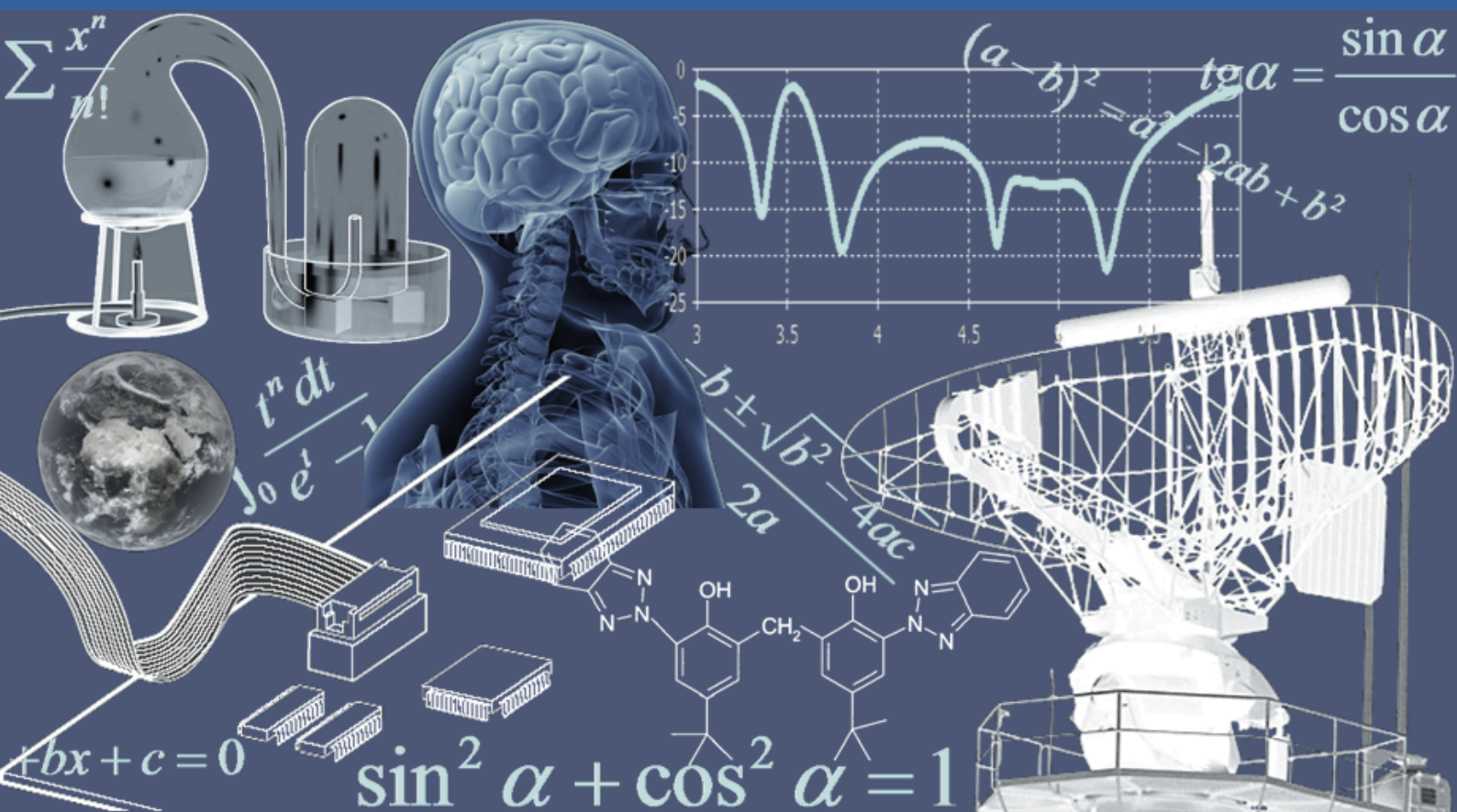


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 31 N. 1 November 2020



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Facteurs du contexte global limitant la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté en milieu rural et urbain: Cas des ONGD opérant au Sud Kivu, RD Congo	1-13
<i><u>Erick Kasuku Kalaba, Jules Razafiarjaona, Stefano Etienne Raherimalala, Romaine Ramanarivo, Sylvain Ramanarivo, and Mahefasoa Randrianalijaona</u></i>	
Seasonal variations of physicochemical parameters and nutrients of a coastal tropical lagoon's waters: Aby lagoon (Côte d'Ivoire)	14-20
<i><u>Sylvie Assemian-niango, Sévérine Estelle Konan, and Jean-marie Konan Kouakou</u></i>	
L'Afrique dans la rivalité sino-occidentale	21-33
<i><u>Jean Paul Mikobi Mikobi</u></i>	
Typologie des insecticides utilisés de stockage de Niébé « <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.» comme moyens de prévention contre « <i>Callosobruchus maculatus</i> (Fab.)» (Coleoptera: bruchidae) au Niger	34-42
<i><u>Siman Assoumane Issa, Aboubacar Kadri, and Toudou Adam</u></i>	
Evaluation socio-environnementale des eaux de puits consommées au quartier Mamabalako dans la ville de Mbandaka	43-51
<i><u>Matthieu Sekalo Mandele, Dieudonné Musibono, Camille Ipey Nsimanda, and Gracien Ekoko</u></i>	
Facteurs prédictifs de complications de la cholangio-pancréatographie rétrograde endoscopique dans le traitement de la lithiase biliaire	52-55
<i><u>S. Ouahid, J. Radouane, S. Berrag, F. Nejjari, T. Addiou, M. Tamzaourte, and A. Aourarh</u></i>	
Impact du transport routier sur le dépôt et le transfert du plomb et du zinc dans le sol sur la route Lubumbashi-Likasi (RD Congo)	56-66
<i><u>Muyumba Nonga Welcome, Kalonda Mutombo Emery, Mbayo Kitambala Marsi, Kapasi Kambuyi Victor, Ilunga Banza Bienvenue, Chipeng Kayemb François, Lukumu Mulamba Emmanuel, Tshibanda Kabumana Dieudonné, Ngoy Kihuya Edouard, Muleka Kimpanga Célestin, and Lumbu Simbi Jean Baptiste</u></i>	
Qualité bactériologique des eaux du bassin versant de l'oued Inaouene en amont du barrage Idriss Ier (NE du Maroc)	67-78
<i><u>Mohamed Ben Abbou, Loubna Bougarne, and Mounia El Haji</u></i>	

Facteurs du contexte global limitant la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté en milieu rural et urbain: Cas des ONGD opérant au Sud Kivu, RD Congo

[Global Context Factors Limiting the Performance of Poverty Reduction Strategies in Rural and Urban Areas: The Case of NGOs Operating in South Kivu, RD Congo]

Erick Kasuku Kalaba, Jules Razafiarijaona, Stefano Etienne Raherimalala, Romaine Ramananarivo, Sylvain Ramananarivo, and Mahefasoa Randrianalijaona

Equipe d'accueil: Agro management, Développement Durable et Territoires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA), Université Nationale d'Antananarivo, Madagascar

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

ABSTRACT: This paper discusses the contextual factors related to the NGDO working environment that limit the performance of poverty reduction strategies. The research used empirical method and literature review with the help of direct, routine and participant observation. A questionnaire survey was based on individual interviews and qualified informants. The sample included two targets: those in charge of development structures (384) and heads of beneficiary households (at least 633), i.e. a total of 1020 subjects at most. This sample was stratified in a simple but proportional and representative manner. According to their statistical significance and Cramer's V value, factors related to gender integration, the age of clients and their level of education were the most determining factors in this performance, followed by those related to site safety versus shelf accessibility. Factors related to accountability; the quality of public governance at the site, the regularity and quality of checks on the results produced came next. The quality of resource management by NGOs and the quality of interactions between parties came next, followed by factors related to distance and the growing poverty of clients. A vision oriented towards advocacy/lobbying and a very strong «Public-NGO-poor client partnership» but decentralizing the work, developing the capacity for socio-economic self-sufficiency and democratizing public debate on the issue, is necessary to improve this performance.

KEYWORDS: Dualism, poor clients, operational, prospective, stakeholders, results.

RESUME: Cet article concerne les facteurs liés au contexte de travail des ONGD limitant la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté. La recherche a utilisé la méthode empirique et l'analyse documentaire avec le concours des observations directe, ordinaire et participante. Une enquête par questionnaire s'est appuyée sur les interviews individuelle et des informateurs qualifiés. L'échantillon a compris deux cibles : les responsables des structures de développement (384) et les chefs des ménages bénéficiaires (au moins 633), soit au total 1020 sujets au plus. Cet échantillon a été stratifié simple mais proportionnel et représentatif. Selon leur significativité statistique et leur valeur V de Cramer, les facteurs liés à l'intégration du genre, à l'âge des clients et leur niveau d'étude sont plus déterminants de cette performance, suivis de ceux liés à la sécurité dans le site versus l'accessibilité au rayon. Les facteurs liés à la redevabilité ; à la qualité de la gouvernance publique dans le lieu, la régularité et la qualité des contrôles des résultats produits sont venus après. La qualité de la gestion des ressources par les ONGD et celle des interactions entre parties viennent ensuite quand enfin viennent ceux liés à la distance et à la pauvreté grandissante des clients. Une prospective orientée vers une vision axée sur le plaidoyer/lobbying et « un partenariat Public-ONG- Clients pauvres » très fort mais décentralisant le travail, développant les capacités d'auto-prise en charge socio-économique et démocratisant le débat public sur la question, s'impose pour améliorer cette performance.

