIVISION DU TRAVAIL

Hormis la présente introduction et la conclusion, le présent travail est subdivisé en trois chapitres:

- Le premier chapitre est consacré à la revue de la littérature;
- Le deuxième chapitre décrit le milieu et la méthodologie du travail;
- Le troisième chapitre présente et discute les résultats.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1 GENERALITE SUR LES ÉLÉMENTS TRACES METALLIQUES (ETM)

2.1.1 DEFINITION

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métaux lourds. Cependant, la classification en métaux lourds est souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement « lourds » (par exemple le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (c'est le cas de l'arsenic qui est un métalloïde). Ce terme générique désigne donc indistinctement des métaux et métalloïdes réputés toxiques. Pour ces différentes raisons, l'appellation « éléments traces métalliques » -ETM- ou par extension « éléments traces » est préférable à celle de métaux lourds (INERIS, 2006).

Selon BAIZE (2007), les éléments traces sont les 80 éléments chimiques, constituants de la croûte terrestre, dont la concentration est pour chacun d'entre eux inférieure à 0,1 %. Certains éléments traces sont des métaux (Cd, Cr, Zn, Pb, Cu) d'autres sont des non-métaux (As, Se, B). Certains éléments traces sont indispensables aux processus biologiques donc à la production agricole végétale et animale: ce sont les oligo-éléments (Zn, Cu, Cr, Mo, B). D'autres ne jouent aucun rôle utile: Cd, Pb, Hg, Sn. Ils sont tous potentiellement polluants. Cela dépendra de leur concentration dans le milieu considéré (sols, air, eau, sédiments) mais surtout de leur forme chimique (spéciation).

Picot (2011) dit que contrairement aux oligoéléments dont le cuivre, les métaux traces toxiques n'ont aucune utilité dans l'organisme et normalement ne devraient pas s'y trouver. Ils ont uniquement un rôle toxique et leur taux dans l'organisme reflète seulement leur niveau de contamination. Parmi ces métaux lourds traces toxiques on trouve des éléments comme le mercure, le plomb, le cadmium ou l'argent, des métaux toxiques qui, par ailleurs, peuvent perturber la destinée du cuivre dans l'organisme car ils sont capables d'interférer avec une protéine de transport des métaux: la métallothionéine. Ceci signifie que ces intoxications simultanées par des métaux traces toxiques peuvent aggraver l'intoxication attribuée au cuivre (PICOT, 2011).

2.1.2 LES ETM DANS L'ENVIRONNEMENT ET LEURS EFFETS

Les sources de métaux lourds dans l'environnement sont d'origine géogénique, atmosphérique, industriel, agricole, domestique et pharmaceutique (He et al., 2005 cités par ESMAEILI, 2018).

Après la libération des ETM dans l'environnement suite à leur emploi direct ou comme sous-produits, ces éléments peuvent se retrouver dans l'air, dans les eaux, dans les sols et les sédiments, dans les organismes végétaux et animaux. Chacune de ces « boîtes » de l'environnement peut à son tour entraîner la contamination d'une autre boîte (GOUZY et Ducos, 2014).

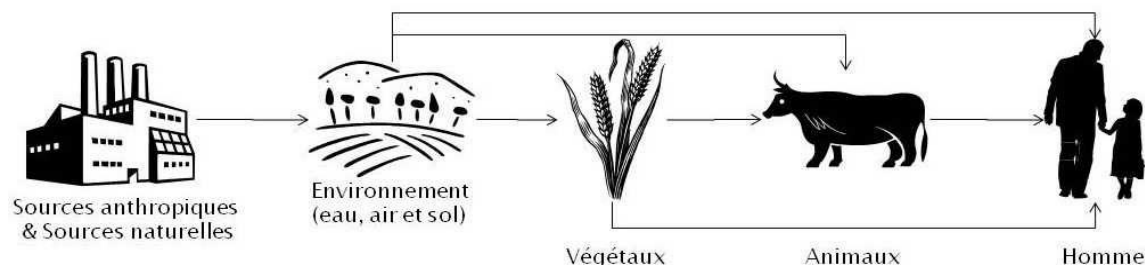


Fig. 1. Cycle simplifié des éléments traces métalliques depuis les émissions jusqu'à l'exposition humaine (Source: GOUZY et DUCOS, 2014)

Les installations industrielles ont conduit à des concentrations très élevées de métaux lourds dans l'environnement, d'ordre de 100-1000 fois supérieures à ceux de la croûte terrestre, et les organismes vivants peuvent être exposés à des niveaux encore plus élevés (Macfarlane et Burchett, 2001; Bradl, H., 2002; He et al., 2005; Leung et Jiao., 2006 cités par ESMAEILI, 2018). Il existe aussi des sources de pollution diffuses provenant de zones agricoles par exemple (Adriano et al., 2005; Gadd, 2009 cités par ESMAEILI, 2018).

Une des particularités de ces éléments est d'entraîner des effets majeurs sur la santé humaine (caractère toxique des substances) et/ou sur les écosystèmes (caractère écotoxique des substances) en cas d'exposition (GOUZY et Ducos, 2014).

Tableau 1. Effets majeurs toxiques et écotoxiques des éléments traces métalliques (Sparks, 1998)

| ELEMENTS TRACES METALLIQUES | EFFET (S) |
|-----------------------------|---|
| As | Toxique, possible cancérigène |
| Cd | Hypertension, dommages sur le foie |
| Cr | Cancérigène sous forme de Cr (VI) |
| Cu | Peu toxique envers les animaux, écotoxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés |
| Hg | Toxicité chronique et aiguë |
| Ni | Allergies de peau, maladies respiratoires, possible cancérigène |
| Pb | Toxique |
| Se | Essentiel à faibles doses, Toxique à doses élevées |
| Zn | Écotoxique pour les végétaux à de fortes teneurs |

2.2 LE CUIVRE

2.2.1 PRESENTATION

Élément chimique de numéro atomique $Z=29$, le cuivre est un métal de transition, les hommes l'ont utilisé depuis l'antiquité. C'est un oligo-élément, il est indispensable à la vie en faible quantité, et toxique en quantité plus importante. Il est présent dans la nature sous forme de minerais.

La dénomination du cuivre vient étymologiquement du latin *cyprum* signifiant île de Chypre, réputée pour ses mines de cuivre.

Les minerais de cuivre sont principalement constitués de sulfures, de sulfosels, d'oxydes, de carbonates, de silicates et de sulfates de cuivre. Les minerais ne sont pas employés en tant que tels dans des applications courantes. Ils servent à élaborer le cuivre métal, les alliages et les composés du cuivre. Dans les alliages de cuivre les plus fréquemment employés, la proportion de cuivre est majoritaire. Ils se caractérisent en général par une bonne conductivité thermique, électrique et une résistance à la corrosion. De nombreux alliages de cuivre existent, leur nombre est estimé à 400 (Laitons, bronzes, cupro-aluminums, cupronickels etc.). Les principaux composés du cuivre sont: l'acétate de cuivre, le chlorure cuivrique, le chlorure cuivreux, l'oxyde cuivrique, l'oxyde cuivreux, le sulfate de cuivre (ENVIRONNEMENT INDUSTRIE, 2013).

2.2.2 PROPRIETE PHYSICO-CHEMIQUE (INRS, 2013)

Le cuivre est un métal de couleur rose saumon, extrêmement ductile et malléable aussi bien à froid qu'à chaud. Il possède des conductivités électrique et thermique particulièrement élevées.

Le cuivre métal est peu réactif. Au contact de l'atmosphère (en présence d'oxygène et de dioxyde de carbone), il s'oxyde pour former une couche protectrice constituée de carbonate de cuivre basique connu sous le nom de « vert de gris ».

La valeur du potentiel standard du cuivre ($E^\circ \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} = 0,34 \text{ V}$) étant supérieure à celle de l'hydrogène ($E^\circ \text{H}^+/\text{H}_2 = 0 \text{ V}$), le cuivre métal ne réagit pas avec les solutions acides non oxydantes comme l'acide chlorhydrique (réaction très lente avec l'acide sulfurique concentré). Par contre, des solutions acides ayant des propriétés oxydantes marquées (comme l'acide nitrique ou des solutions diluées d'acide sulfurique aérées et oxygénées) peuvent attaquer le cuivre pour conduire au dinitrate de cuivre

dans le cas d'une attaque à l'acide nitrique. Les solutions d'ammoniacque, de sels ammoniacaux ou de cyanures formant des complexes très stables avec le cuivre produisent une corrosion rapide du métal.

En solution, le cuivre présente les deux principaux degrés d'oxydation suivants: Cu (+I) et Cu (+II).

Fondu, il donne des alliages avec de nombreux métaux (étain, zinc, nickel, aluminium...).

Sous forme de poudre métallique, le cuivre forme des composés explosifs en présence des constituants suivants: acétylène, nitrure de sodium, bromates, chlorates, iodates de baryum, calcium, magnésium, potassium, sodium ou zinc. La poudre de cuivre peut également réagir violemment en présence de bases fortes et d'oxydants puissants tels que le nitrate d'ammonium, les vapeurs de brome, le chlore, le peroxyde d'hydrogène.

En chimie organique, le cuivre catalyse certaines réactions (déshydrogénation, condensation, oxydation, hydrogénation.) (INRS, 2013).

2.2.3 UTILISATION DU CUIVRE

Le cuivre est un matériau de base de l'industrie électrique (en concurrence avec l'aluminium) et de la construction (conduites d'eau). Ses qualités mécaniques rendent possibles de nombreux procédés d'usinage (emboutissage, forgeage, laminage, matricage, tréfilage). Le cuivre étant le métal usuel conduisant le mieux la chaleur, cette propriété est mise à profit pour chauffer ou refroidir rapidement un liquide ou un gaz: chauffe-eau ou chaudières murales, radiateurs de véhicules, condenseurs et réchauffeurs des centrales électriques, thermiques, nucléaires (VINOT, 2004).

Dans les élevages de bovins, porcins et volailles, le cuivre est utilisé en tant que complément alimentaire. Le cuivre favorise la croissance et la prévention de certaines maladies. Depuis plus d'une centaine d'années, le cuivre est utilisé principalement en tant que fongicide en viticulture majoritairement (83 %) mais aussi pour la culture fruitière (14 %), pour la culture légumière (2 %) et la culture de la pomme de terre (1 %). Il est utilisé pour le traitement des parties aériennes des cultures. Le sulfate de cuivre est utilisé dans les produits phytosanitaires pour traiter les vignobles contre plusieurs espèces de champignons (majoritairement le mildiou, mais aussi l'oïdium). Le sulfate de cuivre est le composant actif de la bouillie bourguignonne (CuSO_4 avec du CO_3Na_2) et de la bouillie bordelaise (CuSO_4 avec $\text{Ca}(\text{OH})_2$) (ENVIRONNEMENT INDUSTRIE, 2013).

Le cuivre et ses composés ont de nombreuses applications industrielles (INRS, 2013):

- Fabrication de nombreux alliages à base de cuivre: bronze (avec l'étain), laiton (avec le zinc), cupro-alliages tels que constantan, monel (avec le nickel), maillechort (avec le nickel et le zinc), alliage de Devarda (avec l'aluminium et le zinc), alliages de joaillerie (avec l'or et l'argent);
- Utilisation dans la fabrication de matériels électriques (câbles, fils, enroulements de moteurs, dynamos, transformateurs), de matériels pour l'électronique (circuits imprimés, résistances électriques et autres composants électroniques), de matériels de plomberie (canalisations, tuyauteries), de matériels pour l'automobile (sièges à sou papes), de matériels pour le bâtiment (couvertures), de matériels pour les équipements industriels (hélices, organes de pompes, tubes de condenseurs), fabrication de pièces de monnaie;
- Fabrication de catalyseurs en synthèse organique;
- Fabrication de bains colorants pour métaux, de pigments pour le verre, les céramiques, les émaux, les peintures, encres et vernis;
- Industrie pétrolière: agents désodorisants, désulfurants, agents de flottation;
- Industrie textile: teinture des textiles, mordant, tannage du cuir;
- Hydrométallurgie: raffinage des métaux;
- Galvanoplastie, traitements de surfaces, électrodes de galvanisation, bains électrolytiques;
- Soudage: fabrication de pâtes pour brasures;
- Agents de polissage pour les verres optiques;
- Fabrication de produits biocides: produits antisalissure, produits de protection du bois, désinfectants non en contact avec les denrées alimentaires;
- Fabrication de produits phytopharmaceutiques: herbicides, fongicides (anti-mildiou), bouillie bordelaise, sulfate de cuivre tribasique;
- Photographie: fixateur;
- Pyrotechnie: production de couleurs dans les compositions pyrotechniques.

2.2.4 ORIGINE ET PRESENCE DU CUIVRE DANS L'ENVIRONNEMENT

Le cuivre est présent naturellement dans la croûte terrestre et dans les océans, les lacs, les rivières sous différentes formes et concentrations. C'est un des rares métaux existant à l'état natif (ENVIRONNEMENT INDUSTRIE, 2013).

Le Cuivre est surtout présent dans la croûte terrestre sous forme de sulfure de cuivre (la chalcocite, Cu_2S), de sulfure de cuivre-fer (la chalcopyrite, CuFeS_2), de bonite (Cu_5FeS_4), et aussi comme des minéraux oxydés tels que les carbonates, sulfates et le cuivre des hydroxyle-silicates. Le cuivre se retrouve dans l'eau de surface, l'eau souterraine, l'eau potable et l'eau de mer, mais il est initialement présent sous forme de complexes ou de matière particulaire (ESMAEILI, 2018).

La majorité du cuivre rejeté dans l'eau est sous forme particulaire et tend à se déposer, à précipiter ou à s'adsorber à la matière organique, au fer hydraté, aux oxydes de manganèse ou aux argiles. L'ion Cu^+ est instable dans l'eau sauf en présence d'un ligand stabilisateur comme les sulfures, les cyanures ou les fluorures. L'ion Cu^{2+} forme de nombreux complexes stables avec des ligands minéraux, tels les chlorures ou l'ammonium, ou avec des ligands organiques. Le cuivre migre en profondeur dans des conditions particulières de drainage ou en milieu très acide et risque donc de contaminer l'eau souterraine. Les matières en suspension des cours d'eau sont fortement chargées en cuivre. Les sources anthropiques de cuivre dans l'environnement sont liées à la production, à l'utilisation ou à l'élimination du cuivre métal (plus ou moins pur, affiné ou raffiné) et/ou des composés du cuivre et/ou des alliages du cuivre (ENVIRONNEMENT INDUSTRIE, 2013).

2.2.5 TOXICITE ET ÉCOTOXICITE

2.2.5.1 TOXICITE CHEZ L'HOMME

Le Corps humain contient naturellement du Cuivre, de l'ordre de 100 à 150 mg selon les individus. Pour son bon fonctionnement, le corps humain a besoin d'un apport journalier de Cuivre, oligoélément essentiel nécessaire à la vie, de l'ordre de 2 à 3 mg (PICOT, 2011).

Selon l'OMS, « chez l'Homme, l'intervalle des concentrations physiologiques de Cuivre dans le sérum se situe en moyenne entre 800 à 1200 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$. ». Ces valeurs sont plus élevées de 10 % chez la femme, soit 1320 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$. Des valeurs supérieures révèlent une charge excessive en Cuivre de l'Organisme humain (PICOT, 2011).

Les effets d'une intoxication à long terme au Cuivre sont bien connus: l'excès de Cuivre dans le sang n'est pas facilement dosable car le Cuivre est immédiatement stocké dans le foie, sous forme de cuproprotéines. Lorsque le Cuivre en excès dans le sang est dosable, cela signifie que les capacités de stockage cuprique dans le foie sont saturées. Le Cuivre perturbe alors le métabolisme du Fer et provoque au niveau du foie, stéatose et cirrhose (PICOT, 2011).

2.2.5.2 BIODISPONIBILITE DU CUIVRE EN MILIEU AQUATIQUE

La fraction disponible d'une substance est généralement décrite comme la proportion qui est disponible pour l'absorption par les organismes vivants. En milieu aquatique la biodisponibilité recouvre deux phénomènes distincts (FORBES et KURE, 1996; HAMELINK et al., 1994 cités par VINOT, 2004):

- La disponibilité environnementale qui est due à des processus purement physico-chimiques de désorption et/ou de mise en solution des métaux dans l'eau interstitielle des sédiments ou dans le milieu liquide ambiant;
- La biodisponibilité environnementale qui correspond aux processus physiologiques d'absorption des métaux.

Dans les eaux naturelles, le cuivre peut être présent sous trois formes: particulaire, colloïdale et soluble (STIFF, 1971 cité par VINOT, 2004).

Une large part de la littérature démontre que la disponibilité des métaux est généralement peu reliée à la concentration en métal total dans l'eau et que c'est l'ion libre Cu^{2+} et non la concentration en cuivre totale qui est toxique pour les organismes végétaux et pour les organismes animaux. Dans un environnement aquatique, la concentration en cuivre et sa biodisponibilité dépend de facteurs tels que la dureté de l'eau, l'alcalinité, la force ionique et le pH, le potentiel redox, les ligands susceptibles de complexer le métal, les matières particulaires en suspension, la concentration en carbone, les interactions entre les sédiments et l'eau (VINOT, 2004).

2.3 CLARIAS GARIEPINUS (BURCHELL, 1822)

2.3.1 PRESENTATION

Étymologie: Clarias: du grec chlaros = vif, en référence à la capacité du poisson à vivre longtemps hors de l'eau; gariepinus: Nommé d'après sa localité type, la rivière Gariep, le nom en langue Hottentot de la rivière Orange, Afrique du Sud (FISHBASE N° 1934, 2021).

Le poisson chat africain appartient à la position systématique ci-après: règne animal, embranchement des vertébrés, classe des poissons, ordre des siluriformes, famille des clariidae, genre: Clarias, espèce: Clarias gariepinus Burchell, 1822 (POLL et GOSSE, 1995).

Le poisson-chat africain est largement distribué en Afrique. Il vit dans les marais tropicaux, les lacs et les cours d'eau dont certains sont sujet à des assèchements saisonniers (VIVEEN et al, 1985).

Tableau 2. Taxonomie Clarias gariepinus Burchell, 1822 (FISHBASE N° 1934, 2021)

| | |
|-------------------|--|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Chorodata |
| Classe | Actinopterygii |
| Ordre | Siluriformes |
| Famille | Clariidae |
| Genre | Clarias |
| Rang | Espèce |
| Nom scientifique | Clarias gariepinus |
| Descripteur | Burchell |
| Année description | 1822 |
| Protonyme | Silurus gariepinus |
| Synonymes | Silurus gariepinus, Clarias capensis |
| Nom communs | Poisson-chat nord-africain (français) Ngolo (Lingala) |

2.3.2 DESCRIPTION BIOLOGIQUE

Le poisson chat a un corps nu, pigmenté de noir sur les parties dorsale et latérale, le ventre est par contre blanc, la tête aplatie est hautement ossifiée, portant quatre paires des barbillons qui jouent le rôle de détecteur des proies (DUCARME et MICHA, 2003).

Le poisson chat possède une peau sans écaille et couverte de mucus, cette peau est pigmentée de noir sur la partie dorsale et latérale du corps. Lorsqu'il est exposé à la lumière, il devient plus clair. Lors de stress, il montre un patron de coloration en forme de mosaïque: des taches foncées et claires (VIVEEN et al, 1985).

La biologie du *Clarias gariepinus* est spéciale puisqu'on note la présence d'un organe respiratoire accessoire qui autorise cette espèce à respirer de l'air atmosphérique dans des conditions très sèches, d'assèchement de son habitat. Ces poissons chats restent alors dans les substrats vaseux des étangs ou trous d'eau et absorbent de l'air par gorgée de temps en temps par la bouche (AQUAPORTAIL, 2021).

Chez les deux sexes des poissons-chats, l'ouverture urogénitale est située sur une papille localisée juste derrière l'anus. Le mâle adulte se distingue de la femelle par une papille allongée se prolongeant vers l'arrière. Chez la femelle, la papille a la forme d'une éminence ovale. Les fingerlings n'ont pas encore de développement de la papille (VIVEEN et al, 1985).

2.3.3 REPRODUCTION NATURELLE

Dans la plupart des pays africains, le cycle de reproduction du poisson-chat débute au commencement de la saison des pluies. Le stimulus final de la fraie semble être associé à la montée des eaux et l'inondation des zones marginales. La fraie se produit en larges bancs de mâles et de femelles adultes, dans des eaux d'une profondeur souvent moindre que 10 cm, en bordure de lacs ou de calmes (VIVEEN et al, 1985).

2.3.4 ENVIRONNEMENT

Le grand poisson chat africain est potamodrome (migrateur), il supporte presque toute condition de maintenance, le pH et la dureté de l'eau n'ayant aucune influence sur son état. Il est possible de le voir plonger aussi bas que 80 m de profondeur. Il est également indifférent à la température, tolérant de vivre à 8 °C ou à 35 °C (AQUAPORTAIL, 2020).

2.3.5 ALIMENTATION

Les Clarias, appelés silures-prédateurs, sont des mangeurs de fond qui, parfois, se nourrissent à la surface mais, dans tous les cas, ils se nourrissent la nuit sur une grande variété de proies, mais les grands adultes sont capables aussi de capturer de jeunes oiseaux, de consommer de la chair en décomposition et des plantes (AQUAPORTAIL, 2021). Le *Clarias gariepinus* est répertorié dans la catégorie « Préoccupation mineure (LC) » pour la liste rouge de l'IUCN (IUCN RED LIST, 2018).

2.3.6 DISTRIBUTION

Cette espèce est presque panafricaine, absente uniquement d'Afrique du Nord sauf en Algérie, où elle est originaire des ruisseaux de l'oasis de Tolga à la marge nord du Sahara, ainsi que des gueltas sur les pentes nord du Tassili n'Ajjer. Il est également connu des massifs du Tibesti et de l'Ennedi au Tchad. Il est dans le Nil mais absent des régions de haute et basse Guinée et de la province du Cap et probablement aussi de la province de Nogal. Il a été introduit dans d'autres régions d'Afrique ainsi qu'en Asie tropicale et subtropicale. Parfois, il s'est échappé d'installations d'aquaculture en eau chaude en Europe, mais il ne s'est pas établi. Au Moyen-Orient, il est originaire des bassins hydrographiques d'Asie et de Jordanie et de certains cours d'eau côtiers d'Israël et de l'oasis d'Azraq. Il a été largement introduit dans le sud de la Turquie à Ceyhan, Seyhan et Göksu et très probablement ailleurs le long de la côte méditerranéenne (IUCN RED LIST, 2018).

2.4 FACTEUR DE BIOCONCENTRATION

L'accumulation traduit un équilibre dynamique entre les processus d'absorption, de stockage, et d'excrétion, sachant que l'état d'équilibre ne représente que le niveau d'accumulation atteint dans un organisme pour des conditions données. Afin d'évaluer l'accumulation d'un polluant dans un organisme à l'état d'équilibre, on utilise généralement les facteurs de bioconcentration BCFs) et de Bioaccumulation (BAFs) (VINOT, 2004).

La bioconcentration dans un organisme implique l'accumulation d'une substance chimique uniquement via l'eau, par la respiration ou par le contact direct avec la peau. Le BCF est alors défini comme le ratio à l'état d'équilibre entre la concentration en contaminant dans l'organisme (C_B) sur la concentration en contaminant dissous dans l'eau (C_{ED}) (SIRE et AMOUROUX, 2016):

$$BCF = \frac{C_B}{C_{ED}}$$

La bioconcentration, c'est à dire l'absorption des polluants depuis le milieu ambiant est distinguée de la bioaccumulation qui correspond à l'absorption des polluants contenus dans la nourriture (Walker et al., 1996 cités par VINOT, 2004).

3 MATERIEL ET METHODE

3.1 MILIEU

Notre milieu d'étude est le Pool Malebo dans le fleuve Congo au niveau des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa.

3.1.1 POOL MALEBO

Le pool malebo (ex Stanley Pool) est un delta intérieur de plus de 35 km sur 25 km maximum, formé par le fleuve Congo entre ses cours inférieur et moyen. Il résulte du fait qu'en aval, le fleuve franchit une trentaine de chutes et rapides qui se succèdent sur un dénivelé d'environ 300 m. Le pool est situé entre 4°5' - 4°18'S et 15°19' - 15°32'E, et est entouré d'un ensemble de plaines inondables par les crues saisonnières, localisées de part et d'autre du fleuve Congo, à Kinshasa (RD Congo) et à Brazzaville (RP Congo). Du côté de Kinshasa, la plaine dont la superficie est de 6000 ha, est située au Nord-Est de

l'agglomération, à cheval sur trois communes (Limete, Masina et N'sele) (République Démocratique du Congo, 2009; NEPAD-FAO, 2006; PARSSA-RD Congo, 2009; Tembeni et al., 2014; Shomba et al., 2015 cités par FALASI, 2018).



Fig. 2. Localisation du Pool malebo (ex. Stanley Pool) (NASA Earth Observatory, Image of the day for March 22, 2004)

3.1.2 SITE DE PECHE DE KINKOLE ET DE KINGABWA

Le site de pêche de Kinkole dans le pool Malebo sur le Fleuve Congo est situé dans la commune NSELE, dans le quartier de Kinkole-Pêcheurs. On y trouve essentiellement des activités agricoles mais aussi urbaine.

Le site de pêche de Kingabwa dans le pool Malebo sur le Fleuve Congo est situé dans la commune de LIMETE, dans le quartier de Kingabwa-Pêcheurs. On y trouve des activités essentiellement industrielles mais aussi urbaine et agricole.

3.2 MATERIELS

- Matériel biologique: *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822);
- Eaux prélevé dans le fleuve Congo au niveau des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa;
- Balance de précision (0,001) de marque OHAUS, étuve, four à moufle, congélateur, broyeur, plaque chauffante, bécher de 100ml, papier aluminium, entonnoirs, fioles jaugées de 50ml;
- Sonde de détermination du pH, Sonde de mesure de la conductivité, Sonde de mesure de l'oxygène dissout;
- Papier-filtre sans cendre de diamètre 125mm;
- HNO₃ 1 mole;
- Spectrophotomètre UV-visible.

3.3 METHODOLOGIE

3.3.1 PRELEVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les échantillons de *Clarias gariepinus* utilisés lors de nos analyses ont été achetés frais au lieu de pêche à Kinkole et Kingabwa puis acheminés au laboratoire d'analyse des aliments de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa pour être conservé à des températures négative allant jusqu'à -21°C. La taille de l'échantillon était de 5 échantillons par site de pêche.

Les échantillons d'eau analysés ont été prélever dans des bouteilles de 1 litre sur les lieux de pêche à Kinkole et Kingabwa puis acheminés au laboratoire d'analyse des aliments de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa pour être conservé à des températures négative allant jusqu'à -21°C.

3.3.2 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

Les paramètres physico-chimiques analysés à partir des échantillons d'eaux prélevées dans les deux milieux naturels sont: la mesure de l'oxygène dissous; la mesure de la conductivité; la détermination du pH. Les données ont été mesurées ex-situ, au laboratoire d'analyse des aliments de la faculté des sciences agronomiques de l'Université de Kinshasa.

3.3.3 DETERMINATION DU TAUX D'HUMIDITE DES ÉCHANTILLONS DE CLARIAS GARIEPINUS

Le taux d'humidité de chaque poisson a été déterminé par la différence entre le poids frais et le poids sec.

3.3.4 ANALYSES ÉCOTOXICOLOGIQUES DES ÉCHANTILLONS D'EAUX ET DE POISSONS

Au laboratoire d'analyse des aliments de la faculté des sciences agronomiques de l'Université de Kinshasa, les échantillons de poisson ont d'abord été décongelés à température ambiante du laboratoire puis pesés avant d'être séchés à l'étuve à 105 °C pendant 48 heures afin d'obtenir les produits secs. Ces produits ont été broyés à l'aide du broyeur.

Les analyses écotoxicologiques pour la détermination du taux en cuivre des différents échantillons ont été effectuées au laboratoire de pédologie de la faculté des sciences agronomiques de l'Université de Kinshasa à l'aide de la méthode de PAUWELS et al., 1992.

3.3.4.1 MINÉRALISATION

Le principe consiste dans la destruction des composés organiques par calcination suivie d'une solubilisation des éléments par attaque avec un acide minéral fort.

1g de chaque échantillon de poissons broyé a été pesé puis incinéré entre 450-500 °C au four jusqu'à l'obtention de la cendre. La cendre obtenue a été refroidie.

Les échantillons d'eau ont été décongelés à la température ambiante du laboratoire.

Les cendres et les échantillons d'eaux ont été chacun attaqué par HNO₃ 1mole. Les solutions obtenues ont été digérées par ébullition douce sur une plaque chauffante pendant 30 minutes tout en veillant à ce que l'évaporation ne dépasse pas 5ml.

Après digestion, les solutions ont été filtrées à l'état tiède dans une fiole jaugée de 50ml. Le filtrat a été refroidi à température ambiante et complété avec de l'eau.

3.3.4.2 DOSAGE

Après minéralisation, le dosage de cuivre s'est réalisé par la méthode spectroscopique à l'aide d'un spectrophotomètre de marque « Spectrophotometer 721 » et le réactif spécifique pour le cuivre à la longueur d'onde 585nm (Méthode HACH, 1990).

3.3.5 FACTEUR DE BIOCONCENTRATION (BFC OU FBC)

A partir des données des analyses des échantillons d'eau de chaque site et celles des poissons, les Facteurs de Bioconcentration ont été calculés par la formule:

$$BCF = \frac{\text{Moy.C}_B}{C_{ED}}$$

Moy.C_B: Moyenne des concentrations en contaminant dans l'organisme;

C_{ED}: concentration en contaminant dissous dans l'eau.

Si le FBC est supérieur à 1, il y a une bioconcentration de l'Élément Trace (NAKWETI et al., 2021).

3.3.6 ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats obtenus ont été traités par l'analyse de variance à l'aide du Logiciel Excel 2010 au seuil de probabilité de 0,05%. Le test de LSD a permis de déceler les différences significatives entre les traitements.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 RESULTATS

4.1.1 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

Les Tableaux 3 et 4 présentent respectivement les propriétés physico-chimiques des eaux des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa.

Tableau 3. Propriétés physico-chimiques des eaux du site de pêche de Kinkole

| Paramètres | Valeurs Moyennes | Écart type |
|--|------------------|------------|
| pH | 6,315 | 0,145 |
| Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 34,95 | 2,15 |
| Oxygène dissout (%) | 46,15 | 0,15 |

Tableau 4. Propriétés physico-chimiques des eaux du site de pêche de Kingabwa

| Paramètres | Valeurs Moyennes | Écart type |
|--|------------------|------------|
| pH | 6,165 | 0,035 |
| Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 64,3 | 3,1 |
| Oxygène dissout (%) | 35,4 | 3 |

Il ressort des tableaux 3 et 4 que:

- L'eau des deux sites de pêche est légèrement acide;
- La conductivité de l'eau des deux sites varie entre 34,95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Kinkole et 64,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Kingabwa. Ceci traduit une faible minéralisation des eaux au niveau des sites étudiés notamment dans le site de pêche de Kinkole;
- L'oxygène dissout des deux sites varie entre 46,15% à Kinkole et 35,4% à Kingabwa. Ces valeurs traduisent un taux d'oxygène faible dans les deux sites.

4.1.2 TAUX D'HUMIDITE DES ÉCHANTILLONS DE CLARIAS GARIEPINUS

Les Tableaux 5 et 6 présentent respectivement les taux d'humidité des échantillons de poisson des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa.

Tableau 5. Taux d'humidité des échantillons de poisson de Kinkole

| Échantillon | Poids frais en gramme | Poids sec en gramme | Taux d'humidité en % |
|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 35,43 | 8,37 | 76,37 |
| 2 | 47,24 | 16,10 | 65,91 |
| 3 | 63,13 | 10,84 | 82,82 |
| 4 | 54,77 | 12,70 | 76,81 |
| 5 | 68,84 | 16,18 | 76,49 |
| Moyenne | 53,882 | 12,838 | 75,68 |

Tableau 6. Taux d'humidité des échantillons de poisson de Kingabwa

| Échantillon | Poids frais en gramme | Poids sec en gramme | Taux d'humidité en % |
|----------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 55,36 | 13,78 | 75,10 |
| 2 | 74,33 | 18,24 | 75,46 |
| 3 | 78,87 | 18,95 | 75,97 |
| 4 | 114,23 | 29,51 | 74,16 |
| 5 | 231,52 | 56,33 | 75,66 |
| Moyenne | 110,862 | 27,362 | 75,27 |

Partant des données des tableaux 5 et 6, nous constatons que le *Clarias gariepinus* du Pool Malebo à un taux d'humidité moyenne d'environ 75%.

4.1.3 TENEUR EN CUIVRE DANS L'EAU ET LE CLARIAS GARIEPINUS

Le tableau 7 présente les résultats des teneurs en cuivre dans les échantillons de poisson des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa.

Le tableau 8 présente les résultats des teneurs en cuivre dans les échantillons d'eau des sites de pêche de Kinkole et Kingabwa.

Tableau 7. Teneurs en Cuivre dans les échantillons de poisson (N=3)

| Échantillons | Teneur en Cuivre (mg/kg) | |
|----------------|--------------------------|--------------------|
| | Site de Kinkole | Site de Kingabwa |
| 1 | 26,1 ^a | 18,7 ^b |
| 2 | 19 ^b | 19,5 ^b |
| 3 | 18,1 ^b | 23,2 ^{ab} |
| 4 | 10,3 ^c | 24,7 ^a |
| 5 | 17,3 ^b | 10,5 ^c |
| Moyenne | 18,16 | 19,31 |
| LSD | 4,05 | 4,74 |

^{a, b, c}: Pour une même colonne, les valeurs suivies de mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 0,05.

Les résultats du tableau 7 nous montrent que des différences significatives ont été détectées entre les échantillons concernant la concentration en cuivre, voire annexe. Cela revient à dire que la concentration du cuivre dans la chair des poissons varie d'un individu à un autre, cela n'est pas identique chez tous les individus si bien qu'ils partagent le même écosystème.

Tableau 8. Teneurs en Cuivre dans les échantillons d'eau (N=3)

| Site de pêche | Teneur en Cuivre (mg/kg) |
|---------------|--------------------------|
| Kinkole | 17,3 |
| Kingabwa | 14,7 |

Les résultats ci haut nous montrent qu'aucune différence significative n'a été observée entre les deux sites à ce qui concerne la teneur en Cuivre dans les échantillons d'eau prélevés (voir annexe).

Partant des données EZEONYEJIAKU et al. (2011) dont le test de toxicité aiguë durant 96 heures du cuivre sur le *Clarias gariepinus* a donné une CL₅₀ de 70,135mg/l (= 70,135mg/kg), nous constatons que les teneurs en cuivre dans les *Clarias gariepinus* et les eaux du fleuve Congo au niveau des différents sites de pêche ne représentent pas un danger à court terme pour la faune ichtyologique du *Clarias gariepinus*.

4.1.4 FACTEUR DE BIOCONCENTRATION

Le tableau 9 présente les résultats des facteurs de bioconcentration chez le *Clarias gariepinus* pêché au site de pêche de Kinkole et Kingabwa.

Tableau 9. Facteurs de bioconcentration en Cuivre chez le *Clarias gariepinus*

| Site de pêche | FBC |
|---------------|------|
| Kinkole | 1,04 |
| Kingabwa | 1,31 |

Au regard du tableau ci-haut, nous constatons qu'il y a bioconcentration de l'élément trace métallique (Cuivre) dans le *Clarias gariepinus* des deux sites de pêche. Cela démontre une bioaccumulation du cuivre dans l'organisme du *Clarias gariepinus* et donc un probable risque sur le long terme.

4.2 DISCUSSION

Contrairement aux résultats obtenus par MUSEME et al. (2020) qui démontrent une faible capacité d'assimilation du cadmium par le *Clarias gariepinus*, nous constatons grâce au facteur de bioconcentration, une forte capacité d'accumulation du cuivre présent dans l'eau par le *Clarias gariepinus*. Cette situation peut s'expliquer par le fait que le cuivre est un oligoélément et se retrouve donc à l'état naturel présent dans l'organisme animal à faible dose.

Des données obtenues par EZEONYEJIAKU et al. (2011), nous constatons que les teneurs en cuivre présent dans le Pool Malebo au niveau des différents sites de pêche ne représentent pas un risque à court terme pour le *Clarias gariepinus* mais représente un risque à long terme pour le *Clarias* et d'autres espèces de poisson plus sensible à la toxicité du milieu selon les données synthétisées de VINOT (2004) repris en annexe.

Des changements de comportement ont été observés par EZEONYEJIAKU et al. (2011) chez le *Clarias gariepinus* lors de l'exposition aux différentes concentrations de sulfate de cuivre. Les nageoires sont devenues dures et étirées suite à une excitabilité élevée. Il y avait perte d'équilibre et épuisement. Après une période d'évitement stressant à travers diverses anomalies comportementales, les poissons sont restés suspendus en position verticale avec la bouche vers le haut, près de la surface de l'eau et la queue pointant vers le bas avant de finir par mourir. Ces données révèlent qu'à long terme, la contamination en cuivre des eaux du Pool Malebo pourrait représenter un sérieux risque pour la faune ichthyologique du *Clarias gariepinus* dans le Pool Malebo par le développement des malformations, anomalies, insuffisances et la mort de ce poisson.

5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

La présente étude a démontré une contamination en cuivre dans les sites de pêche de Kinkole et Kingabwa et une bioaccumulation du cuivre dans les *Clarias gariepinus* de ces deux sites.

Les eaux ont des teneurs en cuivre supérieures à ceux recommandés par l'OMS pour l'eau potable soit 2mg/l et représente donc un risque pour la santé humaine des populations utilisant ces eaux sans traitement préalable.

Les poissons et les eaux ont des teneurs supérieures à ceux recommandés pour un apport journalier dans le corps humain soit 2 à 3mg par jour, il est donc dangereux pour la santé humaine de consommer le *Clarias gariepinus* de ces deux sites. Ainsi notre hypothèse est confirmée.

Le *Clarias gariepinus* étant un poisson potamodrome et résistant à des situations extrêmes, les teneurs en cuivre mesurées ne représentent pas un risque de toxicité aiguë pour la faune ichthyologique suite à la bioaccumulation du cuivre, les teneurs prélevées pourraient représenter un risque de toxicité chronique par le développement des malformations, maladies et/ou insuffisances diverses.

Nous recommandons que des études de toxicité chronique sur la contamination du *Clarias gariepinus* par le cuivre soient effectuées afin de déterminer avec plus de précision les teneurs qui pourraient représenter un risque pour la faune ichthyologique du *Clarias gariepinus*.

Nous recommandons aussi aux gouvernants la mise en place d'une surveillance environnementale afin de s'assurer de l'absence de tout risque ou de la réduction du risque sur la faune ichthyologique du *Clarias gariepinus*.

REMERCIEMENTS

A travers ces quelques lignes, nous avons l'agréable devoir de témoigner notre réelle reconnaissance envers notre Dieu, maître des temps et des circonstances, et lui remercions pour nous avoir permis d'effectuer notre cursus académique avec succès.

Notre profonde reconnaissance s'adresse à Monsieur le professeur Gaétan KALALA qui, en dépit de ses multiples occupations a accepté la direction de ce travail et pour avoir mis à notre disposition tout le matériel nécessaire au bon déroulement de ce mémoire. Ses remarques, ses capacités intellectuelles nous ont été d'une grande importance et ont fait l'œuvre du présent travail.

Nous tenons aussi à remercier Messieurs Michel MUBIALA, Arthur AMISI, Augustin NGOMBO, Alaska EKUYA, Schadrack MOGBOKULA, Robby KASONGA et Madame Irène KIBAL, pour leur accompagnement dans la réalisation de ce travail.

A tous ceux qui d'une manière ou d'une autre, nous ont aidés dans la réalisation de ce travail, trouvez dans ces quelques lignes notre reconnaissance.

LISTE DES ABREVIATIONS

As: Arsenic
B: Bore
BAF: Facteur de bioaccumulation
BCF ou FBC: Facteur de bioconcentration
Ca (OH)₂: Hydroxyde de calcium
C_B: Concentration en contaminant dans l'organisme
Cd: Cadmium
CE₅₀: Concentration d'une substance ayant un effet sur 50% des individus testés en un temps donné
C_{ED}: Concentration en contaminant dissous dans l'eau
CICOS: Commission Internationale du Bassin du Congo-Oubangui-Sangha
CL₅₀: Concentration létale d'une substance pour 50% des individus testés en un temps donné
CO₃Na₂: Carbonate de sodium
Cr: Chrome
Cu: Cuivre
Cu₂S: Sulfure de cuivre
Cu₅FeS₄: Bonite
CuFeS₂: Chalcopyrite
CuSO₄: Sulfate de cuivre
dH: dureté de l'eau
ETM: Élément trace métallique
FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Hg: Mercure
HNO₃: Acide nitrique
INRS: Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et maladies professionnelles
IUCN: Union internationale pour la conservation de la nature
LSD: La plus petite différence significative de Fisher
mg: milligramme
mg/kg: milligramme par kilogramme
Mo: Molybdène
Ni: Nickel
pH: potentiel en hydrogène
RDC: République Démocratique du Congo
Se: Sélénium
Sn: Etain
Zn: Zinc
µg/L⁻¹: Microgramme par litre -1
µS/cm: microSiemens par centimètre

REFERENCES

- [1] AQUAPORTAIL, 2020. *Clarias gariepinus*. <https://www.aquaportail.com/fiche-poisson-2908-clarias-gariepinus.html>.
- [2] BAIZE, 2007. Les Éléments Traces Métalliques (ETM) dans les sols. Tout ce qu'il faut savoir ! Institut National de la Recherche Agronomique - Science du Sol – Orléans.
- [3] CICOS, 2014. Le Fleuve Congo. Du Katanga à Banana: 4700 km de croisière. <https://www.cicos.int/non-classe/le-fleuve-congo-du-katanga-a-banana-4700-km-de-croisiere>.
- [4] DUCARME et MICHA, 2003. Technique de production intensive du poisson chat africain. *Clarias gariepinus*. *Tropicultura*, 4, 189-198.
- [5] ENVIRONNEMENT INDUSTRIE, 2013. Cuivre. Synthèse spécifique au secteur d'activité Agroalimentaire.
- [6] ESMAEILL, 2018. Effet de la toxicité du cuivre et du cadmium sur la physiologie cellulaire de l'algue verte *Oocystis polymorpha*. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en biochimie. Université du Québec à Montréal.
- [7] EZEONYEJAKU, OBIAKOR, and EZENWELU, 2011. Toxicity of Copper Sulphate and Behavioural Locomotor Response of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Catfish (*Clarias gariepinus*) Species. *Online J. Anim. Feed Res.*, 1 (4): 130-134.
- [8] FALASI, 2018. Pollution de la rivière N'djili et contraintes de gestion des sols autour du Pool Malebo (cas du site agricole Masina Rail 1/Kinshasa). Mémoire de DEA, Université de Liège, Belgique.
- [9] FISHBASE N° 1934, 2021. Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. <https://www.fishbase.org>, version (08/2021).
- [10] GAGNAIRE, 2019. Évaluation des effets de polluants sur les poissons au laboratoire et sur le terrain: développement et utilisation de biomarqueurs – intérêt dans l'évaluation du risque environnemental. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Rapport IRSN/2019-00700. Laboratoire d'Écotoxicologie des Radionucléides, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN).
- [11] GALLOWAY et DEPLEDGE, 2001. Immunotoxicity in invertebrates: measurement and ecotoxicological relevance. *Ecotoxicology* 10, 5-23.
- [12] GOUZY et DUCOS, 2014. La connaissance des éléments traces métalliques: un défi pour la gestion de l'environnement.
- [13] INERIS, 2006. RAPPORT D'ETUDE N° INERIS-DRC-06-66246/DESP-R01a. Éléments traces métalliques. Guide méthodologique Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines, 119 p.
- [14] INRS, 2013. Cuivre et composés. Fiche toxicologique n°294.
- [15] IUCN RED LIST, 2018. *Clarias gariepinus*, African Catfish. <https://www.iucnredlist.org/species/pdf/155051767>.
- [16] MAUDE, 2009. Vers un pacte de l'eau. Les Editions Ecosiété C.P.32052, Comptoir Saint-André, Montréal (Québec) H21445, Dépôt légal: 3^e trimestre 2009.
- [17] MUSEME, TANZO, KALALA, 2020. Etude de la Bioaccumulation des Métaux Lourds (Cadmium et Plomb) dans le *Clarias gariepinus* Bruchell dans les Conditions Ecologiques de Kinshasa, R.D.Congo. *Congo Sciences. Journal en ligne de l'ACASTI et du CEDESURK*. ISSN: 2410-4299, an International Journal.
- [18] NAKWETI, LUSASI et TEMBENI, 2021. Evaluation Des Teneurs En Éléments Traces Métalliques (Cadmium Et Plomb) Dans L'eau, Les Sédiments Et Deux Espèces De Poissons *Clarias Gariepinus* (Burchell, 1822) Et *Oreochromis Niloticus* (Linné, 1758) Dans Le Pool Malebo (Fleuve Congo), RD Congo. *European Scientific Journal, ESJ*, 17 (25), 174. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p174>.
- [19] NRIAGU, J.O 1983. Lead and Lead Poisoning in Antiquity. J. Wiley and Sons. New-York.
- [20] NSIMANDA, MUSIBONO, BASOSILA et WANGA, 2015. Etude préliminaire de la contamination au Cadmium et au Plomb de *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mistus* au Pool Malebo (Fleuve Congo- Kinshasa/RD Congo) à Kinsuka.
- [21] OMS, 2004. Copper in drinking-water, Background document for the development fo WHO Guidelines for Drinking-water Quality, Organisation mondiale de la santé, Genève, WHO/SDE/WSH/03.04/88,1-23.
- [22] PICOT, 2011. Le Cuivre: Des bénéfiques aux risques. Association Toxicologie-Chimie.
- [23] POLL et GOSSE, 1995. Genera des poissons d'eau douce d'Afrique. Tome VI, Ed, Académie Royale de Belgique.
- [24] SIRE et AMOUROUX, 2016. Avantages et limites du recours aux BCF - BAF pour produire des VGE mollusques équivalentes aux NQE définies dans l'eau (DCE 2013/39/UE). Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA). Ifremer. Ref: Ifremer, RBE/BE/ARC-16.02.
- [25] SOUTTER, MERMOUD et MUSY, 2007. Ingénierie des eaux et du sol. Presse polytechniques et universitaires romandes, 1^{ère} Edition, 175-176, 264-265p.
- [26] Sparks, 1998. Environmental soil chemistry. Academic Press, 267 p.
- [27] VINOT, 2004. Impact des rejets de cuivre et zinc en milieu aquatique: circulation, spéciation, biodisponibilité, bioaccumulation, transfert et toxicité. *Écotoxicologie*. Université Paul Verlaine - Metz, 2004. Français. NNT: 2004METZ032S. Tel-01750015.
- [28] VIVEEN, RICHTER, VAN OORT, JANSSEN et HUISMAN, 1985. Manuel pratique de pisciculture du poisson-chat africain (*clarias gariepinus*).

ANNEXE: ANALYSES STATISTIQUES ET TOXICITES AIGUE DU CUIVRE POUR LES POISSONS D'EAU DOUCE

ANOVA POISSONS SITE DE KINKOLE

| | KINKOLE | | | | | |
|--------------------------|---------|--------|-------|-------|-------|------------|
| | FC | 4950,0 | | | | |
| | SCT | 442,3 | | | | |
| | SCREP | 11,0 | | | | |
| | SCTRAIT | 374,4 | | | | |
| | SCERR | 57,0 | | | | |
| SV | DL | SC | CM | FC | F0,05 | Conclusion |
| Total | 14 | | | | | |
| Répétition | 2 | 11 | 5,5 | 0,8 | 4,459 | NS |
| Traitement | 4 | 374,4 | 93,6 | 13,1 | 3,838 | * |
| Erreur | 8 | 57 | 7,125 | | | |
| | | | | | | |
| LSD | 4,05294 | | | | | |
| | | | | | | |
| Différence des moyennes | | | | | | |
| | | | | | | |
| | 10,3 | 17,3 | 18,1 | 19 | 26,1 | |
| 10,3 | | 7 | 7,8 | 8,7 | 15,8 | |
| 17,3 | | | 0,8 | 1,7 | 8,8 | |
| 18,1 | | | | 0,9 | 8 | |
| 19 | | | | | 7,1 | |
| 26,1 | | | | | | |
| Comparaison des moyennes | | | | | | |
| E1 | E2 | E3 | E5 | E4 | | |
| 26,1A | 19B | 18,1B | 17,3B | 10,3C | | |

ANOVA POISSONS SITE DE KINGABWA

| | KINGABWA | | | | | |
|-------------------------|----------|--------|--------|------|-------|------------|
| | FC | 5595,8 | | | | |
| | SCT | 462,1 | | | | |
| | SCREP | 17,2 | | | | |
| | SCTRAIT | 366,5 | | | | |
| | SCERR | 78,4 | | | | |
| SV | DL | SC | CM | FC | F0,05 | Conclusion |
| Total | 14 | | | | | |
| Répétition | 2 | 17,2 | 8,6 | 0,9 | 4,459 | NS |
| Traitement | 4 | 366,5 | 91,625 | 9,3 | 3,838 | * |
| Erreur | 8 | 78,4 | 9,8 | | | |
| | | | | | | |
| LSD | 4,743 | | | | | |
| | | | | | | |
| Différence des moyennes | | | | | | |
| | | | | | | |
| | 10,5 | 18,7 | 19,5 | 23,2 | 24,7 | |

| | | | | | | |
|--------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--|
| 10,5 | | 8,2 | 9 | 12,7 | 14,2 | |
| 18,7 | | | 0,8 | 4,5 | 6 | |
| 19,5 | | | | 3,7 | 5,2 | |
| 23,2 | | | | | 1,5 | |
| 24,7 | | | | | | |
| Comparaison des moyennes | | | | | | |
| | E4 | E3 | E2 | E1 | E5 | |
| | 24,7A | 23,2AB | 19,5B | 18,7B | 10,5C | |
| | | | | | | |

ANOVA L'EAU POUR LES DEUX SITES

| | | | | | | | |
|------------|--------|------|-------|-----|-------|------------|--|
| FC | 1538,2 | | | | | | |
| SCT | 44,7 | | | | | | |
| SCREP | 2,1 | | | | | | |
| SCTRAIT | 9,9 | | | | | | |
| SCERR | 32,7 | | | | | | |
| SV | DL | SC | CM | FC | F0,05 | Conclusion | |
| Total | 5 | | | | | | |
| Répétition | 2 | 2,1 | 1,05 | 0,1 | 4,459 | NS | |
| Traitement | 1 | 9,9 | 9,9 | 0,6 | 3,838 | NS | |
| Erreur | 2 | 32,7 | 16,35 | | | | |

Tableau I-12 : Quelques exemples de toxicité aiguë du cuivre pour les poissons d'eau douce (CL50 -96h).