MOTS-CLEFS: Dualisme, clients pauvres, opérationnel, prospective, parties prenantes, résultats.

1 INTRODUCTION

Contextuellement, dans le **Monde**, « quelques 800 millions d'hommes vivent encore prisonniers des conditions de pauvreté absolue: sous alimentés, illettrés, malades, entassés dans des quartiers sordides, avec un taux de mortalité infantile très élevé et avec une espérance de vie très faible. Ces conditions les placent nettement au-dessous du seuil concevable pour un être ». Aussi « 854 millions des personnes souffrent de la faim; 1,1 milliard n'ont pas accès à l'eau potable, 800 millions d'adultes ne savent ni lire ni écrire, 104 millions d'enfants ne sont pas scolarisés ». « Sous l'« **Africain** moyen » se cachent des disparités régionales et sociales: disparités entre milieu rural et urbain, inégalités à l'intérieur de la paysannerie, vulnérabilité différente au sein d'un même groupe familial entre hommes, femmes et enfants ». Pour la situation de pauvreté dans **la province du Sud Kivu**, « elle fait partie des trois provinces les plus pauvres de **la RD Congo**. Elle a une incidence de pauvreté de 84,7 % et compte donc 8,3 % des pauvres de la République. La pauvreté se vit au Sud Kivu le plus (incidence) dans la catégorie des ménages dont le chef est inactif, chômeur ou retraité (89,1 %) suivi de ceux dont le chef de ménage travaille dans l'informel (86,6%). *L'incidence* est un peu moins élevée pour les ménages dont le chef est employé dans l'administration publique (70,6 %) et encore chez ceux dont le chef de ménage est employé du secteur privé formel (48,8 %) ».

Les ONGD du Sud Kivu ont adopté depuis longtemps **des stratégies** diversifiées de lutte contre la pauvreté allant dans tous les sens (politique, législatif, social, technique, économique et financier, environnemental, culturel, juridique et judiciaire...) et qui ont été essayées çà et là avec les parties prenantes au travail de développement local. Elles disposent des experts stratèges de tous ordres mais aussi des bailleurs qui disponibilisent tant soit peu des fonds pour opérationnaliser ces stratégies sur le terrain. On peut entendre par **stratégie** « une approche générale, basée sur la compréhension du contexte général dans lequel vous œuvrez, sur vos propres forces et faiblesses, et sur le problème que vous essayez de résoudre. Une stratégie vous procure un cadre dans lequel vous pourrez travailler, elle permet de clarifier ce que vous essayez de faire et l'approche que vous avez l'intention d'utiliser. Elle est généralement appréhendée comme la manière dont l'organisation investit des ressources au mieux de ses avantages comparatifs et de la finalité qu'elle poursuit compte tenu des changements attendus dans son environnement. Pour le même auteur, c'est encore un ensemble des meilleures manières possibles de faire les choses et d'utiliser les ressources en vue d'atteindre les buts et les objectifs qu'on a planifiés et qu'on s'est assignés. La stratégie consiste à déterminer les objectifs et les buts fondamentaux à long terme d'une organisation puis à choisir les modes d'action et d'allocations des ressources qui permettront d'atteindre ces buts et objectifs. En d'autres termes c'est mettre en place les actions et d'allouer les ressources nécessaires pour atteindre lesdites finalités. Elle est un concept qui fait partie du quotidien du manager et qui induit une action permanente.

On pense que *la situation opérationnelle* de ces ONGD (contexte global de travail) explicitée par nombreux *facteurs*; est mauvaise, défavorable et contribue aussi (entre autre) à réduire significativement la performance de ces stratégies mais on ne sait pas cerner ces facteurs avec précision tout d'un coup pour le milieu rural comme pour celui urbain au Sud Kivu/RD Congo. Il s'agit des facteurs qui relèvent du contexte général de travail de ces organisations et du terrain/rayon dans et sur lequel elles travaillent et qui les empêchent de faire mieux et bien que ce qu'elles donnent comme résultats aujourd'hui mais dans une logique dualiste « Rural- Urbain ». *Les facteurs spécifiques liés aux parties prenantes (Etat, PTFs, ONGD, Clients pauvres, leaders locaux...) au travail de ces ONGD, dans le cadre de la lutte contre la pauvreté, n'ont pas été abordés ici*¹.

Il faut entendre la **performance** comme « la mesure dans laquelle l'organisation considérée, le partenaire ou l'action de développement, opère selon les critères, des normes, des orientations spécifiques et obtient des résultats conformes aux objectifs affichés ou planifiés. Elle consiste à fixer des objectifs d'action et à mesurer ensuite les réalisations correspondantes pour finalement, mettre en lumière des écarts entre les deux et orienter les décisions. La performance apporte l'assurance de la meilleure prestation possible, au moindre coût ». « Rechercher la performance, c'est produire plus de résultats avec moins de ressources ». Elle consiste donc à obtenir un certain résultat à partir d'objectifs donnés, avec des moyens forcément limités et dans un environnement soumis à des changements imprévisibles. Il s'agit de faire mieux que la moyenne, mieux que la concurrence avec les ressources dont on dispose et qu'on contrôle. La performance est un résultat optimal obtenu par l'utilisation la plus efficiente possible des ressources mises en œuvre.

Au final, il ressort que la situation des clients/bénéficiaires pauvres ruraux et urbains de ces ONGD ne s'améliore toujours pas après plusieurs années de travail. Les hôpitaux et centres de santé continuent de manquer ou d'être insuffisants, c'est la même situation pour les écoles, les routes, l'eau potable; pour les productions agricoles qui baissent continuellement

¹ Les facteurs spécifiques liés aux parties prenantes n'ont pas été abordés ici étant donné qu'ils sont vraiment très diversifiés selon les catégories d'organisations sociales de développement concernées et ils impactent aussi cette performance à leur manière. Ils font l'objet d'un autre article et exigent par ailleurs nombreux détails sans place dans cet article.

exacerbant la faim, l'énergie qui manque, l'analphabétisme qui perdure, l'habitat qui reste précaire pour des milliers des gens bénéficiaires, les revenus sont toujours très faibles et parfois inexistants... pour nombreux d'entre eux.

D'où cette **problématique**: « Comment est-ce qu'on peut expliquer et mettre en relation la situation opérationnelle (Contexte global de travail) des ONGD et la mauvaise performance des stratégies de lutte contre la pauvreté au Sud Kivu, qui sont mises en œuvre par elles avec depuis longtemps des résultats mitigés, critiqués faisant que leurs clients ruraux et urbains n'arrivent pas à améliorer leurs conditions de vie qui s'empirent au contraire chaque jour comme si celles-ci ne faisaient pas grand-chose sur le terrain ». Une **seule question** a permis d'opérationnaliser la recherche à ce niveau: « Quels sont les facteurs liés à la situation opérationnelle (contexte global de travail) des ONGD qui réduisent la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté qui sont mises en œuvre, en milieu rural et urbain, au Sud Kivu ? ». **L'objectif** poursuivi ici est d'inventorier et d'expliquer les facteurs liés à la situation opérationnelle (contexte global de travail) des ONGD au Sud Kivu (ainsi que leur relation avec les milieux), qui contribuent à limiter la qualité et la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté qui sont mises en œuvre pour satisfaire aux besoins de leurs clients pauvres ruraux et urbains tout en projetant des bases d'une prospective globale d'amélioration. Comme **réponse anticipée**, l'auteur avance que « la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté faiblit en milieu rural et urbain du Sud Kivu, et avec elle, aussi les résultats de développement produits sur le terrain, à cause (entre autre) d'une situation opérationnelle globale défavorable pour le travail de ces ONGD s'expliquant par une multitude des facteurs ». Deux **résultats attendus** sont que:

- Les facteurs liés à la situation opérationnelle (contexte global de travail) des ONGD au Sud Kivu, qui limitent la qualité et la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté seront inventoriés, expliqués et connus;
- La relation entre ces facteurs et la performance des stratégies de lutte dans les milieux de travail de ces ONGD (rural et urbain) sera examinée et éclairée.

L'approche méthodologique globale qui suit a été déployée pour produire ces résultats attendus qui sont discutés dans les dernières pages de cet article.