| Organismes | Size/age | T(°c) | Dureté | pH | Composés | Paramètres | Concentration | Références |
|---------------------------------|----------|-------|--------|---------|---------------|------------|----------------------------|----------------------------------|
| <i>Oncorhynchus tshawytscha</i> | 0,66 g | 11-13 | 211 | 7,4-8,3 | Sulfate | CL50 - 96h | 58 | Hamilton & Buhl (1990) |
| | 0,87 g | 11-13 | 211 | 7,4-8,3 | Sulfate | CL50 - 96h | 54 | Hamilton & Buhl (1990) |
| | alevin | 12 | 24 | 7,1 | ND | CL50 - 96h | 26 | Chapman (1978) |
| <i>Oncorhynchus kisutch</i> | | 12 | 24 | 7,1 | ND | CL50 - 96h | 19 | Chapman (1978) |
| | 0,41 g | 12 | 41,3 | 7,1-8,0 | Sulfate | CL50 - 96h | 15 | Buhl & Hamilton (1990) |
| | 6 g | 13,5 | 33 | 7,0-7,5 | ND | CL50 - 96h | 17 (Cu ²⁺) | Buckley (1983) |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> | 6 g | 13,5 | 33 | 7,0-7,5 | ND | CL50 - 96h | 164 (Cu _{total}) | Buckley (1983) |
| | 2,7 kg | 9,4 | 20 | 7,29 | Chloride | CL50 - 96h | 46 | Chapman & Stevens (1978) |
| | 0,60 g | 12 | 41,3 | 7,1-8,0 | Sulfate | CL50 - 96h | 13,8 | Buhl & Hamilton (1990) |
| | 1 g | 12 | 44 | 7,1 | Count-N* | CL50 - 96h | 20,4 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> | 1 g | 12 | 44 | 7,1 | Count-NS* | CL50 - 96h | 121 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 1,6 g | 13 | 44 | 7,1 | Sulfate (98%) | CL50 - 96h | 135 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | alevin | 12 | 24 | 7,1 | ND | CL50 - 96h | 28 | Chapman (1978) |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> * | | | 50-200 | | | 80 | Stein <i>et al.</i> (1984) | |
| <i>Salvelinus fontinalis</i> | juvénile | 12 | ND | ND | Sulfate | CL50 - 96h | 110 | McKim & Benoit (1971) |
| <i>Salmo clarki</i> | 2,1 g | 13 | 194 | 7,8 | Chloride | CL50 - 96h | 83,3 | Chakoumakos <i>et al.</i> (1979) |
| | 9,4 g | 13 | 194 | 7,8 | Chloride | CL50 - 96h | 221 | Chakoumakos <i>et al.</i> (1979) |
| | 25,6 g | 13 | 194 | 7,8 | Chloride | CL50 - 96h | 243 | Chakoumakos <i>et al.</i> (1979) |
| <i>Thymallus arcticus</i> | alevin | 12 | 41,3 | 7,1-8,0 | Sulfate | CL50 - 96h | 23,9-131 | Buhl & Hamilton (1990) |
| | frai | 12 | 41,3 | 7,1-8,0 | Sulfate | CL50 - 96h | 9,6 | Buhl & Hamilton (1990) |
| | 0,34 g | 12 | 41,3 | 7,1-8,0 | Sulfate | CL50 - 96h | 2,58 | Buhl & Hamilton (1990) |
| <i>Pimephales promelas</i> | 1 g | 17 | 44 | 7,1 | Count-N* | CL50 - 96h | 35,9 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 1,1 g | 17 | 44 | 7,1 | Count-NS* | CL50 - 96h | 154 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 1,2 g | 18 | 272 | 7,4 | Sulfate (98%) | CL50 - 96h | 838 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 22 mm | 20-26 | 202 | 7,5-8,2 | Sulfate | CL50 - 96h | 490 | Pickering <i>et al.</i> (1977) |
| | 55 mm | 20-26 | 202 | 7,5-8,2 | Sulfate | CL50 - 96h | 460 | Pickering <i>et al.</i> (1977) |
| <i>Lepomis macrochirus</i> | 1,2 g | 17 | 44 | 7,1 | Count-N* | CL50 - 96h | 3 280 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 1,2 g | 17 | 44 | 7,1 | Count-N* | CL50 - 96h | 13 700 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 1 g | 24 | 44 | 7,4 | oxychloride | CL50 - 96h | 980 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 1,5 g | 18 | 44 | 7,1 | Sulfate (98%) | CL50 - 96h | 884 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 1,5 g | 18 | 272 | 7,4 | Sulfate (98%) | CL50 - 96h | 7 340 | Mayer & Eilersieck (1986) |
| | 18,6 g | 24 | 200 | 8 | ND | CL50 - 96h | 8 300 | Geckler <i>et al.</i> (1976) |
| | 19,2 g | 24 | 200 | 8 | ND | CL50 - 96h | 10 000 | Geckler <i>et al.</i> (1976) |

(Suite tableau I-12)

| Organismes | Size/age | T(°c) | Dureté | pH | Composés | Paramètres | Concentration | Références |
|------------------------------|-----------|-------|--------|-----|---------------|------------|---------------|--------------------------------|
| <i>Lepomis gibbosus</i> | ND | 28 | 55 | 8 | ND | CL50 - 96h | 2700 | Rehwooldt <i>et al.</i> (1972) |
| <i>Carassius auratus</i> | 0,9 g | 18 | 272 | 7,4 | Sulfate (98%) | CL50 - 96h | 13 800 | Mayer & Ellersieck (1986) |
| <i>Roccus saxatilis</i> | ND | 28 | 55 | 8 | ND | CL50 - 96h | 4 000 | Rehwooldt <i>et al.</i> (1972) |
| <i>Roccus americanus</i> | ND | 28 | 55 | 8 | ND | CL50 - 96h | 6 400 | Rehwooldt <i>et al.</i> (1972) |
| <i>Anguilla rostrata</i> | ND | 28 | 55 | 8 | ND | CL50 - 96h | 6 000 | Rehwooldt <i>et al.</i> (1972) |
| <i>Cyprinus carpio</i> | 3,5-5,5 g | 20 | 50 | 7,5 | ND | CL50 - 96h | 118 | Peres & Pihan (1991) |
| | 3,5-5,5 g | 20 | 100 | 7,5 | ND | CL50 - 96h | 289 | Peres & Pihan (1991) |
| | 3,5-5,5 g | 20 | 300 | 7,5 | ND | CL50 - 96h | 751 | Peres & Pihan (1991) |
| <i>Etheostoma caeruleum</i> | 41 mm | 24 | 200 | 8 | ND | CL50 - 96h | 320 | Geckler <i>et al.</i> (1976) |
| <i>Etheostoma spectabile</i> | 55 mm | 24 | 200 | 8 | ND | CL50 - 96h | 850 | Geckler <i>et al.</i> (1976) |
| <i>Ictalurus nebulosus</i> | 39 mm | 24 | 200 | 8 | ND | CL50 - 96h | 540 | Geckler <i>et al.</i> (1976) |

* : Référence retenue parmi les données de toxicité critique pour la détermination de seuil de qualité dans la grille du SEQ-eau (Agence de l'eau), CL₅₀ 96h

The Importance of Role-Playing Activities in Developing Students' Speaking Competence

Khamouja Abdessallam, Mohamed Benmhamed, and Azize El Ghouati

Faculty of Arts and Humanities, Ibn Tofail University, Morocco

Copyright © 2023 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: One of the primary purposes of learning foreign languages, particularly English, is the ability to communicate effectively with other users of the target language. Role-playing, one of the communicative teaching methods, is believed to develop learners' speaking competence and help them learn the language in an authentic context. Therefore, the main purpose of this study is to examine the relationship between the role-play teaching method and students' speaking competence. The current study uses two semi-structured interviews. One is designed for teachers teaching the 9th-grade level. The other is designed for a class at the 9th-grade level with 30 students. The findings show that role-play activities participate in developing students' speaking skills.

KEYWORDS: Role-play, speaking, motivation.

1 INTRODUCTION

A language is a tool for communication. We communicate with others to express our ideas and learn others' ideas. Communication takes place where there is speech. We cannot communicate with one another without speech. Therefore, the importance of speaking skills is enormous for learners of any language. Without speech, a language is reduced to a mere script (Yale, 2006). There are many speaking activities to develop learners' speaking skills, among which we find role-playing activities. Incorporating such speaking activities into the classroom can be an effective teaching tool because they add variety, a change of pace, and opportunities for language production and fluency development (Al-Arishi & Yaha, 1994). However, some teachers need to be aware of role-plays' possibilities in developing students' communicative competence. Most of them think that such activities are marginal. They are inappropriate because they cause discipline problems and create chaos in the classroom (Huang, 2008). Hence, this study was conducted to investigate teachers' views about role-play activities and the extent to which the latter can develop students' speaking competence.

The present study addresses the following research questions:

- a) Is there a relationship between role-playing activities and students' speaking competence?
- b) What are teachers' beliefs and views about role-playing activities?

2 REVIEW OF LITERATURE

2.1 THE PLACE OF SPEAKING AMONG THE FOUR LANGUAGE SKILLS

The aims of language teaching courses are commonly defined in relation to the four language skills: listening, reading, speaking, and writing. Depending on the language user's activity, Widdowson (1978) groups them into receptive and productive ones. Reading and listening belong to receptive skills, whereas speaking and writing are classified as productive skills. Effective foreign language learning necessitates the assimilation of all four skills; hence, SLA is a complicated and time-consuming process. Speaking and writing are called productive skills because they involve language production. While uttering

sounds gives a chance to communicate orally, writing skills enable people to communicate in a written form. Nevertheless, Ur (1996), in her book titled 'A Course in Language Teaching,' indicates:

" of all the four skills (listening, speaking, reading and writing), speaking seems intuitively the most important: people who know a language are referred to as « speakers » of that language, as if speaking included all other kinds of knowing; and many if not most foreign languages learners are primarily interested in learning to speak (Ur 1996: 120) p75. "

The author of these words emphasizes the importance of speaking and the fact that it involves quite a vast knowledge of different language aspects. Therefore, speaking may be perceived as a complicated process. Furthermore, speaking is one of the most challenging skills students may possess since it requires, first and foremost, a great deal of practice and exposure (Thornbury, 2005). Nowadays, many people identify fluency in speaking as the most desirable ability in their target language, for talking smoothly with a native speaker very often proves the actual linguistic level (Tarone & Yule, 1989). Accordingly, for most people, the ability to speak a foreign language is synonymous with knowing that language because speech is, for them, the essential means of human communication (Scrivener, J, 2005).

2.2 REASONS FOR TEACHING SPEAKING SKILLS

Being able to speak a foreign language means having communicative efficiency. It is challenging to imagine what life would look like if people could not communicate verbally. Dakowska (2005) claims that speaking is now the most emphasized skill in foreign language teaching, but unfortunately, it is also recognized as the most difficult to develop in classroom conditions. Students are constantly encouraged to use the target language during classes, but when the lesson is over, they cannot use it in real communication. Some students seek opportunities to practice their foreign language outside the classroom; however, only some attempt to practice the target language (Ur, 1996). Indeed, one of the disadvantages of teaching English as a foreign language is that students need to use the language in everyday speech. Speaking a foreign language means interacting with people in authentic situations, not only during classroom-controlled speaking activities. Therefore, teachers' task to develop that skill is highly challenging and requires much time, as learners may only succeed by practice (Harmer, J, 2012). In most schools, however, communicative efficiency is still not a priority. In most classes, teachers fail to provide students with activities that reflect genuine interaction. Students rarely talk to one another, and even fewer have the opportunity to talk to a teacher (Gobio, 1991).

2.3 A SUCCESSFUL SPEAKING LESSON

2.3.1 INTERACTION

One of the essential steps in presenting the principles of a good lesson is the interaction between students. The key to a successful speaking lesson is a successful speaking activity. Nonetheless, it might be challenging to design, so teachers should be familiar with the basic characteristics of a profitable oral exercise. Learners should have a chance to talk using the target language (Ur, 1996). Although still possible, what is difficult to achieve is the desire to have the time devoted to such an activity filled with learner talking time to the maximum (Doff, 1988). What a teacher can do to promote speaking is to divide students into groups. Working in groups increases the amount of practice learners can get and the amount of their speaking. When students sit in a small circle, their inhibitions are lowered, and they are encouraged to speak. Nevertheless, it is more natural for them to speak in their mother tongue than in the target language, so teachers very often keep on reminding learners to use L2 (Dobson, 1989).

2.3.2 EQUAL PARTICIPATION

Another feature of a successful speaking activity, highlighted by Brown (2001), is even participation. All students should get a chance to speak; moreover, contributions should be fairly evenly distributed. Therefore, teachers' task is to strive towards engaging the less active learners and make sure that all students are involved similarly. Additionally, a task should be unrestricted by a few students who like to take control of an exercise. Dobson (1989) suggests that in order to make sure that every learner can practice the target language, the teacher can appoint a group representative responsible for equal participation among peers.

2.3.3 THE ACCEPTABLE LEVEL OF THE LANGUAGE USED

Another critical principle mentioned by Ur (1996) is the acceptable level of the language used. An educator can achieve it by selecting activities whose language level is similar to the students' linguistic level. Such oral tasks empower students and allow learners to express their ideas and opinions through fluent speech clearly.

2.3.4 MOTIVATION

The last but not the least important principle mentioned by Ur (1996) is motivation. It plays a vital role in a successful lesson devoted to speaking. Motivation has too many definitions, but it is essential to focus on those related to education (Dakowska, 2005). It is considered a key factor that pushes a student to act or do a particular task enjoyably in the classroom. This need and desire energize and direct students' behavior towards positive participation in the learning process. Besides, motivation is defined as the voluntary use of high-level self-regulated learning strategies such as paying attention, connecting, planning, and monitoring. This means that motivation plays an essential role in the learning process. That is to say, when students are highly motivated, they can be actively engaged in the learning process and set for themselves the learning strategies to help them learn better. They can also take the initiative and responsibility for what occurs in the classroom by selecting, managing, and evaluating their learning strategies.

2.4 ROLE-PLAY DEFINITION

Because there is no precise definition of role-playing, various authors see it differently. According to Porter-Ladousse (1987: 3), "role-play activities range from highly-controlled guided conversations at one end of the scale, to improvised drama activities at the other; from simple rehearsed dialogue performance, to highly complex simulated scenarios." The author of these words puts much emphasis on a broad scope of role-play activities. Such a speaking task may be limited and supported by prepared cues, such as dialogues; conversely, role-playing may be an activity in which students prefer to improvise rather than rely on the practiced dialogue (Huang, 2008). Porter-Ladousse (1987) also points out that role-play may differ in complexity; some performances may be concise and simple, whereas some utterances may be very structured. The difficulty of the activity depends, therefore, on the language level.

Gobio (1987) indicates that in role-play, learners are given a task to complete, and in order to do it, they are told who they are, what their opinions are, and what they know that is unknown to the other students. She stresses that students are told who they are, namely, that they play the role of somebody else. Being cast in the role of a different character may diminish the fear of speaking, as these are not the speakers who make mistakes but the personalities they play (Budden, J, 2004). The critical feature of role-play is that learners can become anyone they want for a short time. Their task is to pretend to be a different person, and it may be, for example, a doctor, a pop star, a parent, and a millionaire (Porter-Ladousse, 1987).

2.4.1 THE ORGANISATION OF A ROLE-PLAY ACTIVITY

For a role-play to be a successful speaking exercise, it is helpful to know some basic principles about organizing such an activity. Firstly, it is important to mention that if a teacher is not convinced about the validity of using role-playing, the activity itself "will fall flat on its face just as you expected it to" (Porter-Ladousse 1987: 8). The educator has to be convinced that role-playing is an exciting technique to use and has many benefits. If the teacher is not enthusiastic about the play, the students will not be as well (Scrivener, 2005).

Any teaching sequence requires three vital elements: the engage stage, the study stage, and the activate stage. In the first phase, the engage stage, the teacher's task is to attract and keep learners' attention and interest in a lesson. Students' minds must be involved and emotionally connected with a lesson, for example, by a pleasant situation or a nice picture (Harmer, 2012). Then, learners need to study the new language, grammar, or vocabulary exercises. Having learned the new item, students can activate both the new language and the language they already know. Learners do it when they speak freely. Having been engaged, being presented with the new language, and having practiced it, learners try to activate it. Students are presented with the new language, they practice it, and, finally, they make an effort to produce the new language or any language (Thornbury, 2005).

Doff (1988) states that if role-play is not based on a course book or text dialogue, students themselves have to decide what language to use and how a conversation should develop. Therefore, for role-playing to be profitable, careful preparation would be essential. The educator may stimulate classroom discussion about what the speakers may say. Also, writing prompts on a

board, and necessary vocabulary may guide students during role-play. Budden (2004) adds that drilling the structures the players would need to use is very helpful, as learners are equipped with suitable language.

It is also worth remembering that the teacher should make sure that students understand both the situation to be played and also what is on the role cards before the activity begins. If learners follow the activity, they can properly conduct it. Of course, role cards should be legible and within students' language level. Moreover, educators should not use too tricky or too emotionally taxing role-plays until students are used to that activity. Instead, starting with simple information-gap role-plays is advisable (Al-Arishi & Yaha, 1994). During the first role-play, learners may be more or less inhibited, but soon they will get accustomed to role-playing (Porter-Ladousse, 1987).

Beyond question, students will need time to prepare for a performance and try out their roles privately. Depending on the learners' language level, the amount of planning time may differ. Players at this stage of an activity work in pairs or groups and discuss what they might say. At higher levels, students will not need much help with the language but time to get into roles (Doff, 1988). Equally importantly, realia can help to bring role-play to life. For instance, when playing the roles of a waiter and a customer, learners might be asked to do or bring to class menus and aprons. These simple props may make the whole process more memorable for the class (Budden, 2004). The author also states that rearranging the furniture helps with playing the roles. She gives an example of playing the roles of a travel agent and a customer; to make it more realistic, students may even leave the room and then enter by knocking at the door. One desk may be put in the center of a classroom to act as a travel agency, too.

Next, Doff (1988) explains that the demonstration of role-play is significant. The educator's task is to tell the class the situation to play in and do the exercise. The teacher may also elicit some structures that would be used in an activity. Having explained the whole task, the lecturer divides the class into pairs or groups. At the very end, she or he sets a strict time limit and tries to make every effort to stick to it.

Finally, Huang (2008) proposes that the teacher assess the role-play activity's effectiveness and examine if learners have successfully comprehended the meaning of vocabulary, sentences, and dialogues. The author adds that there are several ways to check students' evaluations. She suggests that learners should be given oral and listening tests related to role-plays. The players may be asked to answer questions connected with their roles, repeat some parts of utterances, or translate the role-play into their native language. Apart from that, the teacher's task is to evaluate students' understanding and comprehension while monitoring their role-play performances (Dakowska, 2005).

3 RESEARCH METHODOLOGY

The main aim of this study is to investigate teachers' views on role-play activities and the extent to which the latter can develop students' speaking competence.

3.1 RESEARCH DESIGN

According to McMillan & Schumacher (2010: 22), "the research design describes how the study is conducted, and the purpose of a research design is to indicate a plan that will generate evidence that will be able to answer the research questions." This research is based on a qualitative research method using two semi-structured interviews to collect data.

3.2 RESEARCH SAMPLE

The current study was conducted in a middle school in Sidi Slimane. A class of the 9th-grade level consisting of 30 students is divided into small groups, and each group is given a play to memorize and perform in the class for the coming week.

3.3 MEASURING INSTRUMENTS

The current study uses two semi-structured interviews. One is designed for teachers teaching the 9th-grade level to know their views and attitudes towards using role-plays as a teaching method in their classes. The other one is designed for students so that the researcher can examine the relationship between role-play activities and students' speaking competence. These two research methods are meant to collect data and find answers to the research questions.

3.4 DATA COLLECTION PROCEDURE

After the experiment, six participants were selected to answer the semi-structured interview questions. The primary purpose was to extrapolate students' views about the relationship between role-play activities and their linguistic competence. Then, five teachers of English language from three middle schools were selected to answer the semi-structured interview questions about their views and attitudes about using role-plays as a teaching method in their teaching process.

4 RESULTS

4.1 STUDENTS' SEMI-STRUCTURED INTERVIEW FINDINGS

The interview questions seek to get the respondents' views and feelings about the experience of practicing speaking through role-play activities.

The main questions addressed in the semi-structured interview are:

- a) Did you participate in the role-play activity ?
- b) Did the role-play activity make you involved in the learning process ? If yes, why ? If not, why ?
- c) Did you enjoy speaking in English while practicing the role-play activity ? If yes, how ? If not, why not ?
- d) Do you think practicing such a kind of activities can develop your speaking skills? If yes, why?
- e) How often do you like your teacher to use role-play activities in the classroom?
- f) If you were a teacher, do you prefer to use role-play activities to encourage your students to speak? If yes, why?

The findings of the semi-structured interview questions indicate that all the interviewees (N = 6, 100%) eagerly participated in the role-play activity because they were given the freedom to practice English with their classmates in a joyful way. One of the respondents says that the role-play activity helped him practice speaking English and learn some vocabulary while speaking. Another respondent clarified that the role-play activity was an excellent opportunity for him to interact with his classmates using English, which motivated him to practice speaking English with his friends outside the classroom. Rachida, one of the respondents, adds, "I beg my teacher to use such activities all the time so that we can develop our speaking." Ahmed, another respondent, confirms that if he were a teacher, he would always use role-plays in his classroom so that learners could freely participate in the learning process and practice English with their classmates. He adds that even though his students would make errors in terms of grammar or pronunciation, he would not interfere. Another respondent, Mina, clarified that from the role-play activity session, she learned how to learn and pronounce new vocabulary, adding that that session was joyful and entertaining because all students were freely speaking English without the teacher's interference.

4.2 TEACHERS' SEMI-STRUCTURED INTERVIEW FINDINGS

The questions of the interview seek to get teachers' views and feelings about using role-play activities in their classrooms.

The main questions addressed in the semi-structured interview are:

- a) What do you think about role-play activities ?
- b) How often do you use role-play activities ?
- c) Do you think role-play activities a good teaching method for developing students' speaking competence ?
- d) Are there any other teaching activities beside role-plays that can develop students speaking skills ?

The findings of the semi-structured interview questions indicate that all the interviewees (N = 5, 100%) agree that using role-plays in the teaching process is suitable for developing students' speaking skills. Rachid explains, "Using role-plays in the classroom allows students to express themselves freely and practice English in an authentic context'. Adam adds that he always uses role-plays in his teaching process to help his students develop their speaking skills, foster their imagination, and break the monotony in the classroom. Concerning Khalid, he says, "Role-play activities, like other communicative activities, such as problem-based activities, project-based activities, and task-based activities, are a good teaching method teachers should rely on to help their students develop their communicative competence. Khalid confirms that role-play activities are essential in teaching/learning to have learners speak English fluently, adding that he usually uses them with his students. In that, Hamza supports all that has been mentioned earlier, suggesting that teachers should consider this teaching method as one of the leading teaching methods for speaking development.

5 DISCUSSION AND CONCLUSION

The findings of the students' semi-structured interviews show that students are highly motivated by such activities. They found it entertaining because they enjoyed themselves and had a great time. They all stated that the role-play activities allowed them to practice English with their classmates and improve their speaking skills. Besides, this activity allowed them to talk in English freely with their classmates in the classroom without any obstacles. Concerning the findings of the teachers' semi-structured interviews, they indicate that all the teachers interviewed in the current study agree that role-plays are suitable teaching methods that educators should use in their classes to encourage learners to communicate in English. According to their answers, role-play activities help learners enlarge their imaginations, learn different vocabulary, and develop their communicative competence. The present study's findings are supported by the literature review, which indicates that role-playing develops learners' fluency in speaking. In other words, the wide range of language functions, for example, apologizing, greetings, etc., is exercised more than in any other activity. To be clear, learners focus on the communication of meaning rather than on the appropriate use of language. Therefore, through role-playing, teachers may train students' speaking skills in any social situation. It means that learners are put in conditions that require speech that is used to communicate socially more than the language necessitated by teaching syllabuses. Besides, role-playing develops learners' imaginations. The roles given to learners may require creative thinking, so the players' imagination is in high demand. Moreover, learners are given a chance to pretend to be someone else. Such a technique may help timid students overcome their shyness about speaking. Reticent students often have difficulty talking about their experiences or themselves. The fact that they are someone else makes them feel that their personality is not implicated.

Based on the current study's findings and the literature review, it is concluded that role-playing activities are one of the communicative activities that can create a motivating learning environment where all students can develop their speaking skills. In addition, while using this teaching activity in the classroom, students can defy their shyness and eagerly participate in developing their English language skills through learning different vocabulary in an authentic context. Therefore, it is suggested that educators should give play-based learning great importance if they want to develop their students' speaking competence.

REFERENCES

- [1] Al-Arishi & Yaha, 1994. «Role-play, real-play, and surreal-play in the ESOL classroom», *ELT Journal* 48, 4: 337-345.
- [2] Brown & Yule, 1983. *Teaching the spoken language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [3] Budden, J, 2004. «Role play», British Council (<http://www.teachenglish.org.uk/think/articles/role-play>) (date of access: 1 April 2013).
- [4] Crystal, David. 2008. *A Dictionary of linguistics and phonetics*. (6th edition.) Blackwell Publishing Ltd.
- [5] Dakowska, 2005. *Teaching English as a foreign language: A guide for professionals*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [6] Dobson, 1989. *Effective techniques for English conversation groups*. Washington, D.C. 20547: English Language Programs Division Bureau of Educational and Cultural Affairs United States Information Agency.
- [7] Doff, 1988. *Teach English: A training course for teachers: Trainer's Handbook*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [8] Fromkin & Hyamas, 2003. *An introduction to language*. (7th edition.) Thomson Wadsworth.
- [9] Gołębio, 1987. *Let's talk: A book for teachers*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- [10] Harmer, J, 2001. *The practice of English language teaching*. Harlow: Longman.
- [11] Harmer, J, 2012. *Essential teacher knowledge*. Harlow: Pearson Education Limited.
- [12] Huang, 2008. «Role play for ESL/EFL Children in the English Classroom», *The Internet TESL Journal*. (<http://iteslj.org/Techniques/Huang-RolePlay.html>) (date of access: 1 April 2013).
- [13] Kowalska, 1991. *Let them talk in English*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- [14] Porter-Ladousse, 1987. *Role play*. Oxford: Oxford University Press.
- [15] Richards & Bohlke, 2011. *Creative effective language lessons*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [16] Scrivener, J, 2005. *Learning teaching*. Oxford: Macmillan Publishers Ltd.
- [17] Tarone & Yule, 1989. *Focus on the language learner: Approaches to identifying and meeting the needs of second language learners*. Oxford: Oxford University Press.
- [18] Thornbury, 2005. *How to teach speaking*. London: Pearson Education Limited.
- [19] Ur, 1996. *A course in language teaching: Practice and theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [20] Widdowson, 1978. *Teaching language as communication*. Oxford: Oxford University Press.
- [21] Yule, 2006. *The study of language*. (3rd edition.) Cambridge: Cambridge University Press.

Evaluer l'oral au lycée marocain: S'agit-il d'un agir normé ?

[Evaluate the oral at the Moroccan high school: Is it a normative act?]

Mohamed Marouani

Laboratoire LARLANCO, FLSH Agadir, 80000 Agadir, Morocco

Copyright © 2023 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: Since 2014, the Moroccan high school has international sections of the baccalaureate in three options. For the French option, the time slot for French language is extended and an oral test is established in the terminal year. Installing such a test implies subjecting this field, with a high frequency of variability, to docimological rules. Our wish to brush the reality of this new practice opens first with a few benchmarks founding the semantics of the oral before questioning the inventory of its evaluative practice in the Moroccan high school via a survey in the territory of the *Rhamna* province. The responses of teachers and learners, making up the population of this survey, retrace their representations towards the semantics of Oral and reproduce the image of a practice that is little impregnated by what this semantics supposes. The brushed image, motivated by the will to propose, will therefore open up to prospects for action that can allow us to verify to what extent the oral can become an object of a standardized evaluation.

KEYWORDS: oral, evaluation, teaching practice, normativity, baccalaureate.

RESUME: Depuis 2014, le lycée marocain s'est doté de sections internationales du baccalauréat en trois options. Pour l'option -français-, la plage horaire du français devient élargie et une épreuve orale est établie en 2^{ème} année. Installer une telle épreuve sous-tend soumettre ce domaine, à forte fréquence de variabilité, aux règles docimologiques. Notre souhait de brosser la réalité de cette nouvelle pratique s'ouvre d'abord sur quelques repères fondant la sémantique de l'oral avant d'interroger l'état des lieux de sa pratique évaluative au lycée marocain via une enquête dans le territoire de la province de *Rhamna*. Les réponses des enseignants et des apprenants, faisant la population de cette enquête, retracent leurs représentations vis-à-vis de ladite sémantique de l'oral et reconduisent l'image d'une pratique peu imprégnée par ce qu'elle suppose (la sémantique de l'oral). L'image brossée, motivée par la volonté de proposer, s'ouvrira donc sur des perspectives d'action pouvant nous permettre de vérifier dans quelle mesure l'oral peut devenir objet d'une évaluation normée.

MOTS-CLEFS: oral, évaluation, pratique enseignante, normativité, baccalauréat.

1 INTRODUCTION

L'oral constitue un passage obligé dans toutes les disciplines enseignées dans le système éducatif marocain. Au cycle qualifiant, l'année 2014 a marqué un tournant quant à ce « parent pauvre » selon les termes de Perrenoud. Dorénavant, le lycée marocain compte des sections internationales du baccalauréat à trois options majeures, dont le BIOF (Option « Français »). Au sein de cette dernière option, la volonté de promouvoir l'oral d'un outil d'enseignement-apprentissage à un objet évaluable se lit dans le discours accompagnant ce remaniement.

Médium et/ou objet, vouloir l'évaluer suppose pouvoir fléchir un domaine aussi complexe que subjectif, l'oral en l'occurrence, au souhait d'une véritable codification (standardisation/normativité et opérationnalisation), comme peuvent le prédire les textes officiels récents. Ce souhait, éventuellement légitime, s'affronte à d'énormes défis et l'on se demande

comment l'on peut optimiser l'action d'évaluer l'oral chez nos lycéens. Autrement dit, ne doit-on essayer d'abord de délimiter quel (s) oral (-aux) enseigner avant d'en prévoir évaluer la portée ? Quels contenus et quelles méthodologies choisir ? Quel (s) aspect (s) évaluer ? Et à base de quels critères, de quelles tâches et de quels outils ?

Essayer de répondre à de telles interrogations est, pour nous, essayer, d'abord, de rappeler quelques aspects du discours théorique fondant le domaine de l'oral pouvant orienter, ensuite, l'action de brosser une image de sa pratique évaluative en classe de français au lycée marocain dans la région de Rhamna (Marrakech Safi) pour pouvoir juger dans quelle mesure l'évaluation de l'oral puisse devenir un agir normé.

2 REPÈRES THÉORIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES

Dans la vie sociale, tout comme dans la vie scolaire, l'oral se pratique couramment et s'observe spontanément. Sa production suppose être soumise à des fondements sous-jacents pouvant constituer un véritable discours théorique. Cette section se propose d'apporter quelques repères théoriques pouvant réorienter l'appréhension du domaine de l'oral et son évaluation avant d'étaler ce qui constitue nos choix méthodologiques ayant gouvernés et servi notre travail de terrain.

2.1 SÉMANTIQUE DE L'ORAL

Du latin « os, oris », l'oral renvoie à tout ce qui est transmis par la bouche, donc exprimé de vive voix. Par opposition à ce qui a trait à tout énoncé écrit, est dit « oral » tout énoncé se rapportant à cet organe principal de l'appareil phonatoire humain.

A première vue, l'oral n'est assimilé que par opposition à l'écrit. En tant que clause minimale, le pacte paraît juste; or, la recherche scientifique manque de mérite, nous semble-t-il, si elle se fie aux premières acceptions.

2.1.1 QU'EST-CE QUE L'ORAL ?

L'aspect oral traduit la qualité de tout propos énoncé/prononcé par le biais de la voix; moyennant tout un processus physique et mental permettant de produire des suites vocales significatives. Ainsi, étant un canal indispensable d'une grande part du langage oral verbalisé, la voix, au-delà des représentations qui peuvent en altérer le sens, ne se réduit point en une suite de sons. Elle est le lieu d'une accentuation, d'un flux, d'un débit, d'une intonation, etc. Ce sont-là des phénomènes prosodiques, partie intégrante du discours oral, qui accompagnent toute articulation et élèvent, par-là, l'oral à une réalité beaucoup plus complexe qu'une simple expression de vive voix.

Un langage oral fait à base d'une voix suppose une autre activité permettant de déchiffrer ce qui vient d'être dit, l'écoute. Notre propos ne s'offre point la liberté de lier l'existence de l'une à celle de l'autre de façon à trancher si l'écoute est ce qui prouve effectivement l'existence de la voix et vice versa. Pourtant et bien que les deux activités se complètent au sein de langage, elles ne peuvent décrire l'intégralité du domaine puisque même en leur absence, de l'oral continue à se produire.

Différent du code écrit, tout comme le confirment *Pietro* et *Wirthner*¹ en réitérant que les deux manifestations de toute langue, à savoir l'oral et l'écrit, ne mettent pas en œuvre les mêmes paramètres en énonciation, l'oral se distingue par les spécificités de son caractère vocal alliant composantes phonématiques et prosodiques, composantes combien créatrices de sens.

2.1.2 LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ORAL

Différente de l'expression écrite, l'expression orale est le lieu de bien de spécificités, souvent occultées ou implicites, dans la réalité sociale comme dans le cadre scolaire. *Roger Bautier*² les classent en trois grandes catégories.

¹ Pietro, J. et Wirthner, M., *Oral et écrit dans les représentations des enseignants et dans les pratiques quotidiennes de la classe*, Neuchâtel, Tranel, vol. 25, pp. 29-49, 1995.

² Bautier, R., « Note sur l'oral et la véridiction », *Pratiques* n° 17, pp. 53-55, octobre 1977.

2.1.2.1 LES COMPOSANTES VOCALES VERBALES

Ce sont les unités linguistiques du langage oral mis au service de l'expression. Mettre en acte tous ses éléments dépend du code dans lequel se fait cette expression. Le code peut être un moyen (dominante communicative) comme il peut être une fin en soi (dominante linguistique); seule l'approche suivie en précise les priorités reléguant l'une ou l'autre dominante au second plan. Ainsi, une maîtrise de la langue sous-tend deux aspects, souvent inséparables, et présuppose:

- De varier les formes d'expression et des registres employés en fonction des situations (contextes, objectifs, auditoires, etc.);
- De veiller sur la qualité de la langue utilisée (lexique, construction, organisation, etc.)

Certes, l'oral semble être lié à l'usage de langue dominé par le premier aspect, mais sans se passer de moyenner du lexique, des constructions, des sens, etc. Ces constituants mobilisés constituent l'essentiel des composantes vocales verbales.

2.1.2.2 LES COMPOSANTES VOCALES NON-VERBALES

Etant l'élément le plus fondamental de l'expression orale, la **voix** se caractérise par un **volume**, adaptable en fonction des situations, de la distance et de l'atmosphère ambiante; par un **débit**, contrôlable en vitesse et en clarté; par une **prononciation** où se détachent les syllabes et se respectent les liaisons et par une **intonation**. Ces éléments accompagnent la voix à l'émission et caractérisent les réalisations verbales sans qu'ils aient des formes indépendantes. Ce sont des constituants vocaux mais non verbaux

2.1.2.3 LES ÉLÉMENTS NON-VOCAUX NON-VERBAUX

Outre le verbal et le vocal, un message oral devient davantage expressif dès qu'il est conforté par des **gestes** et des **mimiques** l'illustrant, l'adaptant ou le ponctuant. *Bautier* regroupe les aspects non-verbaux non vocaux dans trois grandes catégories: la mimique, la kinésique et la proxémique.

Outre ces éléments supra linguistiques qui accompagnent la voix et la nuancent, d'autres éléments accompagnent l'ensemble de l'expression (voix et gestes) et engendrent, donc, d'autres significations. Il s'agit essentiellement des **pauses**, des **silences** et des **regards**.

En effet, la catégorisation des caractéristiques de l'oral que propose ce chercheur (*Bautier*) se trouve complétée par d'autres éléments (bien qu'avec peu d'intérêt), tels que: les réajustements, les hésitations, les ruptures, les lapsus, etc.

D'autres aspects, lors de tout échange oral, surgissent rendant, donc, l'enseignement de l'oral plus spécifique. Il s'agit des réorganisations sans cesse de l'ensemble des éléments de la situation de communication. La présence physique du/des locuteur (s) et de l'/des interlocuteur (s) permet la rétroaction directe et introduit le discours dans la quête permanente et immédiate de cohérence et d'efficacité. Ainsi, les situations de communication orales peuvent prendre en compte l'autre (où plusieurs intervenants prennent la parole et où la communication se construit à plusieurs) comme elles peuvent se faire sans le prendre en considération (situation monologale, non-communication, etc.).

De ce fait, l'oral se distingue de l'écrit par sa capacité énorme de permettre le réajustement du propos. Au moment où la cohérence, à l'écrit, se tient comme obstacle rendant le processus de réajuster ses idées une aventure aussi risquée qu'étendue, l'oral conforte l'économie de l'expression et rend plus efficace l'effort finalisant l'énoncé. Différentes opérations permettent alors de mieux dire:

- L'explication: en position d'expression orale, le brouillage peut se lever *in médias res*; clarifier, expliquer ou nuancer deviennent, donc, des actions immédiates;
- La reformulation: maintenir une communication orale revient à prendre en considération les retours manifestés. Reprendre son énoncé sous d'autres formes en d'autres termes;
- Les répétitions: si l'écrit n'en tolère pas une grande fréquence, l'oral en a besoin pour mieux être saisi;
- Les récapitulations: une véritable adhésion à la situation de communication orale passe par des moments de répit où l'on ne fait que résumer ce qui a été dit. Par trop de récapitulations, l'écrit peut souffrir contrairement à l'oral;
- Les digressions: les détours réfléchis peuvent assurer une bonne adhésion de l'auditoire dès que le propos demande plus de concentration ou de réflexion. Elles peuvent servir à plus d'explications dès que l'énoncé principal devient long ou ennuyeux

Conséquemment, si à l'écrit, le tissu textuel renferme la deïxis des instances agissantes, à l'oral, ces indices sont plutôt vocaux, non verbaux et suprasegmentaux, alors fuyants. Vouloir évaluer l'oral c'est devoir démarquer ses dimensions inhérentes. Leur délimitation profite peu de l'écrit car l'énoncé oral ne recoupe pas nécessairement avec le découpage syntaxique ou sémantique de l'énoncé écrit.

Si l'on contemple ce modeste rappel de l'arrière fond, bref et peu étendu qu'il soit, nous constatons que l'oral possède donc un véritable background théorique qui en fait un véritable défi à devenir objet d'enseignement pour qu'il puisse, en conséquence, être un objet potentiel à évaluer.

À l'école, et en vue d'orienter toute activité vers un objectif disciplinaire, l'oral sert d'outil à grande présence dans toute démarche d'enseignement-apprentissage. Il s'agit surtout d'une attitude plutôt spontanée qui échappe, en grande partie, à l'intervention didactique. L'oral est ainsi un **médium** plus qu'autre chose: parler et faire parler pour atteindre un objectif qui peut être tout mais moins celui d'amener à mieux parler. Parler d'une compétence communicative orale n'est point de l'ordre du jour car l'oral est, dans cette optique, au service des autres aspects de la langue (lecture, grammaire, écriture, etc.). Il s'agit, en réalité, d'un caractère transversal à toutes les disciplines de façon à ressentir la difficulté de construire de la pensée, de véhiculer des savoirs et de formuler des concepts et des définitions sans passer par l'oral.

En moyen d'enseignement, l'oral est dominant dans la pratique enseignante, toutes disciplines confondues. Or cette abondance passe inaperçue puisque l'oral jouit de peu de réflexion didactique ou de pratique évaluative portant sur lui-même.

La demande incessante de la société en général et du marché de l'emploi en particulier interroge ce statut d'oral/médium réjouissant peu d'attitudes pédagogiques davantage ambitieuses promouvant ce domaine en une véritable finalité. L'inadéquation du profil de sortie avec cette demande trace l'urgence de recadrer le tir. L'oral doit devenir un objet d'enseignement à part entière et « *la constitution de l'oral comme objet légitime d'enseignement exige, avant tout, une clarification des pratiques langagières à prendre comme références pour une exploitation scolaire et une caractérisation des spécificités linguistiques et des savoir-faire impliqués dans ces pratiques* »³.

C'est à ce niveau que le dernier remaniement adopté en cours de français au lycée marocain suscite tant d'intérêt et de réflexion. L'expérience BIOF se veut une réponse à tant de dysfonctionnements dont celui observé quant à l'enseignement de l'oral. L'on suppose que l'expérience BIOF au Maroc laisse émerger un éventuel changement du statut de l'oral.

2.2 L'ÉPREUVE ORALE AU LYCÉE, SPÉCIFICITÉ ACTUELLE DU BIOF

Au Maroc, le français demeure une langue étrangère au sein d'un bain linguistique à forte concurrence (l'Amazighe, l'Arabe dialectal, l'Arabe classique, l'Anglais, l'Espagnol, l'Allemand, etc.). Bien que première langue étrangère, ou encore que langue étrangère privilégiée, le statut reste assez fluctuant, ce qui traduit l'embaras des autorités à définir avec précision le rôle qu'elles entendent lui faire jouer. Pourtant, le français demeure, *de facto*, un instrument majeur de sélection et de promotion scolaire, sociale et professionnelle.

L'avènement du BIOF en 2014, tout comme les deux autres options de départ, insuffle cette volonté de concilier l'école avec cette réalité de multilinguisme en offrant, en choix optionnel, des possibilités de grande ouverture. Juger l'expérience revient à avoir des indicateurs tangibles; ce n'est pas exactement l'objectif de cette recherche. Or, la réalité des statistiques montre un accroissement des classes BIOF contrairement aux autres options (Anglais ou Espagnol); d'où cet intérêt à l'une de ses nouvelles donnes, à savoir l'épreuve orale instaurée en 2^{ème} année du baccalauréat.

Selon le ministère de l'éducation nationale (MEN), il s'agit d'un baccalauréat marocain dit international avec des changements consistant à enseigner les matières scientifiques en langue française et à renforcer l'enseignement de la langue du choix. Pour le BIOF, les remaniements les plus saillants sont l'élargissement de la plage horaire, l'installation d'un cours dédié aux techniques d'expression et de communication (TEC) et une volonté de promotion de l'oral en objet évaluable. Ces décisions sont accompagnées d'une reconnaissance institutionnelle matérialisée par l'apposition de la nouvelle nomination sur le diplôme du Bac.

³ Dolz, J. et Schneuwly, B., *Pour un enseignement de l'oral. Initiation aux genres formels à l'école*, Paris, ESF Editeurs, p. 62, 1998.

Il paraît clair que le MEN garde frais le fameux rapport du Conseil Supérieur de l'Enseignement (CSEF aujourd'hui) traçant plusieurs dysfonctionnements du système éducatif marocain dont celui de « la langue d'enseignement et l'enseignement des langues ». Le hiatus observé touche la maîtrise des langues et la poursuite des études supérieures.

Le passage au supérieur constitue, dans le cheminement habituel, un véritable virement puisque l'étudiant, initié jusque-là à apprendre en arabe, se voit obligé d'épouser un autre bain linguistique (qu'il connaît mais qu'il ne maîtrise pas) pour poursuivre ses études. La maîtrise d'autres langues devient donc une nécessité et constitue l'une des finalités du projet. Conséquemment, le BIOF aspire à « *contribuer à la diversification de l'offre éducative du système éducatif marocain* »⁴.

Les deux finalités atteintes permettront de nouer une forte relation entre l'école et le marché d'emploi. C'en est la troisième finalité.

Les textes installant cette option se prononcent trop peu quant à l'enseignement de l'oral mais accordent assez d'intérêt à son évaluation. Nous tâcherons à présent d'interroger la réalité de cette évaluation au lycée marocain car l'expérience d'y installer des classes internationales, appelée, désormais, à ériger une épreuve orale. Un texte officiel lui est dédié (note 102/15 parue le 21 octobre 2015): une épreuve orale par semestre dont la contribution s'élève à vingt-cinq pour cent (25 %) de la note du contrôle continu composée de moment d'exposé oral orienté et de moment d'échange autour de supports textuels ou de courtes capsules vidéo. Le tout sous un regard veillant de deux enseignants. Ce sont là des éléments de ce que stipule le texte; qu'en est-il de la réalité en classe ?

Cette partie sera consacrée à broser une image de la réalité de la pratique évaluative de l'oral au lycée marocain. Il s'agit d'une enquête avec des entretiens et des questionnaires (Enseignants et Apprenants).

2.3 MÉTHODOLOGIE DE L'ENQUÊTE

L'on rappelle que l'oral constitue un passage obligé dans toutes les disciplines mais réjouit peu de pratiques l'honorant pour soi-même, au lycée marocain. Or, l'année 2014 a marqué un tournant, surtout au lycée, avec l'avènement des sections internationales du baccalauréat marocain. La création de ces classes insufflé une volonté de promouvoir l'oral du statut illicite d'outil d'enseignement-apprentissage à un objet explicitement évaluable. Ce souhait s'affronte à d'énormes défis et l'on se demande: « dans quelle mesure un champ très étendu de variations peut être sujet d'un enseignement optimal et d'une évaluation normée ? ».

Nous pensons que le fait de discuter comment l'action d'évaluer l'oral peut-elle être optimisée revient à répondre aux interrogations suivantes: quel oral évaluer ? Comment se pratique l'évaluation de l'oral au lycée ? Quels dispositifs pourra-t-on concevoir pour optimiser cette pratique évaluative ? Nous souhaitons donc:

- a. Réfléchir sur les méthodes d'évaluer l'oral au lycée marocain en général;
- b. Interroger l'état des lieux de l'évaluation de l'oral;
- c. Proposer des perspectives d'évaluation de l'oral

De tels objectifs sont insufflés par un postulat central: l'oral, au lycée marocain, semble être mal évalué car mal ou non enseigné. Nous essayerons de vérifier si:

- i. Les enseignants arrivent facilement à évaluer l'oral au lycée;
- ii. La nouvelle configuration de l'évaluation du français en classe BIOF impose des efforts d'encadrement et de formation (pallier le déficit didactique s'il existe)

Pour ce faire, le volet pratique de ce travail repose sur une approche d'investigation par entretiens et puis par questionnaires. Douze (12) entretiens, quarante (40) enseignants et quatre-vingt (80) apprenants en classes BIOF font l'échantillon de l'enquête.

2.3.1 LES ENTRETIENS

L'entretien auquel nous avons procédé pour compléter la collecte fournie par les questionnaires était semi-directif. Douze (12) enseignants en ont fait le premier échantillon

⁴ MEN, Note ministérielle 133/14 parue le 26 Septembre 2014.

2.3.2 LES QUESTIONNAIRES

Après une étape de mise à l'essai d'une version « papier » qui nous a fait découvrir les tendances de réponses pour chaque item mais qui nous a mis dans la difficulté de distribution et de récupération, deux questionnaires ont été élaborés, distribués et récupérés (enseignant / apprenant).

Nos deux questionnaires se présentent sous forme d'un ensemble de questions plutôt fermées (une série de réponses est suggérée) sans pour autant omettre de laisser une marge d'apporter de nouvelles réponses. Loin d'être exhaustives, les réponses s'inscrivent dans un groupe de tendances majeures et se regroupent autour de l'évaluation de l'oral. L'anonymat aspire à avoir des réponses davantage honnêtes.

L'analyse statistique⁵ proposée pour traiter les données collectées repose sur les statistiques descriptives pour présenter les résultats de l'enquête. Les effectifs, les pourcentages, les moyennes, les modes, les écart-types,... sont mis en lumière à travers des lectures et des graphiques.

2.4 QUELQUES LIMITES DE LA RECHERCHE

Faut-il rappeler qu'au moment où l'enseignement-apprentissage de l'oral concerne tous les cycles d'enseignement, au Maroc, cette recherche se limite au cycle secondaire qualifiant; c'est-à-dire au lycée marocain bien qu'un saut bref soit fait dans les textes officiels du primaire (c'est dans l'esprit de suivre une progression éventuelle alors que le focus reste toujours le lycée). Au sein du lycée même, l'oral traverse toutes les disciplines. Pour le cas de cette recherche, nous ne l'étudions qu'en discipline de français.

Enfin, de toutes les sections et branches que compte le lycée marocain, nous réservons un regard spécial aux sections internationales du baccalauréat marocain option français; lesquelles sections sont concernées par une épreuve orale en 2^{ème} année.

3 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

En vue de sonder la réalité, nous avons procédé par des entretiens et nous avons mené une enquête auprès des enseignants et des apprenants. Cette section éclairera la part dédiée aux entretiens et aux questionnaires.

3.1 LES ENTREVUES

Douze entretiens ont été menés: Neuf enseignants ayant la charge d'au moins une classe BIOF et trois autres comme témoins (ayant des classes dites "ordinaires"). Elles sont souvent semi-directives. L'objectif en était d'affronter les réponses recueillies aux réponses collectées dans le questionnaire. En voici quelques résultats⁶:

- « moi, je me charge des heures ordinaires alors qu'un autre collègue se charge du cours TEC pour les mêmes classes »;
- « désolé, je ne sais pas de quoi vous parlez », en parlant de l'épreuve orale et du cours TEC (nouveau du BIOF);
- « La séance d'activités orales est une perte de temps. Les apprenants ont besoin de langue »;
- « Moi, je ne fais presque rien pendant les séances d'activités orales; tout mon travail est fait dès que je leur suggère le sujet de l'exposé »;
- « Si vous voulez une séance réussie en activités orales, proposez un sujet autour d'un 'iPhone', de 'FC Barcelone' ou de 'Stromay'. La littérature, personne n'en veut »;
- « Pour ne pas vous mentir, je ne fais plus d'activités orales. J'ai constaté que c'est moi qui monopolise la parole contre des phrases en un mot de leur part »;
- « l'oral, on le fait tout le temps; pourquoi rajouter une séance, sauf si on veut expliquer davantage les autres cours »
- etc

⁵ si la question propose des réponses exclusives, les décomptes sont faits par rapport à la taille de l'échantillon. Mais si plusieurs réponses sont acceptables pour la même question, les pourcentages sont calculés à base du nombre total des réponses (qui dépasse éventuellement la taille de l'échantillon).

⁶ Propos recueilli lors des entretiens

3.2 LES QUESTIONNAIRES

Notre enquête s'inscrit dans une approche de recherche action et cible les représentations des enseignants et des apprenants quant à l'évaluation de l'oral (seule cette section est présentée dans ce travail).

3.2.1 QUESTIONNAIRE ADRESSÉ AUX ENSEIGNANTS

Nous rappelons que la première catégorie à laquelle nous nous sommes adressés est la catégorie « enseignants ». Des quarante professeurs (40) constituant notre échantillon, trente personnes (30) ont effectivement participé, dix autres (10) n'ont pas répondu (insouciance ou refus ?). Pour l'ensemble de la recherche, nous comptons élargir l'effectif de l'échantillon.

Les trente enseignants qui ont répondu complètement au questionnaire appartiennent à différentes tranches d'âge. L'étendue couvre l'intervalle [2 ans – 29 ans] d'ancienneté. Ils ont tous un haut niveau universitaire et ont suivi tous une formation professionnelle qualifiant aux métiers d'enseignement: sept personnes (7) ont un master alors que tous les autres participants ont une licence et ont fait leur formation à l'ENS ou aux CRMEF.

Dans un premier item (pour cette section), les enseignants précisent ce qu'ils évaluent à l'oral sans que cela s'inscrive nécessairement dans le cadre du BIOF. Vingt-huit (28) enquêtés évaluent le volet verbal qu'ils considèrent important ou très important; le non verbal, l'implication dans la situation et le supra-linguistique ont leurs lots d'importance (respectivement 24, 24 et 23 enseignants). Par contre, la créativité et la spontanéité sont reléguées au tout dernier plan.

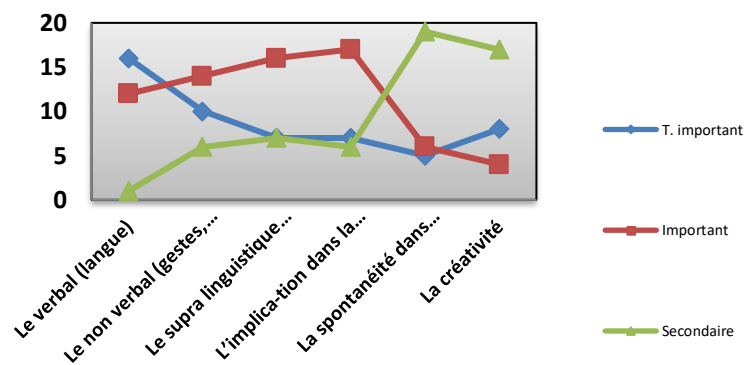


Fig. 1. Qu'est-ce que vous évaluez à l'oral.

En relation avec cette première contrainte qu'illustre la complexité des aspects à évaluer s'ajoute une autre contrainte concernant les modalités dans lesquelles peut se faire cette évaluation. Les enseignants préfèrent-ils une évaluation collective ou personnalisée ? Si Vingt et un enquêtés (21, total des réponses affirmatives) évaluent chaque apprenant à l'oral, seuls quatre (4) le font toujours ou ne le font que rarement (4 autres). Par contre, trente et un (31) affirment « ne pas toujours » ou « rarement » procéder par une évaluation individualisée, quatorze autres (14) ne le font pas souvent.

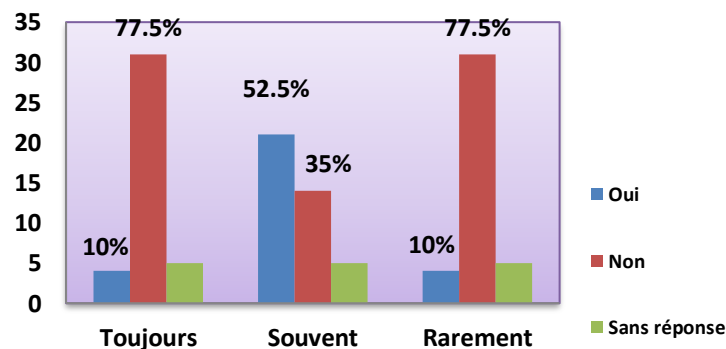


Fig. 2. Évaluez-vous chaque apprenant à l'oral ?

Afin de mieux visualiser la modalité personnalisée en évaluation de l'oral, la question suivante cible les outils à base desquels cette évaluation est faite. Si les enquêtés jugent à pied d'égalité les impressions et les grilles (13 chacune) comme étant des outils fiables à une telle évaluation, le recours à des exercices appropriés est la monnaie courante chez nos praticiens (21 enquêtés). Quant aux enregistrements, seuls quatre enseignants y recourent.