2 MATERIELS ET METHODES

La zone ou site d'étude a été la province du **Sud Kivu**, une des vingt-six provinces de la RD Congo. Elle est située à L'Est de la RD Congo, entre 1° 36' de latitude Sud et 5° de longitude Sud d'une part et 26° 47' de latitude Est et 29°20' de longitude Est d'autre part. La Province est limitée: à l'Est par la République du Rwanda dont elle est séparée par la rivière Ruzizi et le lac Kivu, le Burundi, la Tanzanie, séparés du Sud-Kivu par le lac Tanganyika; au Sud-Est, on a la province du Katanga; au Sud, à l'ouest et au Nord-Ouest la Province du Maniema et au Nord, la Province du Nord-Kivu. Les environs de la ville de Bukavu sont des régions volcaniques où l'on rencontre des roches basaltiques, voire des laves anciennes vers INERA Mulungu. D'ailleurs le Mont KAHUZI qui s'y trouve est un volcan éteint. La Province compte *huit territoires et la ville de Bukavu* qui en est le chef-lieu politico administratif où l'on rencontre respectivement des hauts et des bas plateaux. Cette diversité physique est l'origine de l'appellation du Kivu montagneux à L'Est et qui diffère des contrées occidentales moins élevées. Le haut relief de L'Est est sans doute la prolongation de la chaîne de Mitumba excédant parfois 3.000 mètres d'altitude. Toutefois, un bas-relief s'observe dans la plaine de la Ruzizi depuis Uvira jusqu'à Kamanyola.

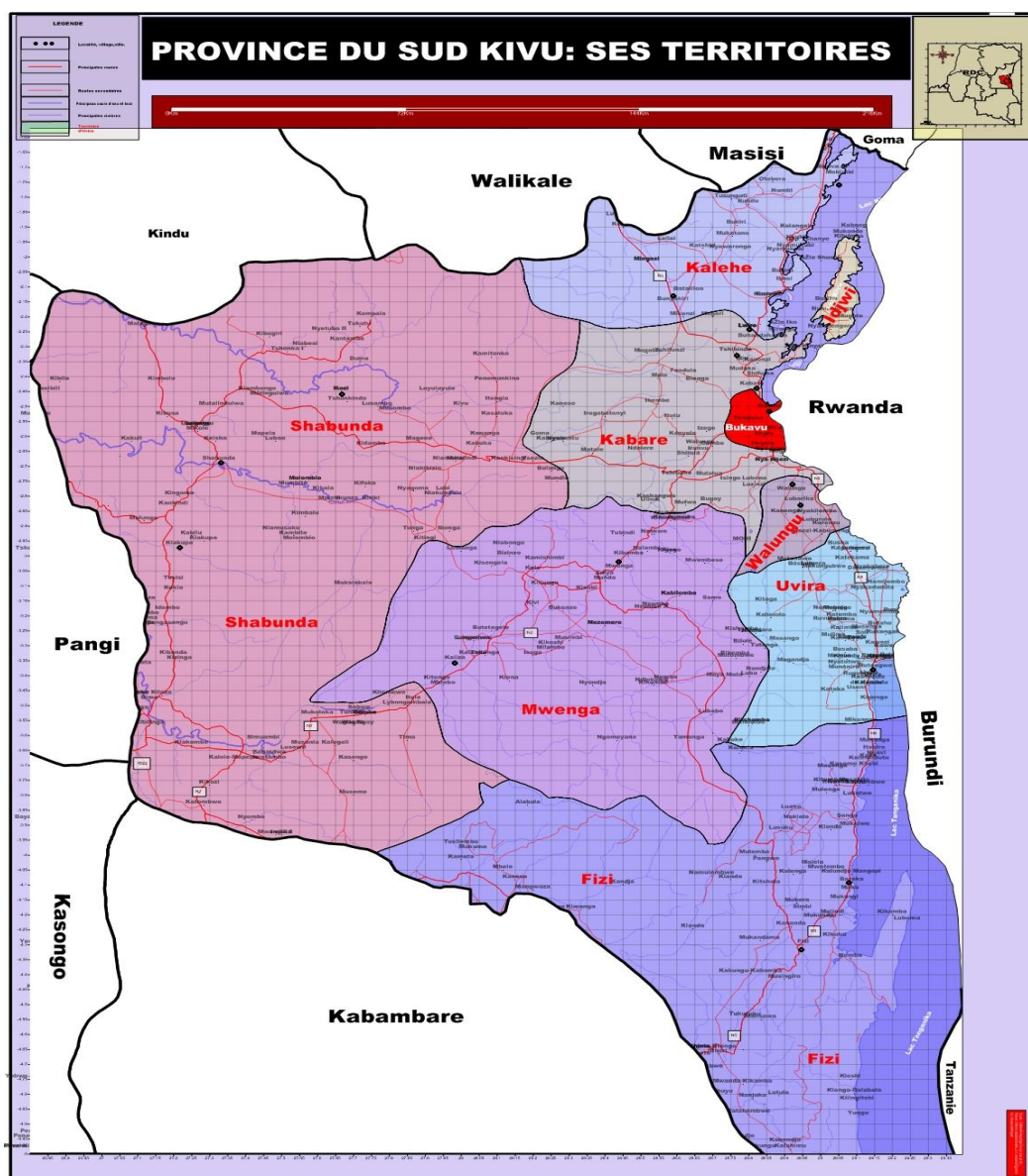


Fig. 1. Carte politico administrative de la Province du Sud Kivu (site de cette étude)

Source: Service Administratif du Gouvernorat de Province du Sud Kivu/ RD Congo

Comme **objet**, la présente recherche porte sur les Organisations non gouvernementales de développement de droit congolais opérant au Sud Kivu dans le cadre de la lutte contre la pauvreté. Il s'agit principalement des ONGD ayant une personnalité juridique relevant du droit de la RD Congo et qui sont vraiment fonctionnelles sur terrain c'est-à-dire celles ayant leurs bureaux au Sud Kivu, y opérant et/ou opérant à partir de là vers les autres lieux de la RD Congo. Particulièrement, il faut préciser que ce sont les facteurs globaux qui réduisent la qualité et performance des stratégies de lutte contre la pauvreté qui sont mises en œuvre par ces ONGD au Sud Kivu, qui intéressent cet article. Leur nombre n'est pas bien connu à ces jours.

Méthodologiquement, c'est la *méthode empirique* et l'*analyse documentaire* qui ont été utilisées. Elles se sont appuyées sur l'observation directe, celle ordinaire et même participante. Une enquête par questionnaire a permis de collecter les données sur le terrain auprès des responsables des ONGD et structures du développement opérant dans le milieu et des responsables des ménages clients pauvres ruraux et urbains, en mettant surtout à profit des interviews individuelles et celles des informateurs qualifiés disponibles au sein de l'échantillon. C'est le système KOBO COLLECT qui a été mis en œuvre pour faciliter la collecte générale des données. Seulement **cinq sur huit territoires** de la Province du Sud Kivu ont été visités par les enquêteurs (à cause de son immensité et des longues distances qui séparent les territoires, les uns des autres et des fonds importants que le déploiement sur terrain exigerait) ainsi que la ville de Bukavu qui est le centre stratégique décisionnel

concernant les ONGD. Il s'est agi donc des territoires les plus accessibles dont KABARE, WALUNGU, IDJWI, UVIRA, KALEHE et la ville de BUKAVU comme signalé déjà ci haut.

L'étude a utilisé l'échantillonnage de nature probabiliste avec un type d'échantillon stratifié simple opérant sur base des quotas. L'étude a eu un échantillon avec deux sous échantillons dont des responsables des organisations et structures de développement opérant au Sud Kivu et des responsables des ménages et autres bénéficiaires des actions de lutte (Pour faciliter les triangulations des données).

Pour déterminer la taille des deux sous échantillons, ce sont la formule mathématique de Schwartz et la table de détermination des échantillons selon Krejcie et Morgan qui ont été utilisées. Concernant les responsables des ONGD, institutions et structures de développement, ne connaissant pas leur nombre exact (population infinie), l'échantillon des responsables a été calculé en fonction de la formule (appropriée à ce cas) de Schwartz: $n = \frac{Z^2 \cdot \pi(1-\pi)}{e^2}$ (D. Schwartz, 1969). Quant aux populations bénéficiaires des actions de lutte contre la pauvreté: Vue la taille et l'étendue de la population du Sud Kivu et animé par le souci de disposer d'un échantillon consistant, il a été fait usage de la table de Krejcie et Morgan (avec une marge d'erreur de 5 % déjà). Le nombre total des responsables a égalé le chiffre de 384 pour 128 Organisations et structures de développement (ONGI, agences du système des Nations Unies, ONG nationales et locales, partenaires gouvernementaux, bailleurs de fonds, mouvement de la croix rouge et bureaux d'expertise ou cabinets divers et les ambassades) dont 3 responsables pour chacune (Pour les ONGD ce sont les coordinateurs, les chargés des programme et ceux s'occupant du suivi et évaluation). Les chefs des ménages bénéficiaires ont été au moins 633 arrondis à la fin à 636.

Les deux portions d'échantillon, ont été réparties selon la représentativité et la proportionnalité. L'échantillon total réel était de 1020 personnes au plus (ayant répondu au même questionnaire). Le tableaux 1 détaille, comme suit, la répartition des personnes responsables des structures de développement et ONGD qui ont été interviewées à ce sujet.