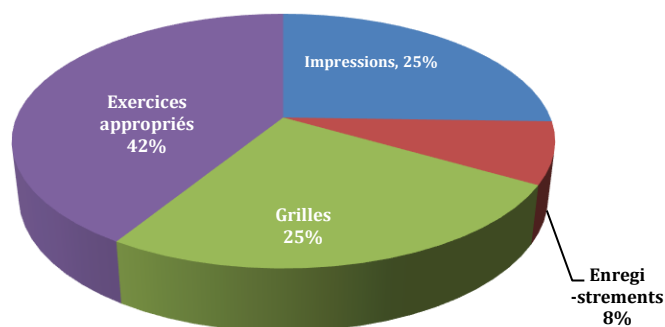


Fig. 3. Si oui, à base de quels outils ?

Vu que les exercices appropriés sont les outils les plus utilisés, nous voulions préciser la nature des exercices auxquels nos praticiens peuvent recourir. Vingt-quatre enseignants (24) se servent de prises de parole en public d'un taux de 48% au moment où douze autres (12) recourent au commentaire oral (24%). Seuls six enseignants (6) procèdent par entretien, ce qui en fait l'exercice le moins utilisé (12%). Huit autres (8) préfèrent le compte rendu écrit !

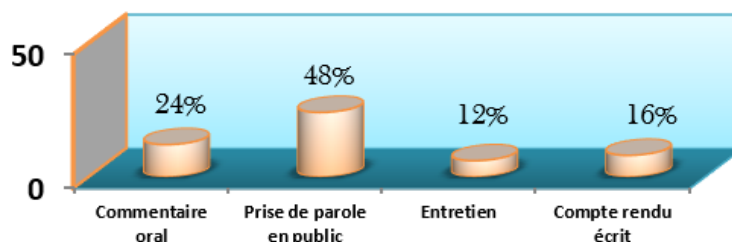


Fig. 4. En cas d'exercices appropriés, comment vous y procédez ?

Quant à l'usage des grilles, dont le taux s'élève selon les réponses précédentes à 25% des outils utilisés, cette question constitue un moment de rappel et de précision de la fréquence de recours à cet outil. Au moment où presque tous les enquêtés refusent d'évaluer toujours à l'aide de grilles préalablement préparées (voir les modalités supra), une personne (1) affirme y recourir toujours alors que vingt-six (26) ne le font que souvent.

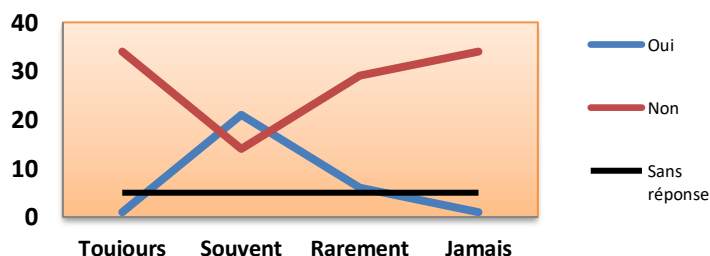


Fig. 5. Utilisez-vous des grilles,...., pour évaluer l'oral ?

Pour préciser les critères à base desquels est construite une grille d'évaluation, les enquêtés étaient invités à expliciter davantage leurs pratiques évaluatives. La correction de la langue et le volet non verbal (usage de gestes, de regard; mimiques;...) sont en tête (ensemble, 36% des critères) bien que des nuances sont présentes (voir infra, analyse et synthèse). Un second pôle abrite la concordance verbal/non-verbal, l'adéquation à la situation et l'écoute active (15%, 15% et 12%

respectivement). Le dernier lot contient la cohérence de la prestation, la qualité des arguments et l'initiative, l'originalité et la créativité (9%, 7% et 8% respectivement).

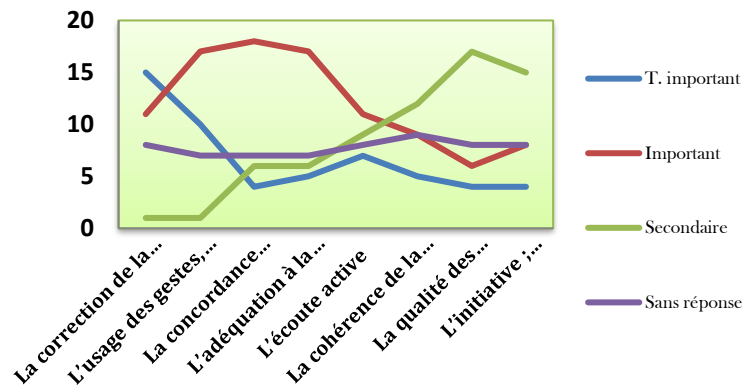


Fig. 6. Si oui, quels sont les critères à base desquels vous évaluez l'oral ?

Prolongeant le bien-fondé des questions précédentes, Nous cherchions à comprendre pourquoi l'épreuve orale est-elle importante. Les réponses se rapportent à trois interrogations: Pour qui l'oral est-il un aspect important ? Comment serait la notation ? Et quel impact cela aurait-il sur l'apprenant ? Pour le premier volet, la majorité (29) des enquêtés pensent que l'oral est un aspect important dans le profil recherché par le marché de l'emploi (19) ou par toute la société (10). Ceux-ci pensent que l'oral n'est pas un intérêt de grande importance de la part des apprenants.

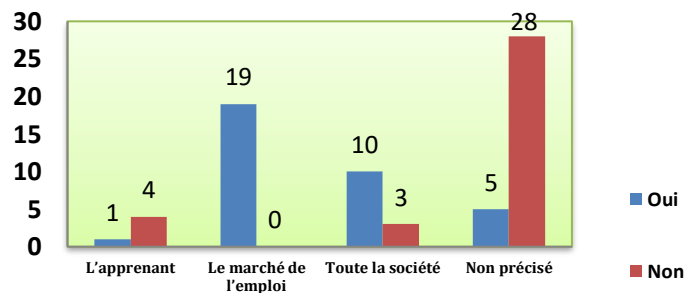


Fig. 7. L'oral est un aspect important dans le profil recherché par...

Pour le second volet de cet item, dix-neuf (19) enseignants pensent que la notation serait plus objective, ce qui représente soixante-trois pour cent (63%) de l'ensemble des enquêtés. Onze (11) autres croient qu'elle ne peut point l'être. Ils représentent quarante pour cent.

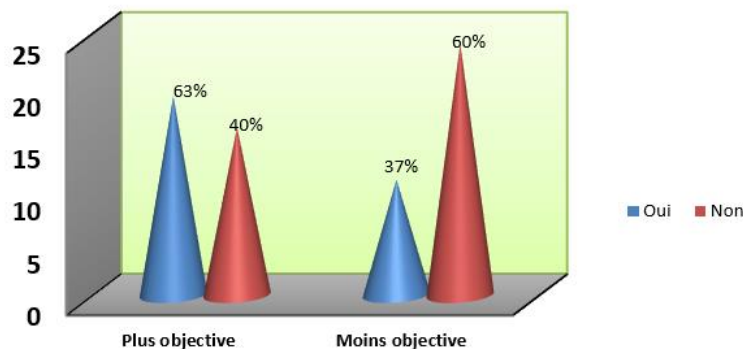


Fig. 8. La notation serait

Quant au volet de l'impact de cette notation sur l'apprenant, la majorité écrasante des praticiens (93 %) pensent qu'elle serait source de motivation aux apprenants qui souhaitent améliorer leurs niveaux. Vingt-huit (28) enseignants soutiennent cette position contre deux (02) qui pensent le contraire. Le graphique ci-joint en donne une idée

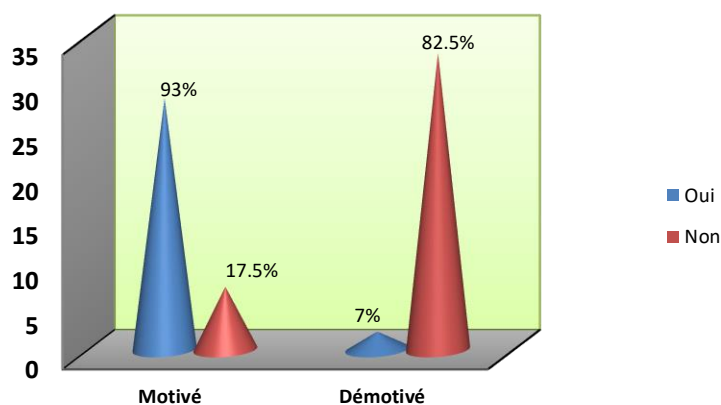


Fig. 9. L'apprenant serait plus

La question suivante se rapporte à la nouvelle configuration que stipule la note 102/15 à propos de l'évaluation, en général, et de l'épreuve orale en deuxième année du BIOF, en particulier. Le taux de ceux qui sont contre cette nouvelle configuration dépasse la moitié de l'ensemble des enquêtés (21 personnes représentant 52.5%). Seuls quatorze enseignants (14) acceptent la configuration actuelle d'un taux ne dépassant pas les 35% de l'ensemble des enquêtés.

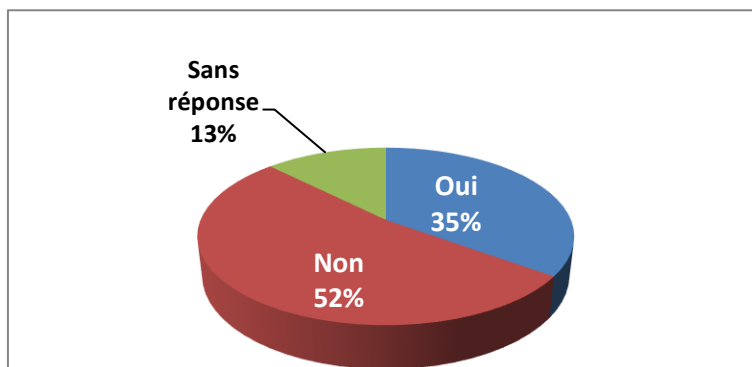


Fig. 10. Etes-vous d'accord avec la configuration actuelle de l'évaluation en cours de français en classe BIOF ?

3.2.2 QUESTIONNAIRE ADRESSÉ AUX APPRENANTS

Nous rappelons que l'échantillon d'apprenants auxquels le questionnaire a été adressé s'élève à quatre-vingt personnes (80). Soixante-seize ont pu effectivement donner suite à notre demande alors que quatre apprenants ont refusé. Des soixante-seize participants effectifs, six n'ont fait que jeter un coup d'œil puis ont préféré le silence. Vingt-huit (28) sont en première année, vingt-trois (23) en deuxième année et dix-neuf (19) sont au tronc commun. Les soixante-dix ayant complété le formulaire se répartissent en quarante-sept (47) filles et vingt-trois (23) garçons.

La première question explore le degré de familiarisation des apprenants avec la langue française hors classe. Les réponses ne révèlent pas de grandes surprises: cinquante-trois apprenants (53) parlent parfois français hors classe, ce qui en fait un taux de soixante-dix pour cent (70%); douze autres (12) le font souvent (16%) alors que seuls deux apprenants (02) affirment le faire toujours (03%). Un seul apprenant affirme ne jamais parler français hors classe. Huit autres (08) ont préféré le silence (10%) et s'ajoute aux quatre (04) qui ont refusé catégoriquement de répondre.

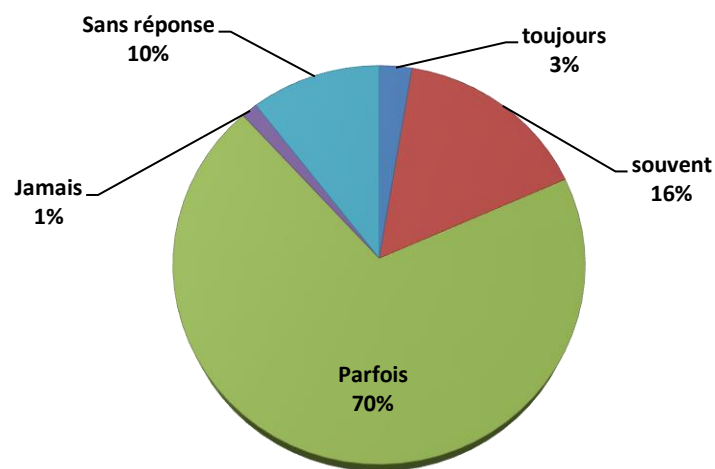


Fig. 11. Parlez-vous français hors classe ?

La deuxième question examine le sentiment qu'éprouvent nos apprenants vis-à-vis de cette langue (le français). Pour quarante-quatre enfants (44), l'on sent qu'elle est un besoin; pour quarante personnes (40), s'approprier le français est un plaisir. Ces deux tendances l'emportent chez trois quarts presque de nos enquêtés. Seize apprenants (16) affirment l'apprendre pour son prestige alors que huit autres (8) croient que le français est un véritable handicap.

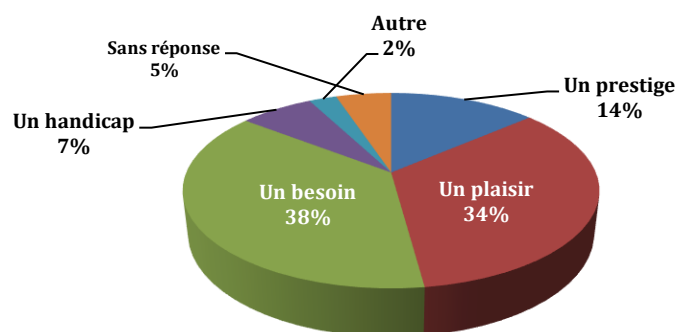


Fig. 12. Parler français est pour vous

La question suivante semble plutôt directe et ouvre la quête sur la réalité *intra-muros*. Nous voulions savoir si les enquêtés prenaient la parole en classe de français. Cinquante-trois (22+31) répondent à l'affirmative selon deux modalités: Toujours (22) et Souvent (31). Douze autres (12) ne le font que rarement alors que dix (10) ont préféré le silence face à cette question.

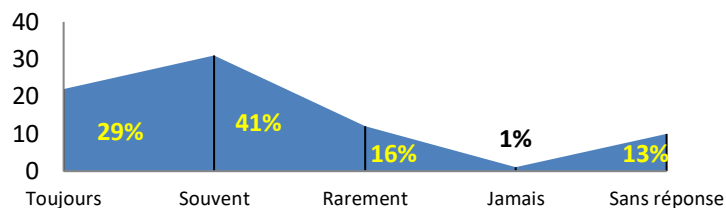


Fig. 13. Prenez-vous la parole en classe de français ?

Les enquêtés sont appelés, ensuite, à expliciter pourquoi ils prennent la parole en classe de français. Pour cinquante personnes (50), prendre la parole se fait pour communiquer leurs idées; Pour trente autres (32), c'est pour répondre aux questions des camarades alors que pour trente apprenants (30) parler en classe se fait en réaction à l'incitation du professeur. Seuls vingt-six (26) voient le français pour apprendre à parler.

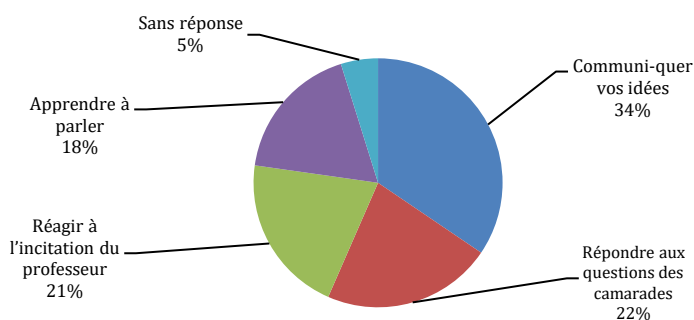


Fig. 14. Vous prenez la parole pour...

Si d'autres apprenants ne prennent pas la parole c'est que quelque chose les empêche de le faire. Plusieurs réponses sont observées chez chaque enquêté. Trente et une réponses (31) affirment ne pas prendre la parole de peur de commettre des erreurs; Vingt-deux autres (22) souffrent d'une expression déficiente; un pôle fait de trente-six voix croient ou bien que leurs idées ne sont pas bonnes (16), ou bien que les sujets (14) ou les situations (06) ne soient pas adéquats; onze élèves (11) attendent toujours qu'on les incite à parler.

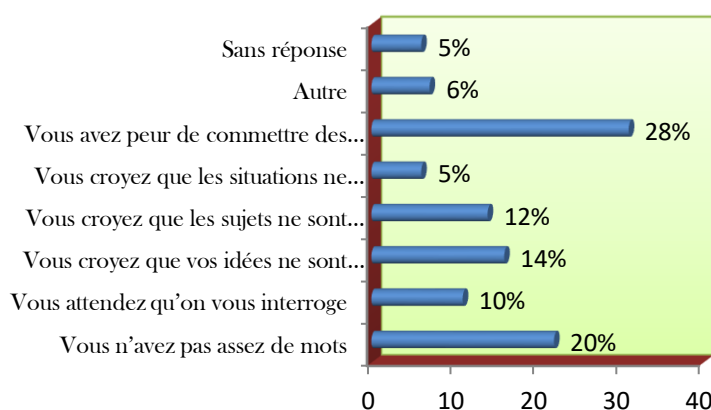


Fig. 15. Vous ne prenez pas la parole parce que...

La question suivante cherche à sonder ce qui pourrait empêcher les apprenants de préparer leurs activités orales. Trente-trois élèves (33) pensent que l'oral ne se prépare pas (35.1%); Vingt et une personnes (21) n'ont pas assez de temps pour le

faire (22.4%) et quatorze autres (14) n'en ont pas l'habitude (14.9%); Douze (12) affirment qu'ils ne comprennent pas ce qui est demandé (12.8%) et neuf personnes (9) ne préparent pas l'oral car il n'est pas noté.

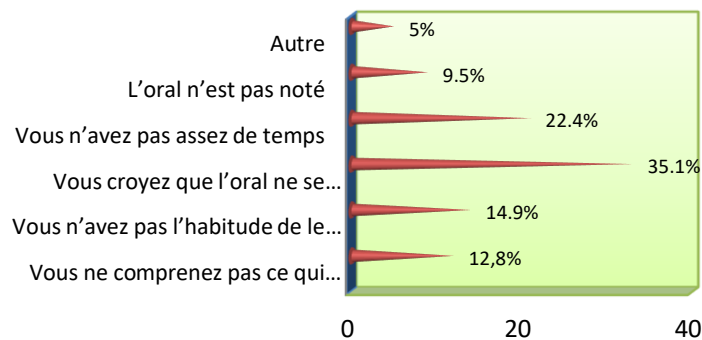


Fig. 16. Si vous ne préparez pas vos activités orales, vous le faites parce que...

Arrive donc une question mettant l'accent sur la relation entre l'oral et la notation. Nous voulions savoir si les apprenants préfèrent être notés à l'oral. Quarante-quatre (44) répondent à l'affirmative, ce qui en fait cinquante-huit pour cent (58%) des réponses collectées contre dix-huit (18) qui refusent cette proposition représentant un taux de vingt-quatre pour cent (24%). Quatorze (14) autres n'ont manifesté aucune réaction et le taux des sans réponse est de dix-huit pour cent (18%).

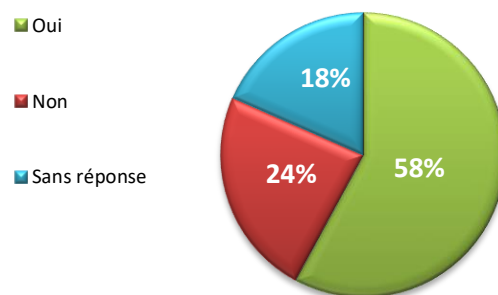


Fig. 17. Aimeriez-vous être noté(e) à l'oral ?

Afin de mieux comprendre: ceux qui aiment être notés à l'oral croient, en premier lieu, que la note encourage à travailler davantage (37 apprenants) puis, en second lieu, qu'ils aiment voir leurs efforts récompensés (22) et, en dernier lieu, qu'à l'oral, l'enseignant semble davantage généreux (16).

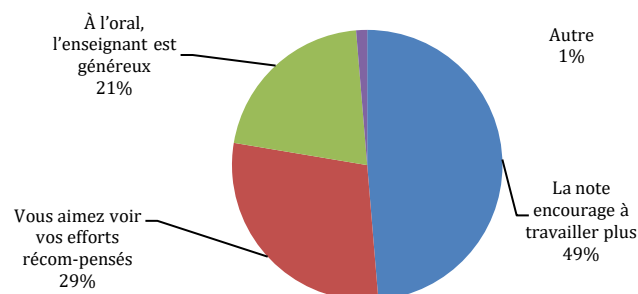


Fig. 18. (noté à l'oral), oui parce que...

Quant à ceux qui préfèrent ne pas être notés à l'oral, ils croient, en premier lieu, que la notation serait moins objective (seize apprenants = 16) puis, en second lieu, que la notation est un aspect décourageant (huit apprenants = 08) et, en dernier lieu, que l'oral ne mérite d'être noté car il est un aspect sans grande importance (quatre apprenants = 04).

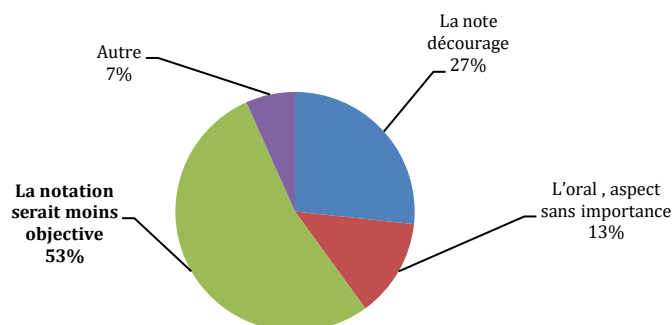


Fig. 19. (noté à l'oral), non parce que...

4 DISCUSSION ET SYNTHÈSES

La recherche que nous avons menée s'est intéressée à sonder la réalité de la pratique évaluative de l'oral en cours de français au lycée marocain. Cette section s'intéresse surtout à la mise en relation des découvertes révélées par les entretiens et par les deux questionnaires.

L'enquête par questionnaires a fait découvrir une réalité d'un traitement de l'oral souvent peu fondé. Ainsi, nous comprenons à présent ce qu'un enseignant veut dire quand il insinue qu'il ignore ce dont nous parlions ou encore un apprenant qui ose dire « nous n'avons jamais fait de TEC et l'oral n'est jamais noté »⁷ bien qu'il soit en classe terminale BIOF. La nouvelle donne est loin d'être installée avec rigueur. Qu'est ce qui justifie un tel état ?

Les conceptions des apprenants encouragent cette image: aux motivations qui insufflent aux apprenants le besoin ou le plaisir de prendre la parole en classe de français, le souci de réagir en communication vient en tête puis vient la réaction aux sollicitations des camarades ou du professeur. Apprendre à parler semble être grandement négligé chez nos apprenants.

L'évaluation de l'oral est l'un des pôles les plus consistants dans nos deux questionnaires. La plupart des apprenants tranchent qu'ils aiment être notés à l'oral (contre 24% qui ne le souhaitent pas), que la note les motive à travailler davantage mais refusent la part de subjectivité des enseignants qui, à leur tour, recourent beaucoup aux impressions pour le faire. Une impression n'est-elle pas la bonne part dans toute subjectivité ? L'inconfort qu'a créé la question se dévoilera par la suite puisqu'à la question de l'usage d'exercices appropriés, mis au service de l'évaluation de l'oral, un grand nombre répondent à l'affirmative alors que le nombre devient réduit quand nous leur suggérons de préciser ces exercices. Même constat fait pour l'outil « grille d'évaluation »: les vingt-sept (27) praticiens qui, tout au départ, affirment l'adopter se rétrécissent en treize (13) lors de la demande de précision.

Un autre aspect contrastif de la pratique évaluative de l'oral apparaît: le commentaire oral vient en deuxième position comme outil d'évaluation alors qu'il est l'activité la moins travaillée en classe. De même, l'entretien, étant la forme dans laquelle l'épreuve orale doit se faire, est l'exercice le moins utilisé par les praticiens. Outre ceci, huit enseignants (8) recourent au compte rendu écrit pour évaluer l'oral. Il faut y joindre ceux qui empruntent aux domaines de la langue ou de l'écrit leurs critères pour évaluer l'oral. Le critère de « la correction de la langue », par exemple, jouit, à lui seul, de toute la plage que permet la modalité « très important » au moment où la modalité « important » est partagé par quatre critères. Le confort que permet la norme linguistique semble rassurer les praticiens; ce qui amène à sacrifier le potentiel assez riche et très varié que favorise l'activité orale en en rendant l'apport trop réduit pour ne pas dire rudimentaire. L'évaluation, quant à elle, se voit fausser le cheminement qu'elle doit favoriser; du coup, ses résultats seront-ils significatifs ?

Les constats s'en vont nombreux à construire la même image. L'impact d'un débat révolu à propos des références de l'évaluation émerge des données collectées: dans un esprit de classement (c'est à dire de sélection, d'exclusion alors), l'on procédait par comparer les performances entre elles; c'est une caractéristique ponctuelle des concours mais jamais d'une

⁷ Propos collecté dans les réponses des apprenants.

évaluation qui se veut, souvent, formative. Malheureusement, quelques enseignants précisent qu'en évaluation, ils confrontent deux candidats dans un débat où l'un l'emporte et l'autre devient automatiquement perdant ! D'autres n'évaluent jamais les apprenants à l'oral car, à leurs avis, l'examen régional prévaut. La situation d'évaluation de l'oral présente une image parfaite de contrat majoritairement faussé.

Malgré cet état des choses, les opinions des enseignants sont grandement favorables quant à l'expérience du BIOF. Ces opinions encourageantes ne doivent pas dissimuler la part des enseignants hésitant puisque pour eux la réforme doit être systémique et que l'importance de l'oral n'est pas encore ancrée comme besoin personnel chez l'apprenant. Quelqu'un répète l'embarras du choix didactique en précisant: « *L'œuvre encourage la littérature, l'écrit alors; L'oral appartient au FLE. Comment les concilier ?* » Lorsque un autre tranche et affirme « *bannir l'œuvre littéraire et adopter le FLE* »⁸.

Bref, La recherche que nous avons menée a brossé une certaine image de la réalité de l'évaluation de l'oral au lycée marocain via une enquête faite d'entrevues et de deux questionnaires. Si l'on contemple les réponses des enseignants lors des entrevues, leurs réponses aux questionnaires et celles des apprenants, l'oral semble, pour ceux qui en ont une pratique évaluative, mal évalué.

5 PERSPECTIVES ÉVALUATIVES

Dans le cas d'une production orale, une évaluation, puisée dans une visée communicative à caractère global, complexe et imprévu, fait émerger le problème susmentionné de la perception linéaire d'une situation si complexe. Le regard d'un seul évaluateur peut-il cerner et évaluer toutes les composantes de l'oral à chaud ?

Pour pallier le caractère lacunaire d'une telle pratique, quelques alternatives s'offrent:

- Procéder par sélection de critères (reflétant des priorités) bien que cette sélection demande de cumuler un grand nombre de prestations pour pouvoir juger. L'appréciation devient globale et la moyenne paraît plus fatidique que jamais !
- Procéder par des enregistrements accompagnant la pratique évaluative de l'oral. Possibilité qui pourrait pallier les difficultés de la non-traçabilité mais qui affronte des défis technologiques potentiels et fait apparaître un écueil moral à débattre publiquement (a-t-on le droit d'enregistrer des mineurs ?). Faut-il rappeler qu'un obstacle de taille tel celui-ci affaiblit cette alternative: il est interdit d'y procéder hors l'octroi d'une autorisation dont la responsabilité revient à une autre autorité compétente autre que le MEN
- Minimiser l'ampleur de cette complexité en procédant par des évaluations effectuées par un jury plus ou moins élargi (deux évaluateurs ou plus). Possibilité ambitieuse bien qu'elle présente des difficultés d'ordres psychologique, didactique et administratif

Pourtant, les trois alternatives ont en commun le caractère d'être grandement coûteuses: si la première frôle la parcellisation, grand défaut de la PPO, et demande un grand nombre d'essais pour chaque note; les autres demandent des prérogatives matériellement imposantes, des risques de tensions et un impact psychologique, souvent traumatisant, sur l'entité évaluée.

Prendre conscience de la spécificité de l'oral est un autre point de force. Ainsi et puisque, en plein entretien, l'écoute peut être une écoute de veille (quand il y'a totale absence d'attention et que l'intérêt vient à l'improviste), une écoute globale (où la signification recherchée porte sur l'ensemble), une écoute détaillée (dès que le regard analytique est mis sur les parties) ou une écoute sélective (au moment où l'on procède à un repérage ciblé), il y'a intérêt à procéder par plusieurs écoutes en vue de:

- Permettre la compréhension et la mise en marche des aspects onomasiologiques et/ou sémasiologiques
- Prendre en considération la longueur du message écouté (émission, enregistrement, etc.), sa clarté et son débit, entre autres critères de choix
- S'apercevoir de l'utilité du cobayage (essayer, simuler puis analyser, évaluer)

De même, à l'oral, comme à l'écrit, le sens ne se trouve ni dans les sons ni dans les mots, mais jaillit de l'agrégation de tous les éléments du tissu. Pour ce, il est judicieux d'opter pour des activités portant sur la texture, sur l'organisation et sur l'enchaînement. Produire de l'oral c'est mettre en application les stratégies mobilisées lors de la compréhension pour s'en

⁸ Propos collectés dans les réponses des enseignants.

détacher vers des prestations davantage créatives et originelles. Il vaut mieux lui aménager une place immédiate après la phase de compréhension orale puisque mieux parler peut-être tributaire d'une bonne écoute menée avec méthode.

En fin, repenser l'oral c'est glisser davantage le regard vers les aspects discursifs (moins aux aspects linguistique). Différentes activités peuvent donc être proposées: incarner un personnage; réaliser une émission à diffuser, un reportage, une émission radio; jouer le rôle d'animateur, improviser; Simuler une prestation; etc. Leurs points de force sont la reproduction des conditions réelles (socialement répandues) de réception et de production de l'oral, la contenance de ses spécificités et l'assurance de sa signifiante. Pourtant, d'autres interrogations rendent la tâche assez épineuse: la dépendance de ces activités de la réalité ne constitue-t-elle pas une faiblesse ? Quel serait le degré de régulation pour mieux réconcilier l'authenticité de la réalité aux exigences institutionnelles ? Les questions de l'ancrage et de l'adaptabilité retrouvent leur pleine ampleur.

6 CONCLUSION

Dans cet article, il était question d'interroger la pratique évaluatrice de l'oral en cours de français au lycée marocain. La donne émerge en sujet de débat dès l'année 2014, année d'installation des sections internationales du baccalauréat marocain. Désormais, les apprenants en 2^{ème} année (année terminale) sont soumis à une épreuve orale.

La nouvelle décision répond, peut-être, à des attentes sociales et à des exigences macro-structurelles mais reconforte peu les acteurs directement concernés car l'oral présente cette réalité dont l'effort de rendre compte ou de faire le point affronte une grande résistance. Du coup, l'oral semble être un enjeu majeur qui favorise d'autres enjeux dont la réussite de l'insertion sociale et l'alimentation du marché de l'emploi en compétences requises; ce qui rend l'effort d'en décider, en classe, une tâche peu aisée.

Cette recherche ambitionnait de sonder la réalité de cette tâche consistant à évaluer l'oral. Il en découle une image peu propice à une véritable évaluation: l'oral ne constitue pas encore un véritable objet d'enseignement; sa complexité énorme contrarie les souhaits des praticiens qui, consciemment ou inconsciemment, en réduisent les contours. Du coup, vouloir l'évaluer demeure tributaire d'un premier effort de définition et de délimitation. La transposition en objet évaluable nécessite par la suite toute la manœuvre didactique mais jamais un simple outillage. Dans l'immédiat, nous avons réfléchi sur quelques perspectives palliatives en attendant un travail davantage complet pour pouvoir suggérer des dispositifs adéquats. En tout cas, pour qu'un praticien puisse s'approprier une didactique de l'oral, divers ingrédients doivent être présents: le thème gagnera à permettre de travailler un genre oral précis; chaque apprenant a intérêt à y prendre part; l'enseignant cherchera à faciliter la progression vers des projets et des situations authentiques; l'enseignement doit favoriser un climat de liberté et d'échange sans qu'il omette de cibler le volet systématique quand il le faut; les compétences seront complexes, communicatives et transférables; les supports et les outils doivent nourrir l'écoute, la parole et la réflexion; etc.

Rassurer la société passe par une école attentive et attentionnée. La rendre comme telle passe par un investissement sensible, en permanence, aux attentes en vue de les gouverner (mieux que de les suivre). Il faut reconforter les praticiens ne serait-ce qu'en convoquant les brillantes expériences salvatrices dans de telles situations.

REMERCIEMENTS

Ce travail ne saurait faire ce cheminement sans:

- Le soutien exemplaire de notre adorable famille,
- L'encouragement de notre respectueuse directrice de thèse
- La collaboration des praticiens enquêtés et leurs aimables apprenants
- Le corps administratif des établissements engagés dans notre enquête
- Etc

À toutes et à tous, nous exprimons nos remerciements les plus avenants !

REFERENCES

- [1] Abernot, Y., *Les méthodes d'évaluation scolaire*, Paris, Bordas, 1988.
- [2] Cardinet, J., *Objectifs éducatifs et évaluation individualisée*, Neuchâtel, IRDP, 1977.
- [3] Cardinet, J., *Évaluation scolaire et mesure*, Neuchâtel, IRDP, 1986.
- [4] Dolz, J. et Schneuwly, B., *Pour un enseignement de l'oral. Initiation aux genres formels à l'école*, Paris, ESF Editeurs, 1998.
- [5] Lebre-Peytard, M., *Décrire et découper la parole*, Paris, CLE International, 1982.
- [6] Mothe, J.-C., *L'évaluation par les tests dans la classe de français*, Paris, Hachette-Larousse, Collection Le Français dans le Monde, 1975.
- [7] Bautier, R., « Note sur l'oral et la véridiction », *Pratiques* n° 17, pp. 53-55, Octobre 1977.
- [8] Blanchet, P. et Asselah-Rahal, S., « Pourquoi s'interroger sur les contextes en didactique des langues ? », In: P. Blanchet, D. Moore et S. Asselah-Rahal (dir.), *Perspectives pour une didactique des langues contextualisée*, Paris, Éd. des archives contemporaines, AUF, pp. 9-16, 2008.
- [9] Chnane-Davin, F. et Cuq, J.-P., « Interdisciplinarité et interdidacticité en classe de FLS », *Le Français dans le Monde* N° 44, Du discours de l'enseignant aux pratiques des apprenants, CLE International, pp. 8-19, 2008.
- [10] Nonnon, E., « L'histoire de la didactique de l'oral, un observatoire de questions vives de la didactique du français », *Pratiques* n° 149/150, pp. 184-206, Juin 2011.
- [11] Pietro, J. et Wirthner, M., « Oral et écrit dans les représentations des enseignants et dans les pratiques quotidiennes de la classe », Neuchâtel, Tranel, vol. 25, pp. 29-49, 1995.
- [12] Rispaïl, M. et Blanchet, P., « Principes transversaux pour une sociodidactique dite « de terrain », In: Blanchet, P. et Chardenet, P. (dir.), *Guide pour la recherche en didactique des langues et des cultures. Approches contextualisées*, Montréal, AUF/EAC, pp. 65-69, 2011.
- [13] Landsheere, G. de, *Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation*, Paris, Éditions PUF, 1979.
- [14] Reuter, Y. et alii, *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*, Bruxelles, De Boeck, 2010 (2^{ème} édition).
- [15] MEN, Note ministérielle 133/14 parue le 26 Septembre 2014.
- [16] MEN, Guide d'accompagnement de la mise en œuvre du cours « Techniques d'expression et de communication », Rabat, Juin 2016.
- [17] <http://journals.openedition.org/ries/3978DOI> <https://doi.org/10.4000/ries.3978>.
- [18] *Le Français aujourd'hui* n° 154, Former au français dans le Maghreb consulté sur.
- [19] <https://www.cairn.info/revue-le-francais-aujourd-hui-2006-3-page-67.htm>, le 12 Janvier 2022.
- [20] www.canalu.tv/video/les_amphis_de.../panorama_des_methodologies.

Contribution à la caractérisation mécanique des barres d'acier à haute adhérence recyclées au Rwanda et en Turquie à partir de la ferraille collectée à Goma et utilisées dans les constructions à Goma, Nord Kivu en République Démocratique du Congo (RDC)

[Contribution to the mechanical characterization of recycled high yield steel bars in Rwanda and Turkey from metal waste and used in constructions in Goma, North Kivu, Democratic Republic of Congo (DRC)]

MUGANZA MUHEMBA David¹, MOUNDOM Amadou², BISIMWA MUSHAGALUSA Sem³, KOKO KATUMBI Pascal⁴, KUBUYA BINWA Patient⁵, KAMBALE MAGHAVIRO Jacques⁶, NGAPGUE François⁷, and TAMO TATIETSE Thomas⁸

¹Etudiant de troisième cycle en Génie Mécanique, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

²Chargé de Cours en Génie Civil, FASA, Université de Dschang, Cameroon

³Ingénieur de Génie Civil, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

⁴Ingénieur de Génie Civil, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

⁵Etudiant de troisième cycle en Génie Civil, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

⁶Ingénieur de Génie Civil, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

⁷Professeur Titulaire de Génie Civil, IUT-FV, Université de Dschang, Cameroon

⁸Professeur Titulaire HDR de Génie Civil, ENSPY, Université de Yaoundé, Cameroon

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present work focuses on the tensile strength of reinforced concrete high yield steel bars from Rwanda and Turkey, commonly used in the construction in Goma, recycled in Rwanda from metal waste from off-road vehicles and others collected in Goma. Metal waste is collected in Goma largely manually and transported to Rwanda where a lathe machine tool is used to manufacture steel specimens which undergo a tensile test using the WP 300 universal testing machine for tensile test. The yield strength of the ordinary high yield steel bars and that of the standard high yield steel bars all recycled in Rwanda are 420.6 and 392.8 MPa respectively while the yield strength of the recycled high yield steel bars from Turkey is 443 MPa. These values are very close to the values recommended by French standard N F EN 1992 (Part 1-1) which must be between 400 MPa and 600 MPa and are of high ductility (Class C). The Young moduli of ordinary high yield steel bars recycled from Rwanda, that of standard high yield steel bars recycled from Rwanda and finally that of high yield steel bars recycled from Turkey are respectively 27.6, 27.6 and 31.2 GPa, very low values compared to the value of 200 GPa recommended by the standards, hence the importance of taking them into consideration in the design calculations.

KEYWORDS: Metal waste, recycling, reinforced concrete steel reinforcement, tensile test on steels.

RESUME: Le présent travail porte sur la résistance à la traction des barres d'acier à haute adhérence de béton armé utilisées couramment dans la construction à Goma, provenant du Rwanda et de la Turquie, recyclées au Rwanda à partir de la ferraille provenant des véhicules hors d'usage (VHU) et autres collectée à Goma. La ferraille est collectée à Goma en grande partie manuellement et acheminée au Rwanda où une machine-outil tour permet de fabriquer des éprouvettes d'acier qui subissent un essai à la traction à l'aide de la machine d'essai universelle WP 300 pour essai de traction. La limite d'élasticité des barres d'acier ordinaires à haute adhérence et celle des barres standards recyclées toutes du Rwanda sont respectivement de 420,6 et 392,8 MPa tandis que la limite élastique des barres d'acier à haute adhérence recyclées de la Turquie est de 443 MPa. Ces valeurs sont très proches des valeurs recommandées par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa et sont de classe de ductilité C (grande ductilité). Les modules d'élasticité longitudinale des barres d'acier ordinaires à haute adhérence recyclées au Rwanda, des barres d'acier standards à haute adhérence recyclées au Rwanda et des barres d'acier à haute adhérence recyclées de la Turquie sont respectivement de 27,6, 27,6 et 31,2 GPa, très faibles par rapport à la valeur de 200 GPa donnée par les normes en vigueur, d'où l'importance de leur prise en compte dans les calculs de dimensionnement.

MOTS-CLEFS: Ferraille, recyclage, acier pour béton armé, essai de traction sur les aciers.

1 INTRODUCTION GENERALE

La Banque mondiale en 2012 a montré que la production mondiale des déchets a doublé durant la dernière décennie et selon une étude faite par Hoornweg et Bhada-Tata (2012), elle devrait encore augmenter de 69% d'ici à 2025. Cette tendance s'observe aussi en Afrique où les différentes villes doivent faire face à un sérieux problème de gestion des déchets, notamment en ce qui concerne leur collecte et leur traitement d'après Pierrat (2014), Pierre (2002) et Tchoukoua (2010) in Holy et al. (2020). Cette situation est aussi critique en République Démocratique du Congo, où les villes en général échappent aux conditions et aux mécanismes d'assainissement et de protection de l'homme contre les intempéries et maladies dues aux conditions malsaines des espaces urbains d'après Schrupf et al. (2021). La littérature scientifique disponible dans le domaine des déchets métalliques montre que ceux-ci sont plus valorisés en Afrique de l'Ouest mais de façon artisanale d'après Schrupf et al. (2021). Cette étude se propose de valoriser ces déchets métalliques dans la fabrication des armatures de béton armé.

Les aciers pour béton armé sont fabriqués à partir d'aciers généralement élaborés dans des fours électriques à partir de ferrailles de récupération. Le béton armé est, aujourd'hui, un matériau incontournable dans le domaine du Génie Civil. Il est privilégié dans diverses constructions (logements privés, collectifs, bureaux, bâtiments industriels, hôpitaux...) grâce à ses nombreux atouts. Un bâtiment en béton armé consomme 40 à 80 kg d'acier par mètre cube de béton. Une proportion qui peut atteindre 200, voire 300 kg par mètre cube de béton pour les ouvrages les plus sollicités. La construction moderne ne saurait s'en passer. C'est dans cette optique que des ferrailles sont ramassées dans la ville de Goma et ses environs, pour être recyclées et transformées au Rwanda en barres à haute adhérence. Trois catégories des barres sont généralement utilisées à Goma à savoir les barres à haute adhérence ordinaires recyclées du Rwanda, les barres à haute adhérence standards recyclées du Rwanda et des barres à haute adhérence recyclées de la Turquie.

L'objectif de ce travail est de pouvoir faire des essais de traction afin d'obtenir les caractéristiques mécaniques essentielles de ces barres pour leur prise en compte dans le dimensionnement des structures dans la ville volcanique de Goma se trouvant dans une région à sismicité modérée.

2 REVUE DE LA LITTERATURE

Des travaux antérieurs sont passés en revue ainsi qu'il suit:

Les différentes sources de ferrailles, l'estimation de la quantité de ferrailles générée, la collecte de la ferraille, le marché de la ferraille, le traitement et le recyclage des ferrailles ainsi que les produits issus du recyclage de ces ferrailles au Cameroun sont développés par Bidoung et al. (2007);

Les travaux de Schrupf et al. (2021) ont contribué à la valorisation artisanale des déchets métalliques dans la ville de Bunia en République Démocratique du Congo;

La norme N F EN 10002-1 décrit l'essai destructif de traction sur les armatures jusqu'à la rupture sur les aciers de diamètres standards et de 40 cm environ de longueur;

L'acier pour béton armé est défini par ses caractéristiques de forme, géométriques, mécaniques et technologiques. Les spécifications concernant les aciers sont détaillées dans les normes NF A 35-015 (aciers soudables lisses), NF A 35-080-1 (Aciers pour béton armé en

barres et couronnes à verrous et empreintes), NF A 35-080-2 (treillis soudés), NF A 35-025 (aciers pour béton armé, barres et couronnes galvanisées à chaud), norme NF A 35-014 (acier pour béton inox). Les aciers sont désignés par leur limite d'élasticité garantie R_e en MPa, leur nuance et leur forme (lisse, haute adhérence). L'aptitude au pliage (essai de pliage ou essai de pliage-dépliage conformément à la norme NF EN ISO 15630-1). La Classe de ductilité (A, B, C) est détaillée dans Eurocode 2.

De tous ces travaux, peu d'entre eux se sont intéressés à la valorisation des déchets métalliques pour les recycler et les transformer en armatures pour béton armé: D'où l'intérêt de ce travail.

3 MATERIELS ET METHODES

La méthodologie vise à déterminer les caractéristiques mécaniques obtenues par l'essai de traction afin de caractériser les armatures haute adhérence recyclées utilisées dans la construction dans la ville de Goma et ses environs. Ces caractéristiques sont les suivantes: résistance mécanique, limite d'élasticité, allongement à la rupture, classe de ductilité et le module d'élasticité. Les armatures utilisées dans la construction dans la ville de Goma et ses environs proviennent du Rwanda et de la Turquie. Ces barres sont toutes obtenues par recyclage des matériaux métalliques issus des véhicules hors d'usage (VHU), des profilés et métaux ramassés par-ci, par-là, qui sont achetés et revendus au Rwanda pour leur recyclage dans des fours. L'appareil qui nous a permis de réaliser les essais de traction sur les aciers recyclés est le WP 300 associé à un ordinateur pour l'acquisition et la lecture des données automatiquement (figure 1). Par contre, les métaux étant des cristaux, supposés des milieux continus ayant les mêmes propriétés dans toutes les directions, les éprouvettes à tester avec l'appareil d'essai WP 300, étaient issues des barres à haute résistance recyclées, réparties en 3 classes selon leur qualité et leur provenance. Nous avons: Les barres à haute adhérence ordinaire recyclées venant du Rwanda, les barres à haute adhérence standard recyclées venant du Rwanda et les barres à haute adhérence recyclées venant de la Turquie. Les éprouvettes de ces trois catégories de barre à haute adhérence recyclées ont été tournées par la machine-outil tour (figure 2), la forme finale de l'éprouvette étant présentée sur la figure 3. L'essai destructif de traction, c'est-à-dire jusqu'à la rupture de l'éprouvette est présentée sur la figure 4. L'essai de traction sur les armatures ainsi recyclées est effectué jusqu'à la rupture conformément à la norme NF EN 10002-1 sur les aciers de 6 mm de diamètre et de 30 cm de longueur, car dimensions maximales des éprouvettes pour l'appareil WP 300.



Fig. 1. Machine d'essai universelle WP 300 pour essai de traction



Fig. 2. Machine-outil tour pour la fabrication des Eprouvettes

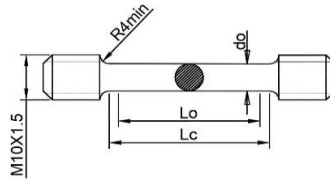


Fig. 3. Forme finale de l'éprouvette de traction

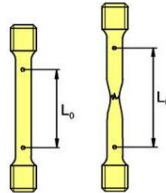


Fig. 4. Déformation de l'éprouvette jusqu'à la rupture

Dix éprouvettes d'essai de traction ont été confectionnées pour chaque catégorie de barre utilisée à Goma dans un lot de 5 barres par catégorie.

La résistance maximale à la traction R_m (N), la limite élasticité R_e (N), l'allongement des armatures ϵ_s (%), l'allongement sous charge maximale A (%) et le module d'Young E (GPa), sont définis respectivement par les relations 1, 2, 3, 4 et 5:

$$R_m = \frac{F_u}{S} \quad (1)$$

$$R_e = \frac{F_{\text{él}}}{S} \quad (2)$$

$$\epsilon_s = \frac{l_{\text{él}} - l_0}{l_0} \quad (3)$$

$$A = \frac{l_u - l_0}{l_0} \quad (4)$$

$$E = \frac{R_e}{1000\epsilon_s} \quad (5)$$

Avec: F_u , $F_{\text{él}}$, S , l_0 , l_u , $l_{\text{él}}$ désignent respectivement la force ultime, la force à la limite d'élasticité, l'aire de la section d'une éprouvette, la longueur initiale de l'éprouvette, la longueur maximale provoquée par F_u et la longueur à la limite élastique provoquée par $F_{\text{él}}$.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES BARRES ORDINAIRES À HAUTE ADHÉRENCE RECYCLÉES DU RWANDA

Les valeurs des caractéristiques mécaniques des barres ordinaires à haute adhérence recyclées au Rwanda sont présentées dans le tableau 1 et sur la figure 5 tandis que les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 1. Caractéristiques mécaniques des barres ordinaires à haute adhérence recyclées du Rwanda

| Caractéristiques des barres recyclées ordinaires HA du Rwanda | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------|
| No. | F _u (N) | F _{iel} (N) | S (mm ²) | l _o (cm) | l _u (mm) | Δl _ε (mm) | ε _s (%) | A (%) | R _m (MPa) | R _e (MPa) | R _m /R _e | E (GPa) |
| 1 | 16300 | 12200 | 28,26 | 30 | 36,4 | 0,35 | 0,012 | 21,3 | 576,8 | 431,7 | 1,34 | 37,00 |
| 2 | 15600 | 11150 | 28,26 | 30 | 37 | 0,35 | 0,012 | 23,3 | 552,0 | 394,6 | 1,40 | 33,82 |
| 3 | 15000 | 10550 | 28,26 | 30 | 37,05 | 0,4 | 0,013 | 23,5 | 530,8 | 373,3 | 1,42 | 28,00 |
| 4 | 17100 | 14250 | 28,26 | 30 | 36,85 | 0,48 | 0,016 | 22,8 | 605,1 | 504,2 | 1,20 | 31,52 |
| 5 | 15200 | 11000 | 28,26 | 30 | 36,65 | 0,35 | 0,012 | 22,2 | 537,9 | 389,2 | 1,38 | 33,36 |
| 6 | 16100 | 12000 | 28,26 | 30 | 36,25 | 0,45 | 0,015 | 20,8 | 569,7 | 424,6 | 1,34 | 28,31 |
| 7 | 16200 | 12000 | 28,26 | 30 | 36,5 | 0,6 | 0,020 | 21,7 | 573,2 | 424,6 | 1,35 | 21,23 |
| 8 | 16300 | 11800 | 28,26 | 30 | 36,7 | 0,55 | 0,018 | 22,3 | 576,8 | 417,6 | 1,38 | 22,78 |
| 9 | 15800 | 11450 | 28,26 | 30 | 36,8 | 0,55 | 0,018 | 22,7 | 559,1 | 405,2 | 1,38 | 22,10 |
| 10 | 16300 | 12450 | 28,26 | 30 | 36,35 | 0,75 | 0,025 | 21,2 | 576,8 | 440,6 | 1,31 | 17,62 |

Tableau 2. Caractéristiques moyennes des barres ordinaires à haute adhérence recyclées du Rwanda

| Caractéristiques des barres ordinaires HA recyclées du Rwanda | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------|
| F _u (N) | F _{iel} (N) | S (mm ²) | l _o (cm) | l _u (mm) | Δl _ε (mm) | ε _s (%) | A (%) | R _m (MPa) | R _e (MPa) | R _m /R _e | E (GPa) |
| 15990 | 11885 | 28,26 | 30 | 37 | 0,48 | 0,016 | 22,18 | 565,8 | 420,6 | 1,35 | 27,6 |

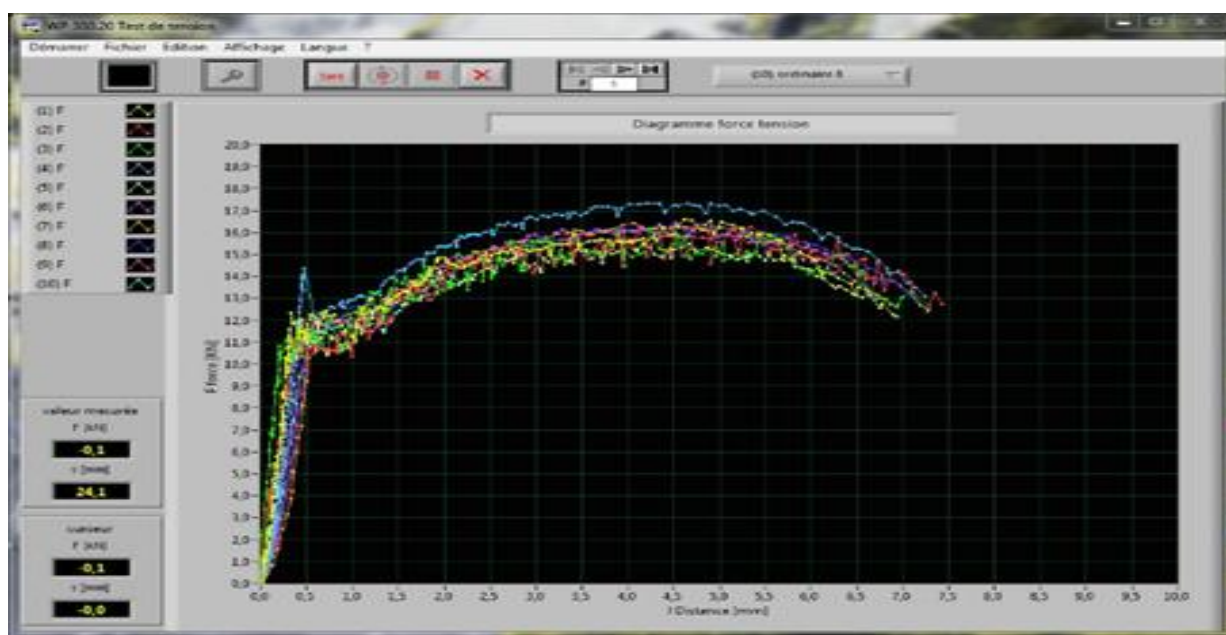


Fig. 5. Diagrammes contrainte- déformation des barres haute adhérence ordinaires recyclé du Rwanda

D’après les tableaux 1 et 2 et la figure 5, la valeur moyenne de la limite d’élasticité des aciers ordinaires à haute adhérence recyclés au Rwanda et utilisés couramment dans la ville de Goma est de 420,6 MPa, conforme aux valeurs par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa. Ils sont tous de la classe de ductilité C selon Eurocode 2, mais ont une faible valeur de module d’élasticité longitudinale de 27,6 GPa.