Tableau 1. Répartition des responsables des ONGD et structures de développement

N°	Entités concernées	Noms des entités/ Communes ou territoires	Nombre des ONGD et structures	Nombre des responsables
1. Ville de BUKAVU		1.1. Commune KADUTU	12	36
		1.2. Commune IBANDA	11	32
		1.3. Commune BAGIRA	08	25
	Sous Total	03 Communes	31	93
2. Territoires		2.1. UVIRA	19	58
		2.2. KABARE	24	70
		2.3. IDJWI	08	24
		2.4. KALEHE	20	61
		2.5. WALUNGU	26	78
	Sous Total	5 Territoires	97	291
	Total	6 entités au total	128	384

Pour les responsables des ménages bénéficiaires, sur au moins 633 personnes; 121 ont été des hommes, 134 des femmes, 185 des garçons et 193 des filles. Dans la ville de Bukavu, 154 individus ont été interviewés sur le thème de la recherche dont 53 dans la commune d'Ibanda, 60 à Kadutu et 41 à Bagira. Les cinq territoires retenus ont pris à eux seuls 479 interviewés dont 38 à Idjwi, 116 à Kabare, 101 à Kalehe, 95 à Uvira et enfin 129 à Walungu. Le total général des sujets interviewés a atteint 1020 personnes au plus.

3 RESULTATS

Les principaux résultats présentés ici concernent les facteurs liés à la situation opérationnelle des ONGD (Contexte global de travail) opérant dans le secteur de lutte contre la pauvreté au Sud Kivu et qui influent sur la qualité et la performance des stratégies de lutte. Pour ces facteurs (une fois identifiés), ce sont les tests d'indépendance de Khi-deux et le V de cramer appliqués sur les données collectées qui ont permis de vérifier les résultats. Ces facteurs ont été analysés en fonction de dix variables qui suivent:

- L'accessibilité au rayon d'action;
- La distance vis-à-vis du centre stratégique décisionnel;

- La *sécurité des parties prenantes* dans le milieu de travail;
- La *qualité de la gouvernance publique* dans le rayon d'action;
- La *pauvreté grandissante* des clients pauvres ruraux et urbains;
- La régularité et la qualité du *contrôle des résultats* produits sur le terrain;
- La qualité d'*interaction des parties prenantes* au processus de lutte;
- La qualité de *gestion globale* des ressources mises à la disposition des ONGD;
- La *redevabilité* ou la responsabilité de rendre compte aux autres parties;
- *Autres facteurs* du contexte limitant cette performance.

3.1 FACTEURS LIÉS À L'ACCESSIBILITÉ AU RAYON D'ACTION DES ONGD DU SECTEUR

Plusieurs facteurs liés à l'accessibilité au terrain pour le travail par les ONGD ont été identifiés et discutés largement avec les personnes interviewées (Figure 2 ci bas).

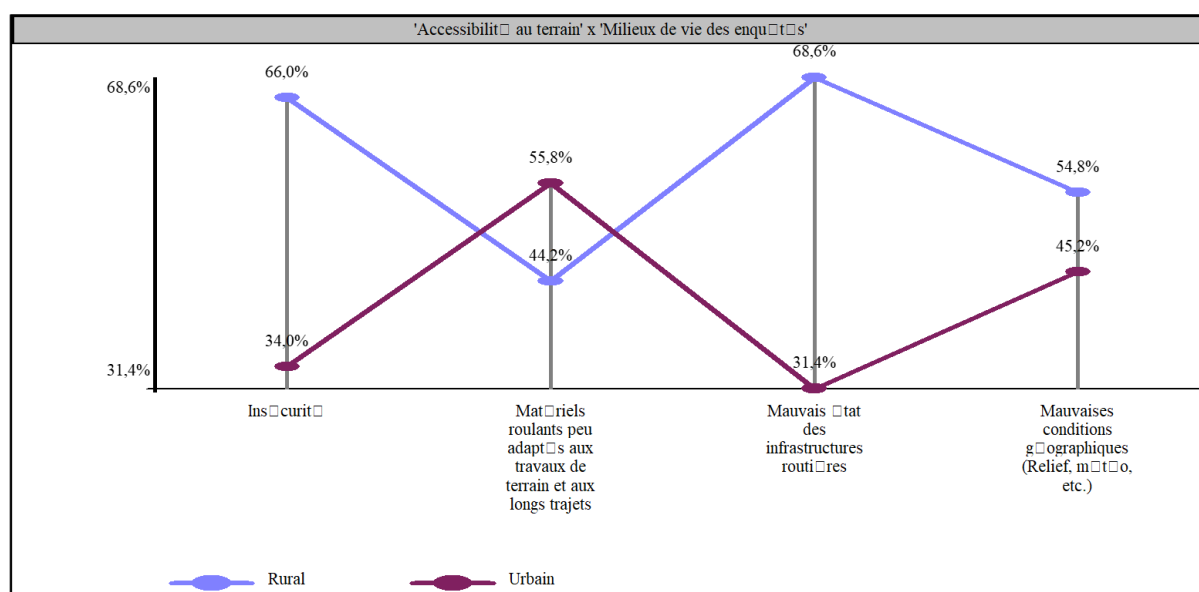


Fig. 2. Facteurs liés à l'accessibilité au rayon d'action et milieu de vie des enquêtés

Commentaires: Concernant l'accessibilité au terrain pour le travail, le mauvais état de routes a été indexé à 68,6 % pour le *milieu rural* suivi de l'insécurité (66 %), des mauvaises conditions géographiques et météorologiques (54,8 %). Pour le *milieu urbain*, c'est le matériel roulant peu adapté, pour se rendre au terrain, qui pose plus de problèmes (55,8 %) suivi des mauvaises conditions géographiques (45,2 %) et l'insécurité (34 %). *Statistiquement*, la dépendance entre l'accessibilité au terrain et la qualité de la performance dans les deux milieux rural et urbain est très significative: $\chi^2 = 30,49$; ddl = 3; $1-p = > 99,99 \%$ et V de Cramer: 2,99 % (Très forte relation entre l'accessibilité et la qualité de la performance dans les milieux).

3.2 FACTEURS LIÉS À LA DISTANCE VIS-À-VIS DU CENTRE STRATÉGIQUE DÉCISIONNEL

Des faits liés à la distance vis-à-vis du centre stratégique décisionnel des ONGD au Sud Kivu (qui est la Ville de Bukavu) ont été identifiés et discutés aussi (Figure 3 ci bas).

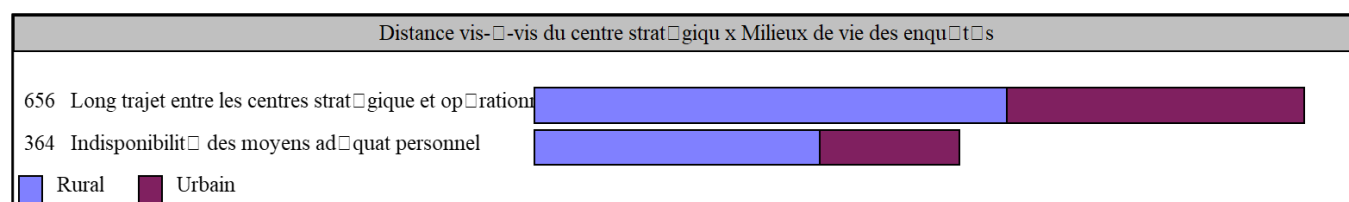


Fig. 3. Facteurs liés à la distance vis-à-vis du centre stratégique décisionnel

Commentaires: Concernant la distance vis-à-vis du centre stratégique décisionnel (Ville de Bukavu), pour le milieu rural c'est l'indisponibilité des moyens personnels de transport pour le développement vers ce dit centre, qui pose plus de problèmes (67,6 % d'avis) suivi des longs trajets indexés (à couvrir souvent très péniblement) à 61,6 %. Pour le milieu urbain ce sont les longs trajets entre le centre stratégique décisionnel et le lieu de travail vers le milieu rural, qui viennent en premier lieu (38,4 %). Statistiquement, la dépendance entre les deux variables (distance et performance des stratégies dans les deux milieux) est peu significative: $\chi^2 = 3,64$, ddl = 1; $1-p = 94,37\%$; Odd-ratio: 0,77 et V de Cramer = 0,36 % (Forte relation).

3.3 FACTEURS LIÉS À LA SÉCURITÉ DES PARTIES PRENANTES AU PROCESSUS DE LUTTE

Des facteurs liés à la sécurité des parties prenantes à ce travail de développement par les ONGD de lutte contre la pauvreté permettent aussi d'étayer cette situation. La figure 4 ci bas présente la synthèse des échanges avec les personnes interrogées sur le terrain.