4.2 : CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES BARRES STANDARDS À HAUTE ADHÉRENCE RECYCLÉES DU RWANDA

Les valeurs des caractéristiques mécaniques des barres standards à haute adhérence recyclées au Rwanda sont présentées dans le tableau 3 et sur la figure 6 tandis que les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 3. Caractéristiques mécaniques des barres standards à haute adhérence recyclées du Rwanda

| Caractéristiques des barres recyclées standards HA du Rwanda | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------|
| No. | F _u (N) | F _{iel} (N) | S (mm ²) | l _o (cm) | l _u (mm) | Δl _é (mm) | ε _s (%) | A (%) | R _m (MPa) | R _e (MPa) | R _m /R _e | E (GPa) |
| 1 | 15300 | 10600 | 28,26 | 30 | 36,5 | 0,35 | 0,012 | 21,7 | 541,4 | 375,1 | 1,44 | 32,15 |
| 2 | 15500 | 10600 | 28,26 | 30 | 38 | 0,35 | 0,012 | 26,7 | 548,5 | 375,1 | 1,46 | 32,15 |
| 3 | 16000 | 11000 | 28,26 | 30 | 36,9 | 0,35 | 0,012 | 23,0 | 566,2 | 389,2 | 1,45 | 33,36 |
| 4 | 16000 | 10000 | 28,26 | 30 | 36,35 | 0,5 | 0,017 | 21,2 | 566,2 | 353,9 | 1,60 | 21,23 |
| 5 | 17000 | 11200 | 28,26 | 30 | 36,6 | 0,45 | 0,015 | 22,0 | 601,6 | 396,3 | 1,52 | 26,42 |
| 6 | 15700 | 10300 | 28,26 | 30 | 36,75 | 0,35 | 0,012 | 22,5 | 555,6 | 364,5 | 1,52 | 31,24 |
| 7 | 16000 | 11700 | 28,26 | 30 | 36,4 | 0,6 | 0,020 | 21,3 | 566,2 | 414,0 | 1,37 | 20,70 |
| 8 | 16250 | 11200 | 28,26 | 30 | 36,9 | 0,56 | 0,019 | 23,0 | 575,0 | 396,3 | 1,45 | 21,23 |
| 9 | 16300 | 11200 | 28,26 | 30 | 36,6 | 0,45 | 0,015 | 22,0 | 576,8 | 396,3 | 1,46 | 26,42 |
| 10 | 17200 | 13200 | 28,26 | 30 | 36,65 | 0,45 | 0,015 | 22,2 | 608,6 | 467,1 | 1,30 | 31,14 |

Tableau 4. Caractéristiques moyennes des barres standards à haute adhérence recyclées du Rwanda

| Caractéristiques des barres standards HA recyclées du Rwanda | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------|--|
| F _u (N) | F _{iel} (N) | S (mm ²) | l _o (cm) | l _u (mm) | Δl _é (mm) | ε _s (%) | A (%) | R _m (MPa) | R _e (MPa) | R _m /R _e | E (GPa) | |
| 16125 | 11100 | 28,26 | 30 | 36,77 | 0,44 | 0,015 | 22,56 | 570,6 | 392,8 | 1,46 | 27,6 | |

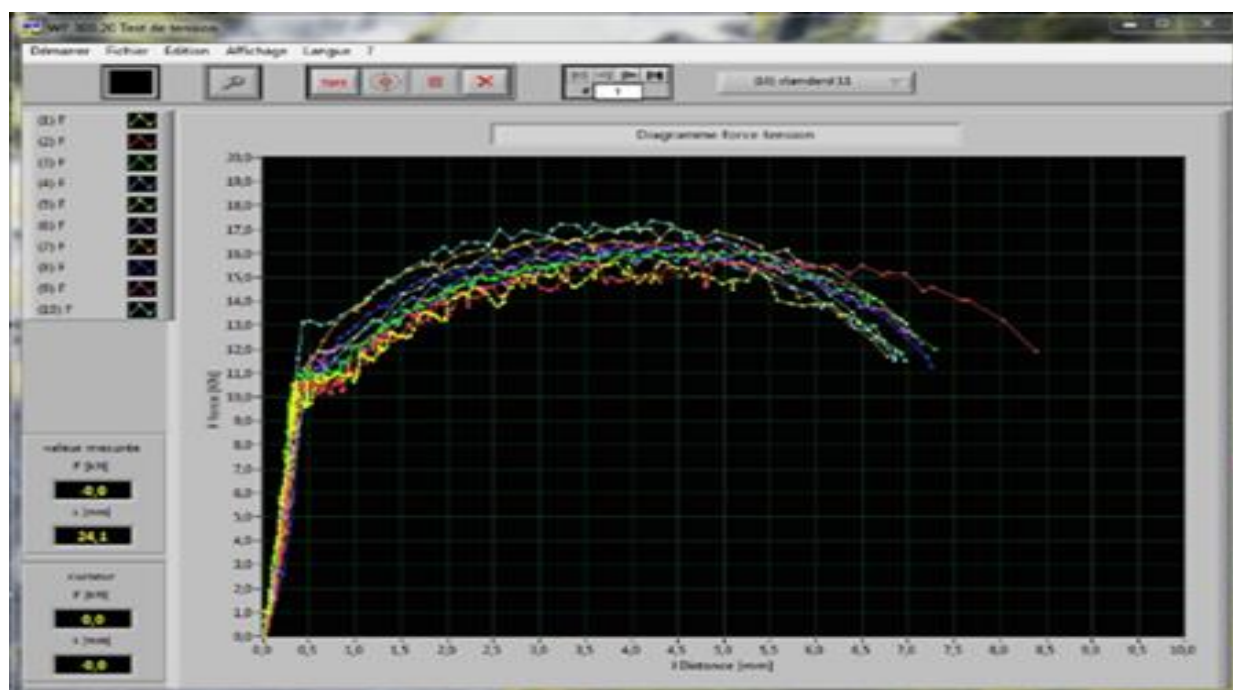


Fig. 6. Diagrammes contrainte-déformation des barres haute adhérence standards recyclées du Rwanda

D’après les tableaux 3 et 4 et la figure 6, la valeur moyenne de la limite d’élasticité des aciers ordinaires à haute adhérence recyclés au Rwanda et utilisés couramment dans la ville de Goma est de 392,8 MPa, conforme aux valeurs par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa. Ils sont tous de la classe de ductilité C selon Eurocode 2, mais ont une faible valeur de module d’élasticité longitudinale de 27,6 GPa.

4.3 : CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES BARRES À HAUTE ADHÉRENCE RECYCLÉES DU RWANDA

Les valeurs des caractéristiques mécaniques des barres à haute adhérence recyclées de la Turquie sont présentées dans le tableau 5 et sur la figure 7 tandis que les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 5. Caractéristiques mécaniques des barres à haute adhérence recyclées de la Turquie

| Caractéristiques des barres recyclées HA de la Turquie | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------------|------------------------|------------|------------|-------------------|------------------|-------|-------------|-------------|-----------|---------|
| No. | F_u (N) | F_{iel} (N) | S (mm ²) | l_o (cm) | l_u (mm) | Δl_e (mm) | ϵ_s (%) | A (%) | R_m (MPa) | R_e (MPa) | R_m/R_e | E (GPa) |
| 1 | 18600 | 14700 | 28,26 | 30 | 38,83 | 0,4 | 0,013 | 29,4 | 658,2 | 520,2 | 1,27 | 39,01 |
| 2 | 17200 | 12600 | 28,26 | 30 | 37,1 | 0,7 | 0,023 | 23,7 | 608,6 | 445,9 | 1,37 | 19,11 |
| 3 | 16500 | 12600 | 28,26 | 30 | 36,8 | 0,45 | 0,015 | 22,7 | 583,9 | 445,9 | 1,31 | 29,72 |
| 4 | 16500 | 12000 | 28,26 | 30 | 36,75 | 0,45 | 0,015 | 22,5 | 583,9 | 424,6 | 1,38 | 28,31 |
| 5 | 17500 | 12700 | 28,26 | 30 | 35,65 | 0,35 | 0,012 | 18,8 | 619,2 | 449,4 | 1,38 | 38,52 |
| 6 | 15500 | 11600 | 28,26 | 30 | 36,2 | 0,45 | 0,015 | 20,7 | 548,5 | 410,5 | 1,34 | 27,36 |
| 7 | 15800 | 12000 | 28,26 | 30 | 34,5 | 0,5 | 0,017 | 15,0 | 559,1 | 424,6 | 1,32 | 25,48 |
| 8 | 16800 | 12200 | 28,26 | 30 | 35,75 | 0,35 | 0,012 | 19,2 | 594,5 | 431,7 | 1,38 | 37,00 |
| 9 | 16800 | 13000 | 28,26 | 30 | 37 | 0,35 | 0,012 | 23,3 | 594,5 | 460,0 | 1,29 | 39,43 |
| 10 | 16300 | 11800 | 28,26 | 30 | 36,35 | 0,45 | 0,015 | 21,2 | 576,8 | 417,6 | 1,38 | 27,84 |

Tableau 6. Valeurs moyennes caractéristiques des barres à haute adhérence recyclées de la Turquie

| Caractéristiques des barres HA recyclées en Turquie | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|------------------------|------------|------------|-------------------|------------------|-------|-------------|-------------|-----------|---------|--|
| F_u (N) | F_{iel} (N) | S (mm ²) | l_o (cm) | l_u (mm) | Δl_e (mm) | ϵ_s (%) | A (%) | R_m (MPa) | R_e (MPa) | R_m/R_e | E (GPa) | |
| 16750 | 12520 | 28,26 | 30 | 36,5 | 0,45 | 0,01 | 21,7 | 592,7 | 443 | 1,34 | 31,2 | |

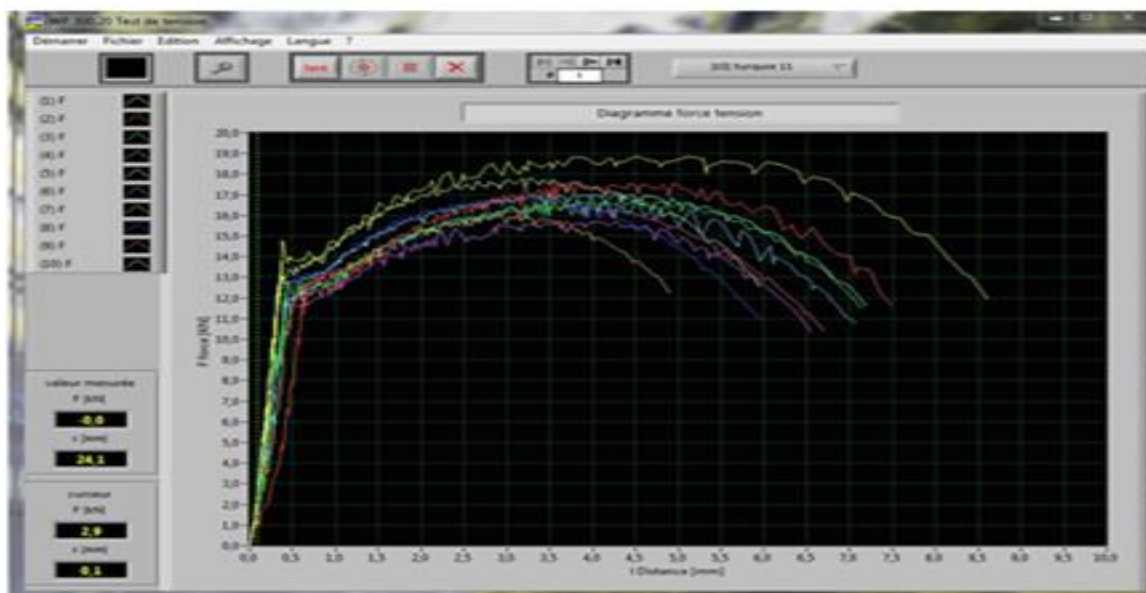


Fig. 7. Diagrammes contrainte- déformation des barres haute adhérence recyclées de la Turquie

D'après les tableaux 5 et 6 et la figure 7, la valeur moyenne de la limite d'élasticité des aciers ordinaires à haute adhérence recyclés au Rwanda et utilisés couramment dans la ville de Goma est de 443 MPa, conforme aux valeurs par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa. Ils sont tous de la classe de ductilité C selon Eurocode 2, mais ont une faible valeur de module d'élasticité longitudinale de 31,2 GPa.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le présent travail porte sur la résistance à la traction des barres d'acier à haute adhérence de béton armé utilisées couramment dans la construction à Goma, provenant du Rwanda et de la Turquie, recyclées au Rwanda à partir de la ferraille provenant des véhicules hors d'usage (VHU) et autres collectée à Goma. La ferraille est collectée à Goma en grande partie manuellement et acheminée au Rwanda où une machine-outil tour permet de fabriquer des éprouvettes d'acier qui subissent un essai à la traction à l'aide de la machine d'essai universelle WP 300 pour essai de traction. La limite d'élasticité des barres d'acier ordinaires à haute adhérence et celle des barres standards recyclées toutes du Rwanda sont respectivement de 420,6 et 392,8 MPa tandis que la limite élastique des barres d'acier à haute adhérence recyclées de la Turquie est de 443 MPa. Ces valeurs sont très proches des valeurs recommandées par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa et sont de classe de ductilité C (grande ductilité). Les modules d'élasticité longitudinale des barres d'acier ordinaires à haute adhérence recyclées au Rwanda, des barres d'acier standards à haute adhérence recyclées au Rwanda et des barres d'acier à haute adhérence recyclées de la Turquie sont respectivement de 27,6, 27,6 et 31,2 GPa, très faibles par rapport à la valeur de 200 GPa donnée par les normes en vigueur, d'où l'importance de leur prise en compte dans les calculs de dimensionnement. Cette étude s'est limitée seulement aux éprouvettes de diamètre 6 mm. Ce travail pourrait s'étendre aux diamètres des aciers à haute adhérence couramment utilisés dans la construction à Goma.

REFERENCES

- [1] Bidoung J., Fomethe A., Yantio G., et Melo U., La recuperation et le recyclage des dechets ferromagnetiques-Analyse de la situation au Cameroun. 2007. Hal-03174451.
- [2] Eurocode 2, Calcul des structures en béton -Partie 1-1: règles générales et règles pour les bâtiments, Afnor, 2005, 2015 et 2016.
- [3] Holy P H. M., Mulaba P., Kiawutua A., Gestion des déchets ménagers dans la ville de Kinshasa: Enquête sur la perception des habitants et proposition, 2020, Déchets sciences et techniques, 83, 8 p.
- [4] Hoorweg D., et Bhada-Tata P., What a waste, A global review of solid waste management. Urban development series knowledge papers, 2012, 15, 116 p.
- [5] Norme Française N F A 35-014, Aciers pour béton armé-Aciers inoxydables soudables-Barres et couronnes, Afnor, 2018.
- [6] Norme Française N F A 35-015, Aciers pour béton armé-Aciers soudables lisses -Barres et couronnes, Afnor, 2019.
- [7] Norme Française N F A 35-080-1, Aciers pour béton armé-Aciers soudables-Partie 1: Barres et couronnes, Afnor, 2020.
- [8] Norme Française N F A 35 -080-2, Aciers pour béton armé-Aciers soudables-Partie 2: Treillis soudés, Afnor, 2022.
- [9] Norme Française N F A 35-025, Aciers pour béton armé -Barres et couronnes à chaud, Afnor, 2017.
- [10] Norme Française N F EN 1992 (Partie 1-1), Calcul des structures en béton-Partie 1-1: règles générales et règles pour les bâtiments, Afnor, 2005.
- [11] Norme Française N F EN 10002-1, Métaux métalliques-Essai de traction-Partie 1: Méthode d'essai à la température ambiante, Afnor, 2001.
- [12] Norme Française N F EN ISO 15630-1, Aciers pour l'armature et la précontrainte du béton- Méthode d'essai-Partie 1: Barres, fils machine et fils pour béton armé, Afnor, 2019.
- [13] Pierrat A., Les lieux de l'ordre de Dakar et d'Addis-Abeba, Territoires urbains et valorisation non institutionnelle des déchets dans capitales africaines, Thèse de doctorat en géographie, 2014, Université de Paris I, 559 p.
- [14] Pierre M., Les déchets ménagers entre privé et public: approches sociologiques, Paris, Editions l'Harmattan, 2002, 189 p.
- [15] Schrupf J., Bahati T. et Mulinga P., Valorisation artisanale des déchets métalliques en Ville de Bunia. 2021. Hal-03206176v2.
- [16] Tchoukoua L. B., Gestion des déchets solides ménagers à Douala au Cameroun: opportunité ou menace pour l'environnement et la population ? Thèse de doctorat, 2010, Université de Bordeaux III, 505 p.

Implementation of an electronic system for the detection of non-technical losses in electrical power distribution systems

Nimi Malonda Gauthier¹, Meni Babakidi Narcisse², Lidinga Mobonda Flory³, Cimbela Kabongo Joseph Gregorius¹, and Pasi Bengi Masata André²

¹Université Pédagogique Nationale, Faculty of Sciences, Department of Physics and Applied Sciences, Kinshasa, RD Congo

²Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Electronic section, Kinshasa, RD Congo

³Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Lukula, Boma, Electrical section, Kongo Central, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In many countries, non-technical losses and theft of electricity are serious problems for electricity companies. The development of cost-effective algorithms to deal with these types of non-technical losses aims to reduce trading losses. This article presents a strategy for detecting non-technical losses using an arduino UNO control board that establishes a reliable region to monitor the measured variance and a practical scheme for determining and reducing non-technical losses in the electrical network by detecting the suspicious area where incorrect meter readings and electricity thefts occur. After the detection of the non-technical losses, a path finding procedure based on different algorithms is able to locate the consumption point with the non-technical loss. In addition, an information system application displays the targeted consumption point. The numerical results demonstrate the selectivity and efficiency of the proposed methodology applied for the monitoring of a real distribution network.

KEYWORDS: electrical energy, non-technical loss, Prepayment mode, algorithms, arduino UNO.

1 INTRODUCTION

Energy losses in an electricity distribution network are of two types: technical losses (TL) and rated non-technical losses (NTL). We speak of non-technical losses for unregistered energy consumption. They come from energy theft or metering and/or profiling errors. Technical losses are due to line losses, but also losses related to high voltage (HV) and low voltage (LV) transformation.

Although it seems easy to estimate the overall level by deducting the overall losses or the difference between the energy injected into the distribution network and the energy actually billed, the origins of these losses are not always obvious and they can be measured precisely. It is estimated that in some developing countries, losses of a non-technical nature can reach 50% of the total quantity of electricity injected into the grid.

Non-technical losses are the main cause of revenue loss in the smart grid. According to a recent study by [1], electric utilities lose \$89.3 billion per year due to non-technical losses. Developing countries like India and Brazil respectively lose 42% and 8% of the total electricity produced annually due to energy theft [HX16, Smi04]. The NTL is still as important in developed countries as it is in developing countries. Generally, energy losses in developed countries represent between 0.5% and 3% of annual revenues. Although this amount seems to be minimal, the financial losses in the United States alone reach up to 6 billion [1].

Due to the growth of electricity fraud, several NTL detection techniques have been implemented to mitigate this problem. NTL detection solutions include contributions from various knowledge areas, ranging from hardware-based to data-based solutions. Several data-driven methods have been proposed for the detection of NTLs. These methods include statistical methods [2], [3], expert systems [4], [5], game theory [6], [7] and machine learning methods [8], [9]. These approaches are less complex to implement but expensive than hardware approaches.

Electricity theft is common, encompassing meter fraud, illegal connections to the distribution network and any other tactics aimed at consuming electricity without being billed. This action creates a loss in the revenue collection. It thus generates enormous losses in cash and malfunctions in the distribution of electricity.

This is how we propose in this chapter an electronic system based on Arduino using various algorithms capable of solving this problem of electrical energy theft case of the National Electricity Company in the Democratic Republic of Congo.

2 FOUNDATIONS

NTL represents electricity used but not billed. NTL is primarily associated with electricity theft/fraud, but can also be caused by faulty metering devices and reading and billing errors. NTL occurs when a consumer misreports energy consumption to the utility company. A common practice of NTL is to track the meter and alter the readings to conceal energy consumption and reduce bills. Figure 1 shows the different places where NTLs can occur within a power grid.

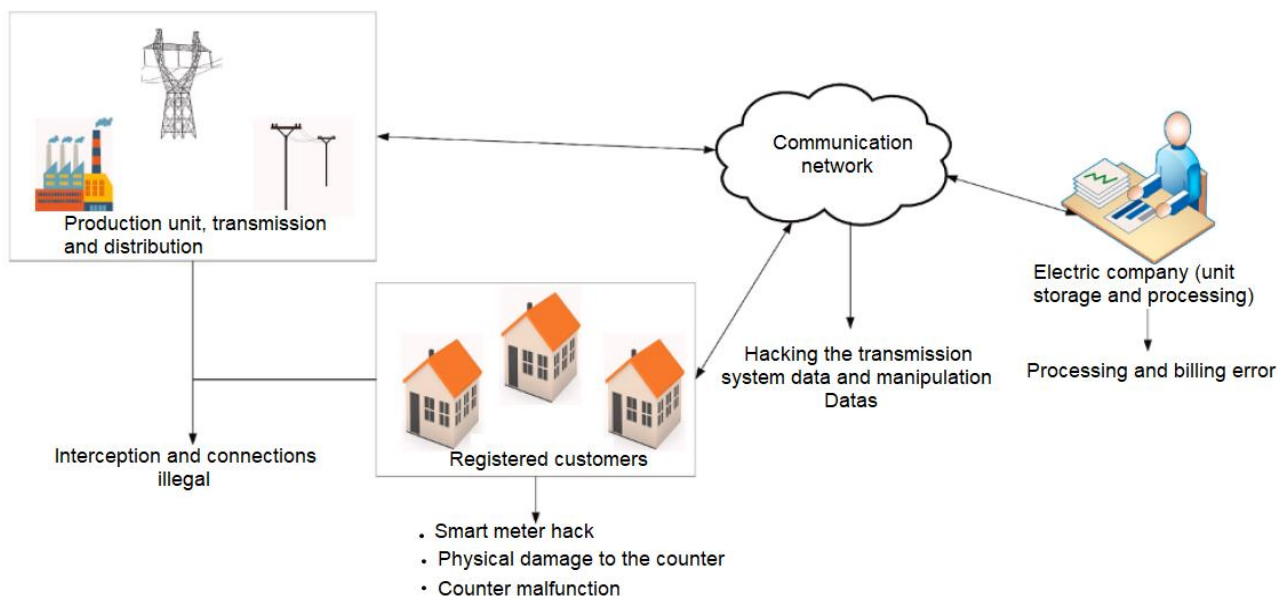


Fig. 1. Likely objectives for NTL in the field of electrical networks

There are two types of NTL attacks in smart grids: cyber-attacks and physical attacks. The attacks manifest themselves in distribution lines, in metering devices and in communication networks [MPM09a]. One of the main reasons for cyber-attacks and physical attacks is to manipulate data in order to reduce energy consumption and therefore energy bills. In this article the focus is on physical attacks.

2.1 PHYSICAL ATTACKS

Physical attacks require some physical manipulation of the meters to change the smart meter measurement. Methods of physical attack are: bypassing the meter by splicing pipes or using cables, illegal plugging, placing a strong magnet, reversing the meter and malfunctioning the meter [10].

It is important to understand the fundamentals of measuring electricity. There are two ways to supply electricity to consumers, namely single-phase and three-phase. A single-phase system is mainly used for residential consumers. For a single-phase electricity meter, the active power at time t is calculated by:

$$p(t) = v(t) i(t) \cos\Phi \tag{1}$$

Where:

$v(t)$, $i(t)$ and Φ are respectively the voltage measured at the input terminals, the current flowing between the load input terminals and the phase angle between current and voltage.

The three-phase system is used for industrial and commercial customers. For a three-phase system, the total power is calculated by adding the active power of the three phases. Thus, the active power for a three-phase system is given by the following equation:

$$P(t) = p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) \quad (2)$$

Then the energy measured by a smart meter in each measurement interval δt is given by:

$$E_t = (p_1(t) + p_2(t) + p_3(t)) \delta t \quad (3)$$

For a balanced three-phase meter, each phase has almost equal power so that the total power is:

$$P(t) = 3v(t) i(t) \quad (4)$$

2.2 DATA CYBER-ATTACKS

The heavy reliance of data transmission on a smart grid communication network increases its vulnerability to cyber-attacks. Cyber-attacks can occur during the data recording process, when data is transmitted over the power grid or stored on the meter or in the control center. There are many cyber-attacks targeting smart grids with specific objectives. These attacks include but are not limited to eavesdropping, denial of service, cloaking, malware injection, and fake data injection (FDIA) attacks [10].