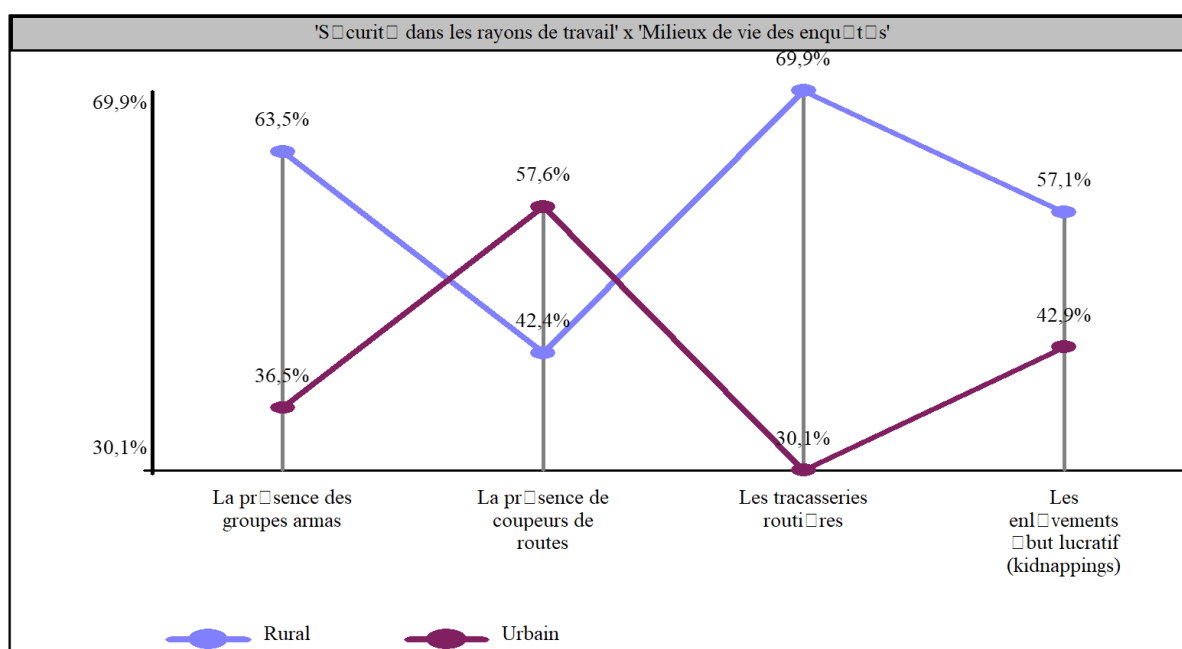


Fig. 4. Facteurs liés à la sécurité des parties prenantes dans le milieu de travail

Commentaires: Pour le milieu rural ce sont les tracasseries routières qui ont été les plus indexées par les services de l'ordre (69,9 %) suivies de la présence des groupes armés (63,5 %) et des enlèvements ou kidnappings à but lucratif (57,1 %). Pour le milieu urbain, c'est plus la présence des coupeurs de routes qui inquiète (57,6 %). Statistiquement, la dépendance entre les deux variables (Sécurité et performance des stratégies de lutte contre la pauvreté dans les milieux) est très significative: $\chi^2 = 34,72$, ddl = 3, $1-p = >99,99\%$ et V de Cramer = 3,40 % (Très forte relation).

3.4 FACTEURS LIÉS À LA QUALITÉ DE LA GOUVERNANCE PUBLIQUE DANS LE SITE DE TRAVAIL

La qualité de la gouvernance locale dans le rayon de travail de ces ONGD pose aussi des problèmes et réduit souvent cette performance des stratégies de lutte. Les principaux facteurs mis en cause quant à ce, sont présentés dans la Figure 5 ci bas.

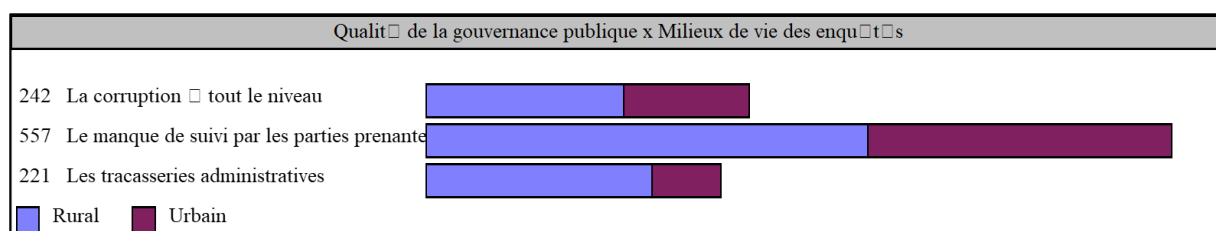


Fig. 5. Facteurs liés à la qualité de la gouvernance publique dans le site

Commentaires: Trois principaux facteurs ont été mis en cause ici dans les deux milieux (rural et urbain) dont le manque/ très faible suivi par les parties prenantes encadrées par l'autorité politico administrative locale, la généralisation de la corruption et la fréquence des tracasseries administratives. *Statistiquement*, la dépendance entre les deux variables (qualité de la gouvernance publique dans le site et la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté dans les milieux) est très significative: $\chi^2 = 21,59$, ddl = 2, 1-p = > 99,99 % et V de Cramer=2,12 % (Très forte relation).

3.5 FACTEURS LIÉS À LA PAUVRETÉ GRANDISSANTE DES BÉNÉFICIAIRES DES PROJETS

La pauvreté grandissante des clients ruraux et urbains de ces ONGD dans le rayon de travail soulève, elle aussi, d'autres problèmes qui réduisent régulièrement et d'une manière ou d'une autre cette performance des stratégies de lutte. La Figure 6 ci bas, aborde cet aspect.

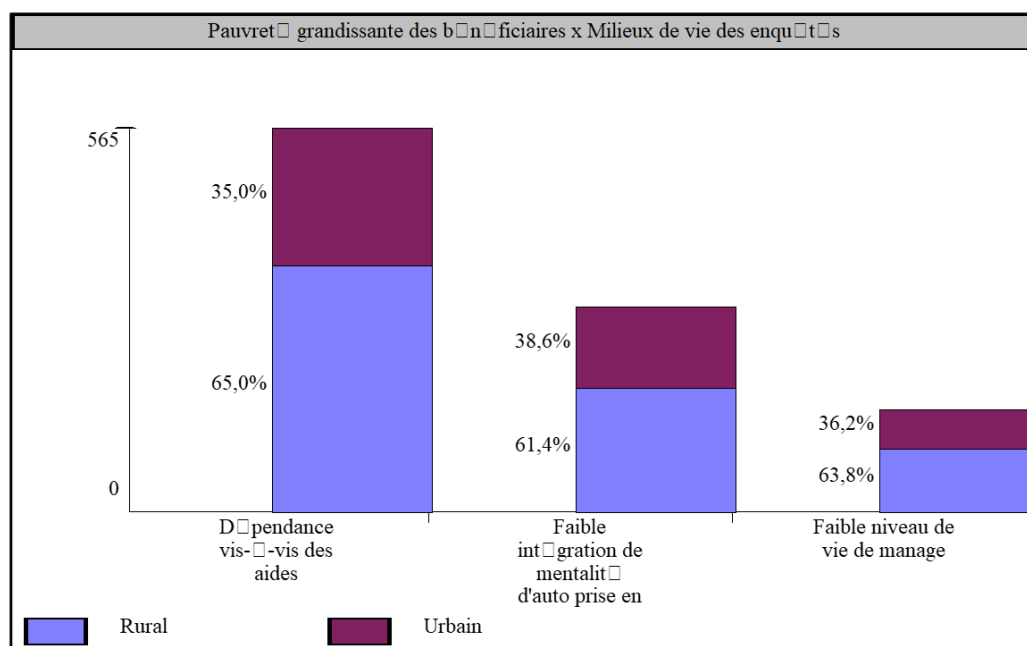


Fig. 6. Facteurs liés à la pauvreté grandissante des clients en relation avec les milieux

Commentaires: Ont été indexés ici la forte dépendance vis-à-vis des aides extérieures (65 %), la faible intégration de la mentalité d'auto prise en charge (61,4 %) et le faible niveau de vie des ménages pour le milieu rural. En ville c'est plus la faible intégration de l'auto prise en charge qui a été indexé comme élément plus limitant (38,6 %). La dépendance entre les deux variables (pauvreté grandissante des clients et performance des stratégies de lutte contre la pauvreté) n'est pas significative: $\chi^2 = 1,09$, ddl = 2, 1-p = 41,95 % et V de Cramer=0,11%. (Relation très faible).

3.6 FACTEURS LIÉS À LA RÉGULARITÉ ET À LA QUALITÉ DU CONTRÔLE DES RÉSULTATS EN SITE

La régularité et la qualité du contrôle des résultats produits dans le rayon de travail de ces ONGD, dans le secteur de lutte contre la pauvreté, est aussi à la base des plusieurs problèmes qui influent négativement sur cette performance des stratégies selon la figure 7 ci bas.

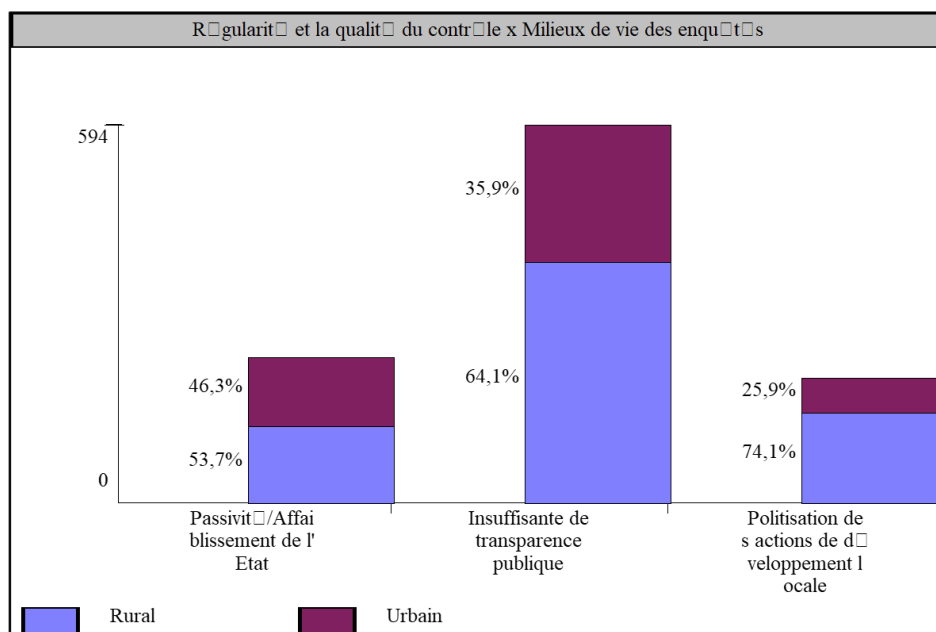


Fig. 7. Facteurs liés à la régularité et au contrôle des résultats produits sur le terrain

Commentaires: Pour le milieu rural, ont été indexés la politisation des actions de développement local (74,1 %), l'insuffisance de transparence publique (64,1 %) et la passivité/affaiblissement de l'Etat (53,7 %). Le milieu urbain est aussi affecté par ces trois facteurs mais plus faiblement que le milieu rural. Statistiquement, la dépendance entre la régularité et la qualité du contrôle des résultats produits sur terrain par les parties prenantes et la performance des stratégies de lutte dans les milieux de vie des clients est très significative: $\chi^2 = 19,17$, ddl = 2, $1-p = > 99,99\%$ et V de Cramer=1,88 % (Très forte relation).

3.7 FACTEURS LIÉS À LA QUALITÉ DE GESTION DES RESSOURCES MISES À LA DISPOSITION DES ONGD POUR LA LUTTE CONTRE LA PAUVRETÉ EN MILIEUX RURAL ET URBAIN

Plusieurs facteurs liés à la qualité de gestion globale des ressources des ONGD ont été identifiés et discutés aussi avec les parties (Voir figure 8 ci bas). Il s'agit de l'ensemble des ressources appréciées globalement dont les ressources humaines, matérielles, techniques, financières, naturelles, temporelles...

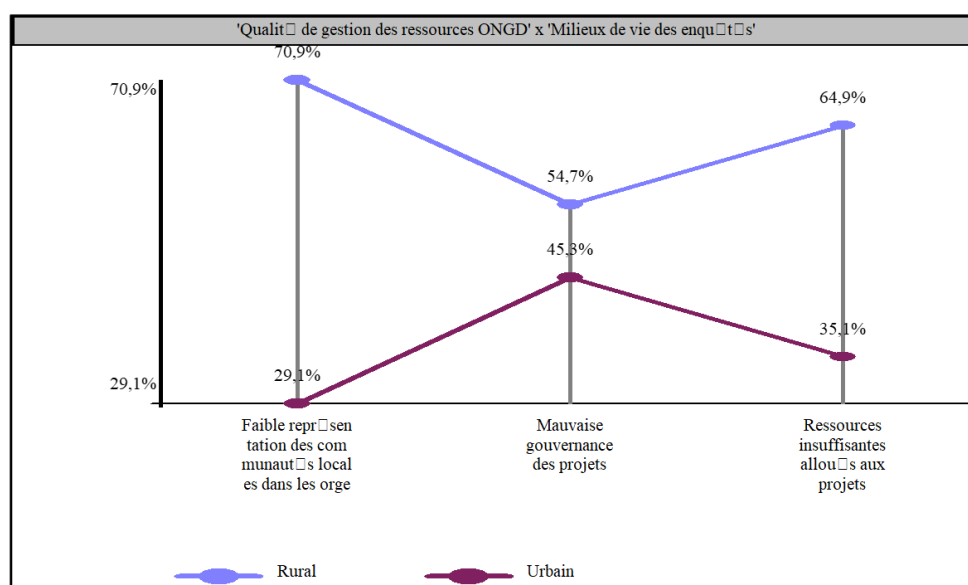


Fig. 8. Facteurs liés à la qualité de gestion des ressources par les ONGD du secteur dans le milieu

Commentaires: Pour le milieu rural, cette gestion est très affectée négativement à cause d'abord de la faible représentation des communautés locales dans les organes décisionnels (70,9 %), ensuite par l'insuffisance des ressources aux projets de lutte contre la pauvreté (64,9 %). Le milieu urbain en est plus faiblement affecté. *Statistiquement*, la dépendance est significative entre les deux variables (qualité de gestion globale des ressources et performance des stratégies de lutte contre la pauvreté dans le milieu rural et urbain): $\chi^2 = 9,13$, ddl = 2, $1-p = >98,96\%$ et V de Cramer= 0,90 % (forte relation)

3.8 FACTEURS LIÉS À LA REDEVABILITÉ (RESPONSABILITÉ DE RENDRE COMPTE) VIS-À-VIS DES PARTIES PRENANTES AU PROCESSUS DE LUTTE

Les facteurs liés à la responsabilité de rendre compte entre parties prenantes, identifiés sur le terrain par les sujets interviewés, ont été synthétisés dans la figure ci bas (Figure 9):

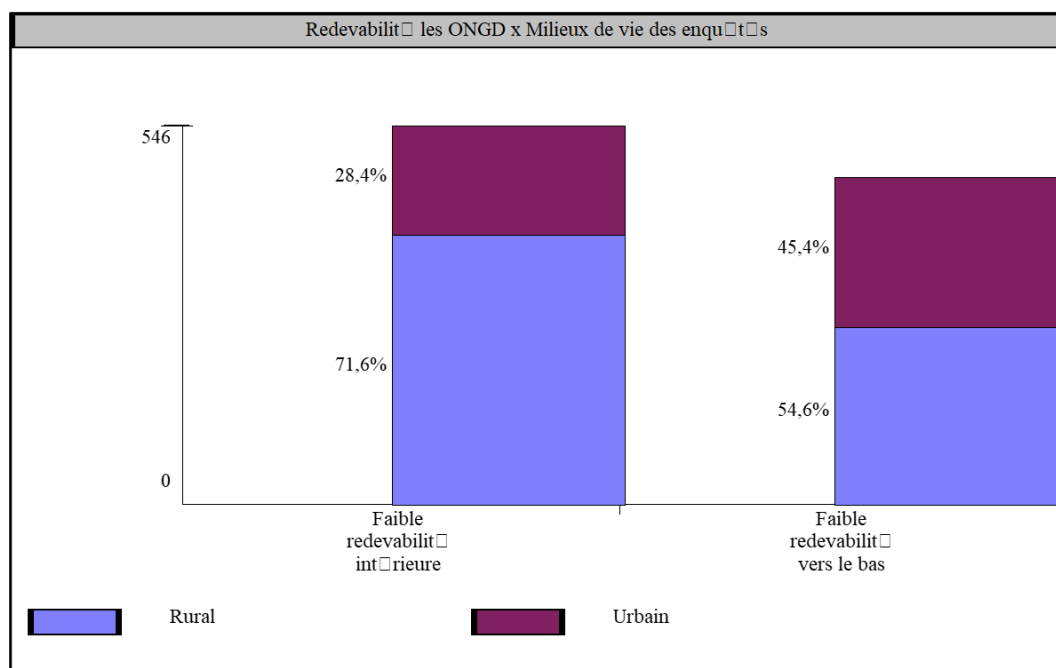


Fig. 9. Facteurs liés à la qualité de la responsabilité de rendre compte entre les parties prenantes

Commentaires: La redevabilité intérieure au sein des ONGD a été indexée négativement (faible) à 60,2 % en milieu rural contre 39,8 pour la faible redevabilité vers le bas. Pour le milieu urbain, c'était à 41,9 % pour la faible redevabilité intérieure aux ONGD quand pour celle vers le bas (population locale), c'était à 58,1 %. Sur le plan statistique, la dépendance entre les deux variables (Redevabilité et performance des stratégies de lutte dans les milieux de vie des clients) est très significative. $\chi^2 = 31,61$, ddl = 1, $1-p = > 99,99\%$; et V de Cramer= 3,10 % (Relation très forte)

3.9 FACTEURS LIÉ À LA QUALITÉ DES INTERACTIONS ENTRE LES PARTIES PRENANTES

La qualité des interactions entre les principales parties prenantes dans le rayon de travail de ces ONGD (Etat, ONGD, PTFs, Leaders locaux, Ménages bénéficiaires...) pose aussi des problèmes qui influent sur cette performance des stratégies de lutte et ont été analysés dans la figure 10 qui suit.