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 MATERIALS

A system is proposed which allows remote detection of cases of fraud in real time. This system uses the following hardware:

- The BC 547 B transistor is a small, versatile and identical transistor, ideal for making all kinds of electronic circuits. It serves as a controlled switch for powering the load through the relay
- The LEG-5 Relay from RELEX INC: is a small inexpensive relay that can support an AC load of around 7A/230V and a DC load of around 10A/24V. In our circuit, it is this which isolates the control part from the power part thanks to its two parts which have no physical contact. Also, it allows the microcontroller to control the system note power part
- The 1N4007 diode: is a diode that can withstand a voltage of 1000V and a peak current of 50A. In the circuit, it is mounted in freewheel to avoid the destruction of the transistor which may occur during an overvoltage due to the relay coil
- Base resistance: The value of 5.6K chosen for this resistance was not taken by chance. It is taken following the various calculations
- The Arduino UNO is a component consisting of an integrated microcontroller in a version called ATmega328. This card will play a very important role. Indeed, it is the card which will execute the instructions of the system allowing precisely to collect the information of the current sensor, and to send the information concerning the consumption of the current to the server via the GSM network
- Server: This is the large-capacity computer that will host a database to save information on subscribers, namely their identities, energy consumption, fraud, etc. and a web application to support all system instructions executed in the server, viz; database queries, display of information, reporting of fraud, etc
- The contactor is an electromagnetic switch which, thanks to power contacts (poles), ensures the operation of motors, resistors or other high-power receivers
- AC current sensor (SCT 013-100A maxi sensor): The main role of the sensor is to collect information relating to current consumption at the subscriber and then send it to the microcontroller so that it can transfer it to the server. SNEL
- GSM SIM 800A4 module: Information between subscribers and the SNEL server will circulate via the GSM network. Indeed, energy consumption and fraud, i.e. the information sent by the subscriber will be transmitted via the GSM network
- Communication module: In order to allow users to directly access their consumption information or activations, Bluetooth communication is then an ideal means

3.2 METHODS

This section describes the procedure to follow with the various diagrams allowing the implementation of the system of detection of the frauds including the electronic part and computer.

3.2.1 BLOCK DIAGRAM OF THE SAMPLING SYSTEM

Figure 2 shows the basic diagram of the sampling system made up of five blocks that are made and which will be placed in the electrical energy distribution system to signal possible fraud.

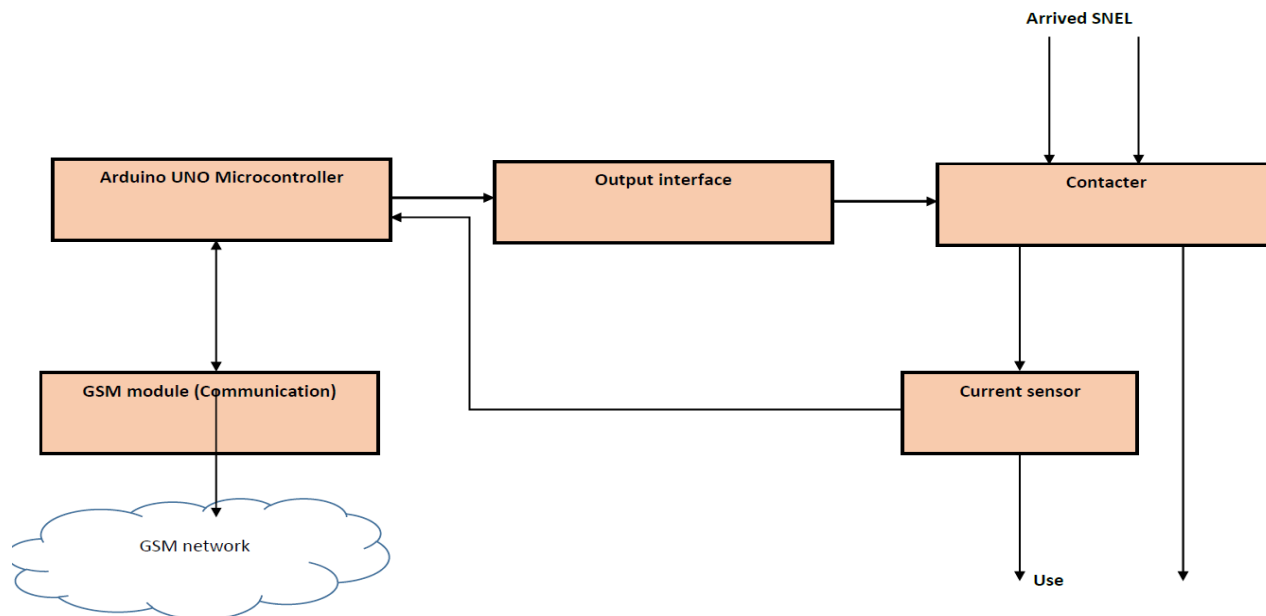


Fig. 2. Block diagram of the sampling system

Figure 3 shows the schematic of the computer system.

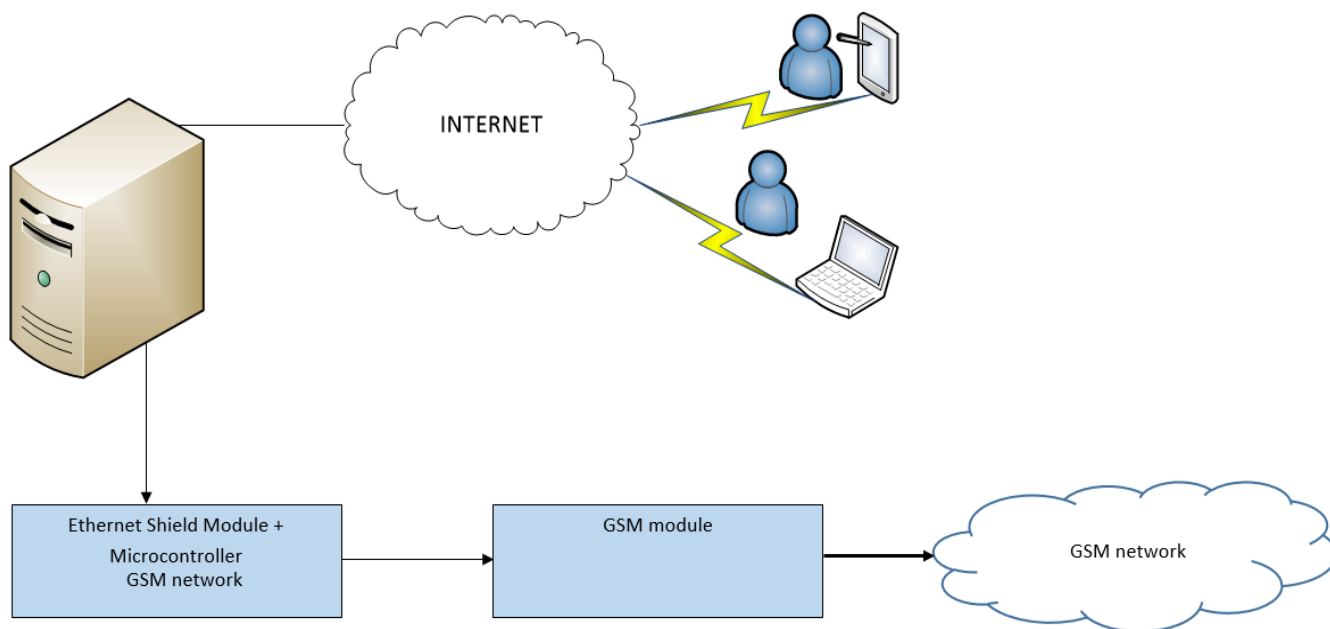


Fig. 3. Computer system diagram

3.2.2 EXPANDED SYSTEM DIAGRAM

The developed diagram of the system is shown in the following figure 4.

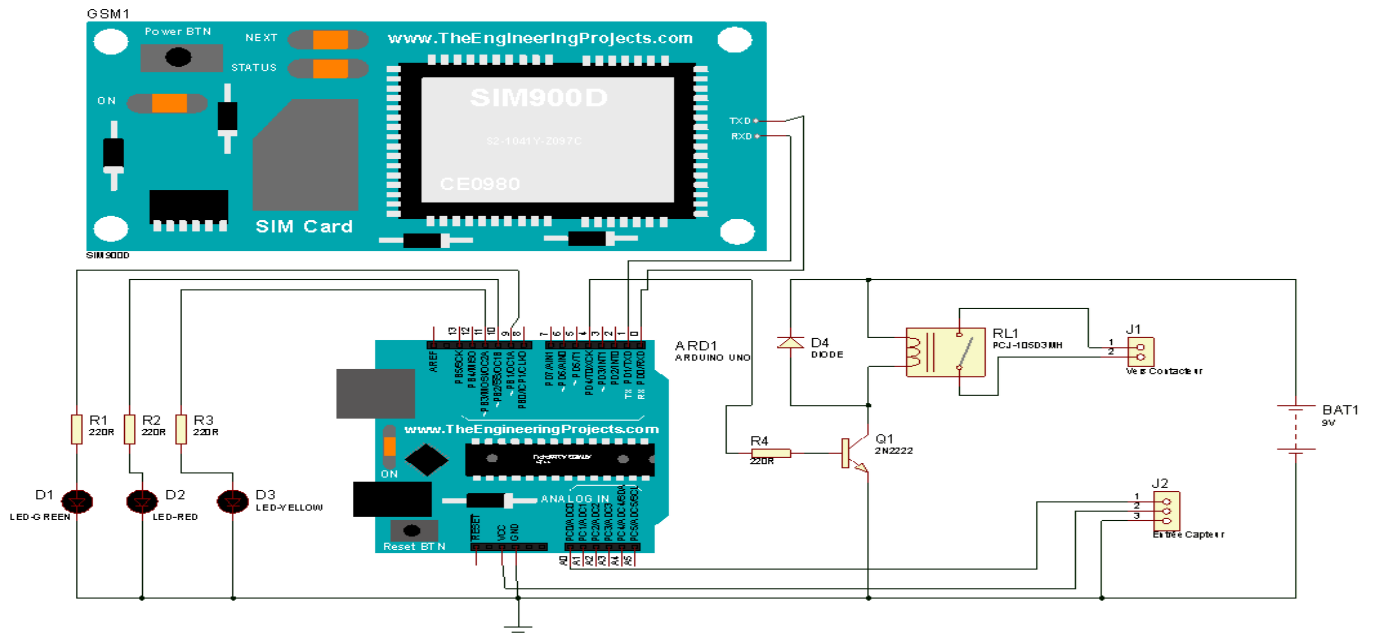


Fig. 4. Expanded diagram of the system

3.2.3 DATA STRUCTURE MODELING

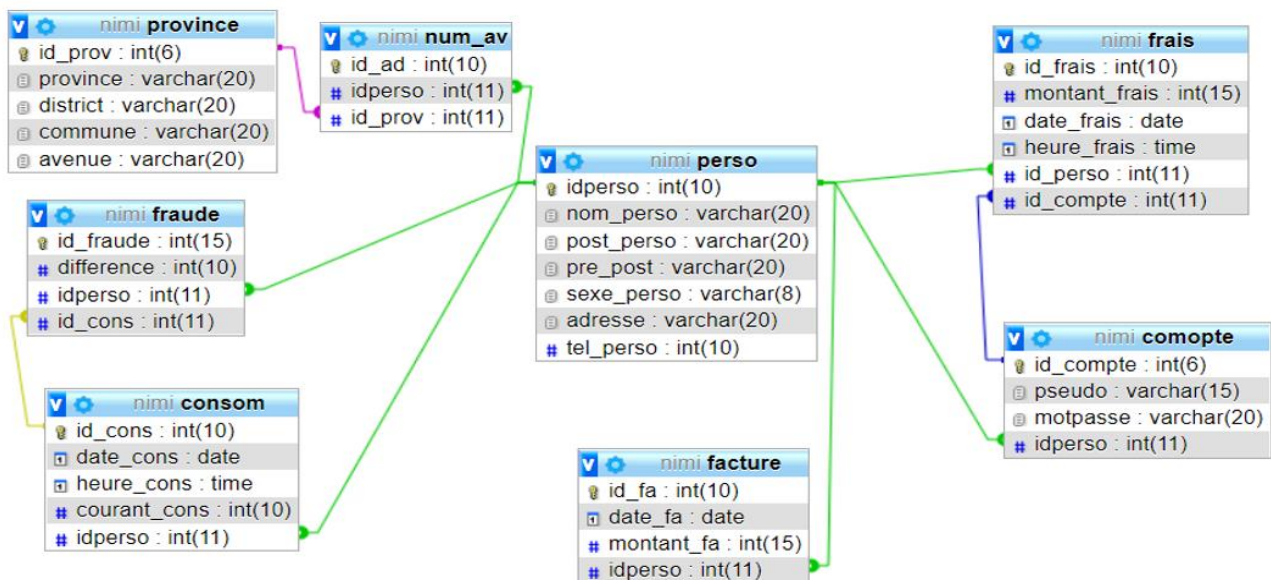


Fig. 5. Data structure modeling

4 RESULTS

It is important to emphasize that the results obtained essentially concern the contribution and the limits of the prepayment meter which seemed to solve the problem of fraud or fraudulent connection of electrical energy in the City of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo.

4.1 INTERFACES

4.1.1 CONNECTION

The connection interface will allow customers and SNEL agents to access other sections of the site. It is illustrated in the following figure.

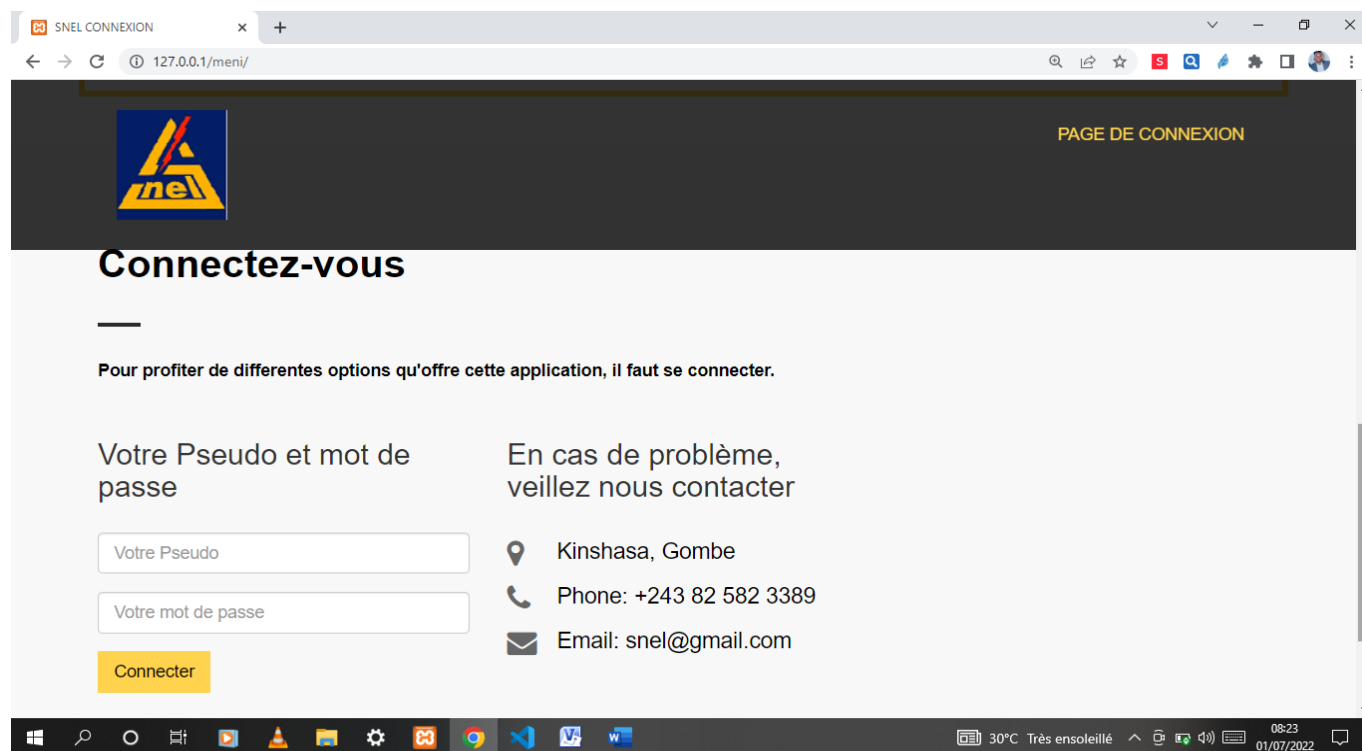


Fig. 6. Connection interface

4.1.2 INTERFACE FOR THE SUBSCRIBER (CLIENT)

The interface for the subscriber is shown in the following figure. It allows the subscriber to:

- Check daily consumption,
- Activate packages (activation),
- View consumption history.

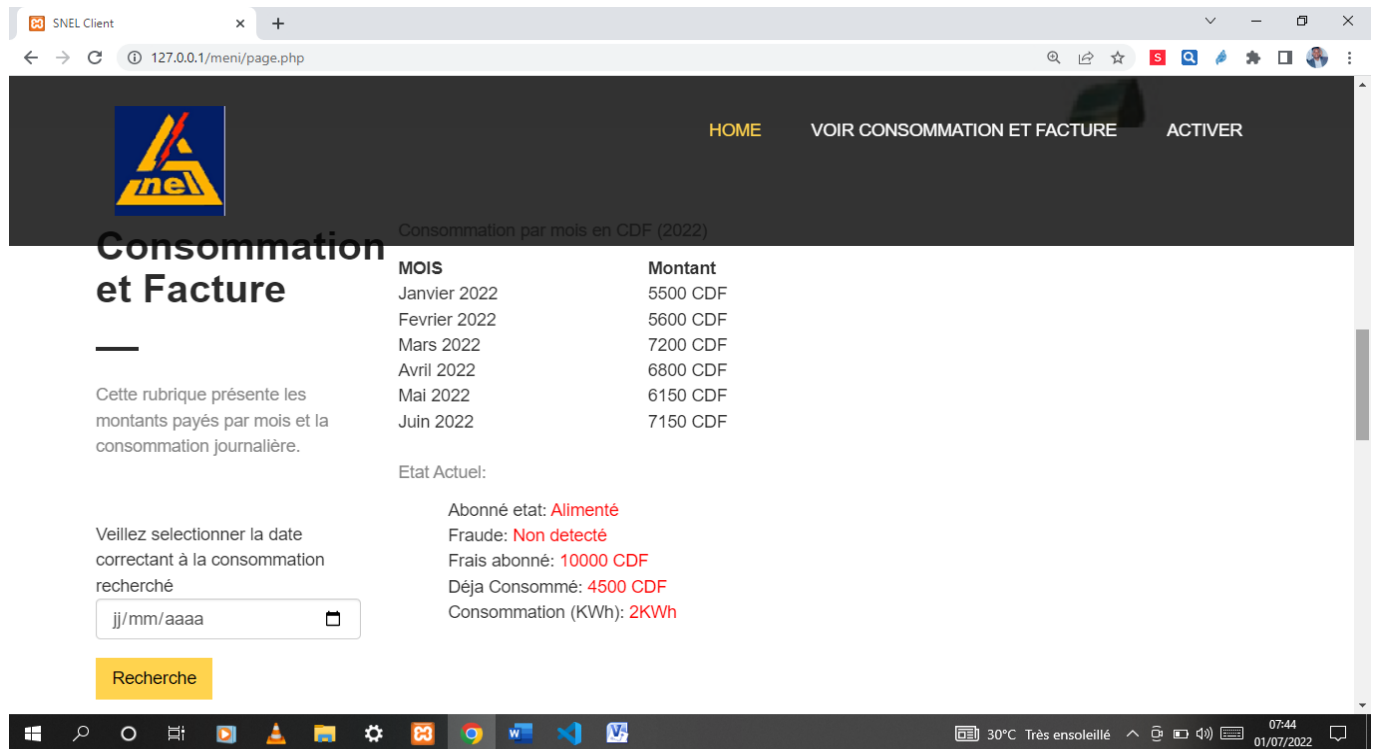


Fig. 7. Interface for the subscriber

4.1.3 INTERFACE FOR ADMINISTRATOR

The interface for the administrator, Snel agents, is as follows:

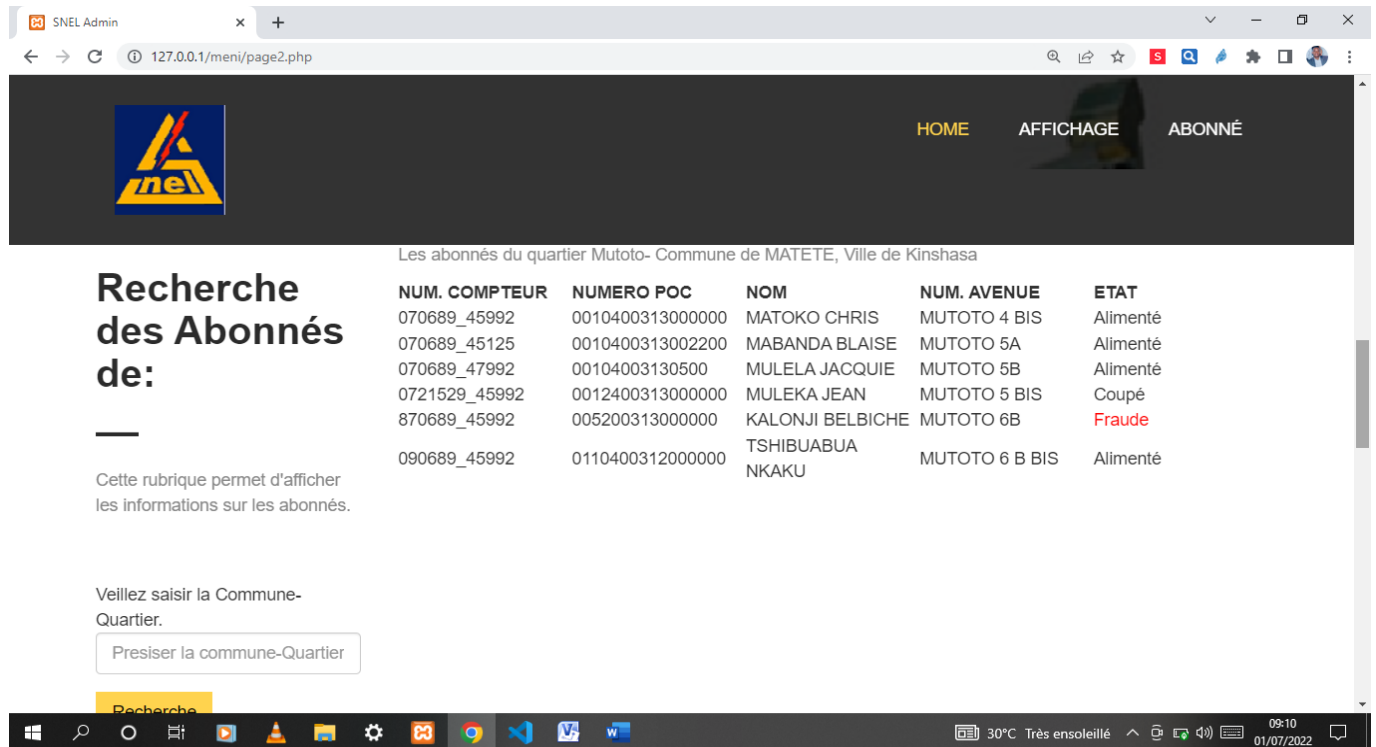


Fig. 8. Interface for administrator

5 ANALYSIS AND DISCUSSION

It happens that in the Democratic Republic of Congo, the use of the prepayment meter does not seem to solve the problem of the instability of the electrical networks caused by fraudulent connection, the burning of the cables and especially by the overload of the MV / LV cabins. In the case of the electromechanical meter, fraudulent connection is possible upstream as well as downstream, because it does not have an anti-fraud device. Even its manual disc adjustment device also allows consumers or subscribers of electrical energy to manipulate it as they wish, without the distributor being able to detect it. On the other hand, the prepayment or smart meter has an anti-fraud system. Simply disconnect a wire from a phase to the input terminal, the anti-fraud device reacts by disconnecting on the customer area and prevents the passage of current. To circumvent this device, the subscriber proceeds by the Bay-passage of the meter by connecting upstream, which is to say at the arrival of the National Electricity Company and goes straight to the distribution board (subscriber area) for the restoration of electrical energy. Therefore, the subscriber can defraud without being seen by the anti-fraud system if and only if there are no SNEL agents or inspectors who go down to the field for verification.

6 CONCLUSION

The use of the prepayment meter, which seemed to solve the difficulties of electrical energy management by consumers and the stabilization of the distribution network, has not sufficiently eliminated the cases of fraudulent connections. Thus our study set out to design a computer system for the remote and real-time detection of any case of electrical energy fraud. The system designed makes it possible to check whether there are credits or not and whether there is fraud or Bay-passage. Whether there are credits or not, a set value will determine the normal or abnormal operation of the prepayment meter. In the event of an abnormality, Bay-passage will be taken into account, because the set point value will be lower than the maximum value provided. This system is able to detect the case of fraud by the subscriber from the central CVS server.

ACKNOWLEDGMENTS

We have the obligation to fulfill a pleasant duty, that of thanking all the people who have contributed from far or near to the writing of this article.

REFERENCES

- [1] Han, Wenlin, and Yang Xiao. «Big data security analytic for smart grid with fog nodes.» Security, Privacy, and Anonymity in Computation, Communication, and Storage: 9th International Conference, SpaCCS 2016, Zhangjiajie, China, November 16-18, 2016, Proceedings 9. Springer International Publishing, 2016.
- [2] Liu, Yang, and Shiyun Hu. «Cyberthreat analysis and detection for energy theft in social networking of smart homes.» IEEE Transactions on Computational Social Systems 2.4 (2015): 148-158.
- [3] Yip, Sook-Chin, et al. «Detection of energy theft and defective smart meters in smart grids using linear regression.» International Journal of Electrical Power & Energy Systems 91 (2017): 230-240.
- [4] Guerrero, Juan I., et al. «Improving knowledge-based systems with statistical techniques, text mining, and neural networks for non-technical loss detection.» Knowledge-Based Systems 71 (2014): 376-388.
- [5] Glauner, Patrick, et al. «Is big data sufficient for a reliable detection of non-technical losses?» 2017 19th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP). IEEE, 2017.
- [6] Lin, Chia-Hung, et al. «Non-cooperative game model applied to an advanced metering infrastructure for non-technical loss screening in micro-distribution systems.» IEEE Transactions on Smart Grid 5.5 (2014): 2468-2469.
- [7] Wei, Longfei, et al. «A distributed intelligent framework for electricity theft detection using benford's law and stackelberg game.» 2017 Resilience Week (RWS). IEEE, 2017.
- [8] Guarda, Fernando GK, et al. «Non-Hardware-Based Non-Technical Losses Detection Methods: A Review.» Energies 16.4 (2023): 2054.
- [9] Guarda, Fernando GK, et al. «Non-Hardware-Based Non-Technical Losses Detection Methods: A Review.» Energies 16.4 (2022): 2054.
- [10] Barros, Rafael MR, Edson G. da Costa, and Jalberth F. Araujo. «Evaluation of classifiers for non-technical loss identification in electric power systems.» International Journal of Electrical Power & Energy Systems 132 (2021): 107173.