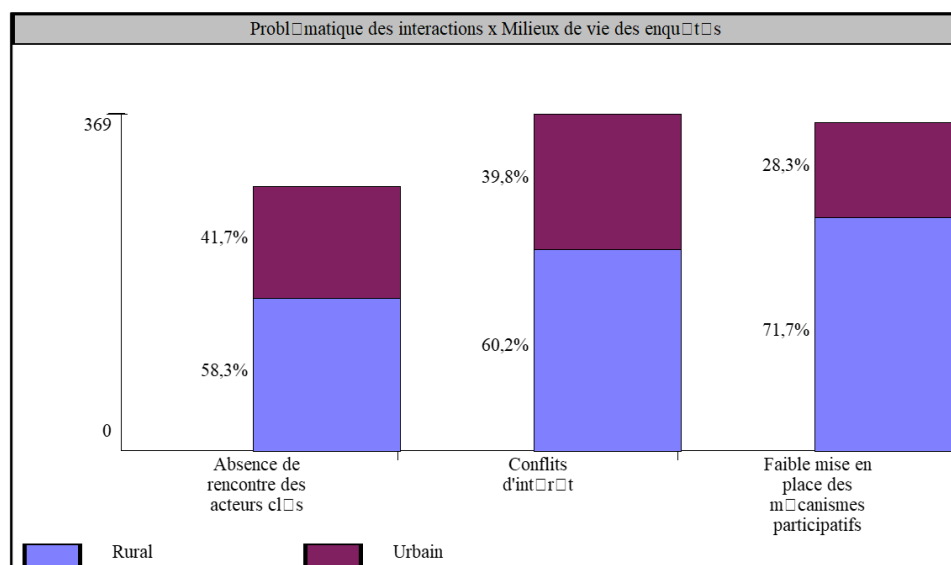


Fig. 10. Facteurs liés à la problématique des interactions entre les parties prenantes

Commentaires: A ce niveau trois facteurs ont été indexés pour le *milieu rural* dont en premier la faible mise en place des mécanismes participatifs (71,7 %), suivie des conflits d'intérêt (60,2 %) et de l'absence des rencontres entre les acteurs clés (58,3 %). Les trois facteurs précités ont été indexés aussi pour le *milieu urbain* mais il ressort qu'ils affectent moins cette performance qu'en milieu rural. La dépendance entre les interactions et la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté dans les milieux de vie (rural ou urbain) est très significative: $\chi^2 = 15,80$, ddl = 2, 1-p = 99,96% et V de Cramer=1,55 % (Très forte relation)

3.10 AUTRES FACTEURS GLOBAUX QUI LIMITENT LA PERFORMANCE DES STRATÉGIES

Il faut noter que nombreux autres facteurs impactent également cette performance des stratégies de lutte contre la pauvreté et concernent bien aussi la situation globale opérationnelle des ONGD au Sud Kivu et les interviewés en ont identifié les plus importants dans la figure 11 qui est bien repris ci bas.

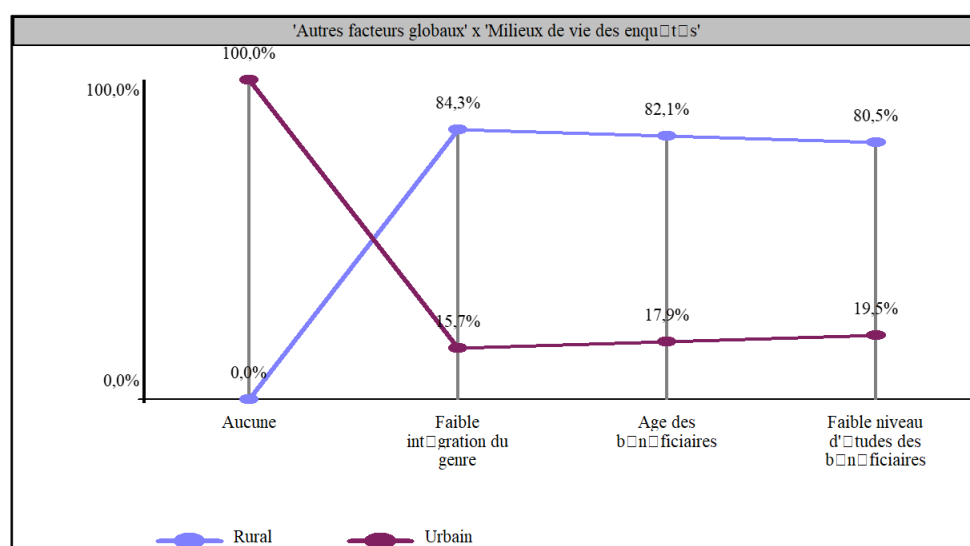


Fig. 11. Autres facteurs globaux qui limitent la performance des stratégies de lutte et milieu de vie

D'autres nombreux facteurs limitent cette performance dans les deux milieux. C'est le cas de la faible intégration du genre qui est plus prononcée dans le milieu rural (84,3 %) suivi de l'âge des bénéficiaires (82,1 %) et de la faiblesse du niveau d'études des clients (80,5 %). Tous ces trois facteurs impactent peu le travail dans le milieu urbain. La dépendance entre ces autres

facteurs globaux et la performance des stratégies de lutte dans le milieu rural et urbain est très significative: $\chi^2 = 528,37$; ddl = 3, $1-p = > 99,99\%$ et V de Cramer = 51,80 % (Relation très, très forte)

4 DISCUSSIONS

Les résultats de l'enquête permettent d'établir que **le contexte global de travail** (situation opérationnelle) dans ce secteur n'est pas favorable aux ONGD et nombreux facteurs globaux sont mis en cause et concernent l'accessibilité au terrain (figure 2), les longues distances du terrain (figure 3), des mauvaises interactions entre parties prenantes (figure 10), des faibles redevabilités (figure 9), la faiblesse de l'Etat et qualité médiocre de gouvernance publique (figure 5), l'insécurité permanente dans les lieux de travail (figure 4), la gestion globale inquiétante des ressources mises à la disposition des ONGD et souvent peu transparente (figure 8), la faible qualité et /ou inexistence du contrôle des résultats obtenus sur le terrain par les parties prenantes (figure 7), la pauvreté grandissante des cibles rendant les opérations de lutte parfois fragile (figure 6) et d'autres nombreux facteurs en rapport avec l'intégration du genre, l'âge des clients et leur niveau d'étude lorsqu'il est très faible (figure 11).

Nombreux auteurs ont écrit au sujet de ces facteurs liés au contexte global de travail qui réduisent la performance des stratégies de travail des organisations et sont allés dans le même sens que ces résultats de recherche. A ce propos par exemple *Véronique Messenger Rota* dit qu'il faut bien connaître et comprendre son contexte global de travail (social, économique, fonctionnel, national ou international, normatif, politique, technologique, historique, stratégique...), agir en interaction avec les acteurs des projets, avec l'organisation dans laquelle les projets se déroulent et l'environnement dans lequel évolue cette organisation, avec son équipe, avec le client, avec les sous-traitants ou autres qui sont impliqués dans le déroulement de ses activités. Pour l'OCDE, c'est important qu'au niveau global des organisations, que la notion de redevabilité fonctionne correctement. L'Organisation SAVE abordant le même sujet avance qu'il faut respecter l'obligation de rendre compte dans un partenariat et que c'est très utile, cela aide à améliorer le contexte général et le climat de travail au sein des organisations). Selon *Simen* (inspiré des travaux de *Connerton*, 1979; *Mefford*, 1986; *Allen*, 1988; *Boal*, 1990; *Laroche*, 2002 concernant les recherches sur les liens entre les relations sociales et la performance dans les organisations), il ya des nombreux effets positifs que rapportent les bonnes relations sociales sur la performance productive, et ce dans des secteurs variés. Des bonnes relations sociales au sein des entreprises ou organisations favorisent l'implication des toutes les parties prenantes au travail et aident à développer leur savoir ainsi que toute leur expérience. Cela favorise même du côté des gestionnaires le travail de coordination de l'ensemble ». Aussi *L. Godard* avance que « l'environnement externe est une source majeure d'incertitude pour les preneurs de décision. Cette incertitude a plusieurs origines: le manque d'informations, l'incapacité à prévoir les changements, la direction et l'intensité de ces changements entre autres. L'organisation doit alors chercher à stabiliser son environnement par une structuration institutionnelle des relations qu'elle entretient avec certaines parties prenantes. En cherchant à maîtriser l'environnement de travail, les organisations peuvent évoluer dans un contexte moins hostile. Plus l'environnement est instable, plus le dirigeant devra essayer de multiplier et de capitaliser ses contacts afin de capturer des informations capitales à mettre à profit dans le cadre de consolidation de la performance de l'organisation.

Nous nous inscrivons aussi dans le même schéma et pensons qu'un bon gestionnaire d'une organisation sociale de développement doit bien identifier et analyser (au niveau contextuel) tous les facteurs qui peuvent réduire la qualité du travail qu'il déploie sur le terrain. Les différents programmes doivent s'inscrire chaque fois dans la logique globale de ces facteurs et être montés de manière à les braver ou à réduire sensiblement leur incidence. Aussi il doit faire un effort pour actualiser régulièrement ses connaissances sur ces facteurs et être toujours proactif et donc capable de prendre des bonnes décisions bien éclairées et au moment qu'il faut. Nous pensons encore que les principaux gestionnaires des organisations sociales de développement devraient prendre un peu de temps pour créer des occasions pour permettre aux animateurs et agents de bien comprendre ce qu'on attend d'eux et cela à travers par exemple des réunions techniques de travail, la production des notes explicatives, des assemblées générales des travailleurs etc.

Selon nous, cela créerait assez de cohésion et de rapprochement au sein de l'équipe de travail. Mais la redevabilité et une participation responsable de qualité sont aussi deux autres clés principales d'amélioration de cette performance.

Nous pensons enfin que les résultats de recherche obtenus et synthétisés ci haut, veulent dire selon leur significativité statistique et leur valeur V de Cramer que contextuellement, les facteurs liés à l'intégration du genre, à l'âge des clients et leur niveau d'étude sont plus déterminants de cette performance des stratégies de lutte contre la pauvreté en milieu rural comme celui urbain au Sud Kivu, suivis de ceux liés à la sécurité dans le site versus l'accessibilité au rayon de travail. Les facteurs liés à la redevabilité ; à la qualité de la gouvernance publique dans le lieu, à la régularité et à la qualité des contrôles des résultats produits viennent après. La qualité de la gestion des ressources par les ONGD et celle des interactions entre parties prenantes au processus de lutte viennent ensuite quand enfin viennent ceux liés à la distance et à la pauvreté grandissante des clients pauvres ruraux et urbains.

Fort de tous ces éléments, l'hypothèse de recherche est confirmée telle que reprise dans l'introduction que: « *la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté faiblit en milieu rural et urbain du Sud Kivu, et avec elle, aussi les résultats de développement produits sur le terrain, à cause (entre autre) d'une situation opérationnelle globale défavorable pour le travail de ces ONGD s'expliquant par une multitude des facteurs* ».

5 CONCLUSIONS

Cet article concerne les facteurs liés au contexte global de travail des ONGD limitant la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté. Une **question** a permis d'opérationnaliser la recherche à ce niveau: « Quels sont les facteurs liés à la situation opérationnelle (contexte global de travail) des ONGD qui contribuent à réduire la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté qui sont mises en œuvre, en milieu rural et urbain, au Sud Kivu ? ». L'**objectif** poursuivi a été d'inventorier et d'expliquer les facteurs liés à cette situation opérationnelle ainsi que leur relation avec les milieux de vie des clients et qui limitent la qualité et la performance de ces stratégies de lutte contre la pauvreté.

Provisoirement, l'auteur **a anticipé** que « la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté faiblit en milieu rural et urbain du Sud Kivu, et avec elle, aussi les résultats de développement produits sur le terrain, à cause (entre autre) d'une situation opérationnelle globale défavorable pour le travail de ces ONGD s'expliquant par une multitude des facteurs ». Deux **résultats attendus** ont été que les facteurs liés à la situation opérationnelle (contexte global de travail) des ONGD au Sud Kivu, qui limitent la qualité et la performance des stratégies de lutte contre la pauvreté ont été à la fin inventoriés, expliqués et connus mais aussi que la relation entre ces facteurs et la performance des stratégies de lutte dans les milieux de travail de ces ONGD (rural et urbain) a été examinée et éclairée finalement.

La recherche a utilisé la méthode empirique et l'analyse documentaire avec le concours des observations directe, ordinaire et participante. Une enquête par questionnaire s'est appuyée sur les interviews individuelle et des informateurs qualifiés. L'échantillon a compris deux cibles: les responsables des structures de développement (384) et les chefs des ménages bénéficiaires (**au moins** 633), soit au total 1020 sujets **au plus**. Cet échantillon a été stratifié simple mais proportionnel et représentatif. Sa répartition a été basée sur les **quotas**.

Selon leur significativité statistique et leur valeur V de Cramer, les facteurs liés à l'intégration du genre, à l'âge des clients et leur niveau d'étude sont plus déterminants de cette performance dans les milieux rural et urbain au Sud Kivu, suivis de ceux liés à la sécurité dans le site versus l'accessibilité au rayon. Les facteurs liés à la redevabilité ; à la qualité de la gouvernance publique dans le lieu, la régularité et la qualité des contrôles des résultats produits sont venus après. La qualité de la gestion des ressources par les ONGD et celle des interactions entre parties viennent ensuite quand enfin viennent ceux liés à la distance et à la pauvreté grandissante des clients. Ces résultats ont permis de confirmer l'hypothèse de recherche telle que formulée dans l'introduction au début de cet article.

Une prospective orientée vers une vision axée sur le plaidoyer/lobbying et « un partenariat Public- ONG- Clients pauvres » très fort mais décentralisant le travail, développant les capacités d'auto-prise en charge socio-économique et démocratisant le débat public sur la question, s'impose pour améliorer cette performance.

REFERENCES

- [1] C.Vandeschrik et J.M.Wautelet. L'indice de pauvreté humaine: De la statistique descriptive aux mesures de pauvreté. Louvain la Neuve: Bruylant Academia, 2003.
- [2] X.Godinot. Eradiquer la misère: Démocratie, Mondialisation et Droits de l'Homme. Paris/france: PUF, 2010.
- [3] Droy. Femmes et développement rural. Paris/France: Karthala, 1990.
- [4] Pnud-RDCongo. Pauvreté et Conditions de vie des ménages au Sud Kivu. KINSHASA- RD Congo: PNUD- Boulevard du 30 juin, 2009.
- [5] CIVICUS. Planification stratégique. Newtown Johannesburg: Emergence et IBF International Consulting, 2001.
- [6] G.Collange, P.Demangel et R.Poinsard. Le guide méthodologique du suivi de la performance. Rabbat/Maroc: Cellule du programme de réforme de l'Administration publique au Maroc, 2006.
- [7] Mougin. Processus: les outils d'optimisation de la performance. 2004.
- [8] V.M.Rota. La gestion des projets vers des méthodes agiles. Paris: Cedex, 2009.
- [9] OCDE. Coopération pour le développement. Faire des partenaires des véritables coalitions pour l'action. 2015.
- [10] SAVE-THE-CHILDREN. Guide sur la redevabilité des programmes. London/Royaume Uni: ECIM 4 AR, 2013.
- [11] S.F.Simen et B.Tijdani. Pratiques de gestion des ressources humaines et performance dans les entreprises. Où en est on? Sans année.
- [12] L.Godard. La taille du Conseil d'administration: Déterminants et impact sur la performance. 2001.

Seasonal variations of physicochemical parameters and nutrients of a coastal tropical lagoon's waters: Aby lagoon (Côte d'Ivoire)

Sylvie Assemian-niango¹, Séverine Estelle Konan¹, and Jean-marie Konan Kouakou²

¹Center of Oceanological Research (C.O.R.), BP V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Central Laboratory of Agrochemistry and Ecotoxicology (C.L.A.E.), 04 BP 612 Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: In response to many anthropogenic pressures on Aby lagoon, the aim of this study is to determine, according to seasons, physicochemical characteristics and nutrients content of lagoon waters. To do this, from September 2007 to July 2009, during monthly sampling campaigns, physico-chemical parameters such as temperature, salinity, conductivity, pH and transparency of waters of lagoon were measured, in situ, at twenty (20) stations distributed along lagoon. Water samples were collected at these stations, at the depth of 0.2 m below the surface, to determine in laboratory levels of dissolved oxygen and nutrients such as orthophosphate, nitrite, nitrate and ammonium, using standard methods. Statistical treatments were performed using XLSTAT 7.5 software. Data processed, using Friedman test, show significant seasonal differences between physico-chemical parameters and nutrients of lagoon waters.

KEYWORDS: Rainy season, Dry season, Physicochemical characteristic, water samples, Tropical lagoon, Aby lagoon, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Estuaries and coastal areas are regions of high population density and intense human activities [1]. In addition, tropical estuaries are the most bio-geochemically active zones and are more easily affected by anthropogenic nutrient loading than estuaries at higher latitudes [2], [3]. Aby lagoon, like tropical coastal lagoons, is subject to many anthropogenic pressures [4]. Indeed, in addition to big cities of Adiaké, Étuoboué and Tiapoum and many villages that populate the banks of this lagoon, its watershed is the site of intense socio-economic activities and establishment of immense peasant plantations and agro-industrial complexes of coconut, rubber trees and oil palm trees. Therefore, this lagoon is the receptacle of domestic and industrial effluents and runoff from agricultural areas likely to pollute it. According to [5], nutrients enrichment lead to deterioration of water quality. In addition, Aby lagoon waters are used for all uses except consumption [6]. However, it shall be noted that the specific impacts of nutrients loads vary according to structure of individual ecosystems and other factors such as meteorological and hydrological conditions [7]. In order to preserve ecological quality of Aby lagoon, the aim of this present study was to determine, according to seasons, physico-chemical characteristics and nutrients content of this lagoon waters.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

Located at extreme south-east of Côte d'Ivoire, between longitudes 2° 50' W and 3° 21' W and latitudes 5° 04' N and 5° 22' N, Aby lagoon covers an area of 424 km² and has 3.8 meters in average depth (Fig. 1). In eastern part, it constitutes a natural border between Côte d'Ivoire and Ghana [4]. Aby lagoon contains three straits broad of 4.5 km, 2 km and 1.25 km. These straits allow subdivision into four parts with different hydrological regimes due to variable marine, fluvial and atmospheric influences

from one part of lagoon system to another. These are, from North to South and from West to East, Aby north lagoon and Aby south lagoon, which constitute Aby part of lagoon complex, Tendo lagoon and Éhy lagoon [8], [4]. This lagoon also contains many islands. Six (6) of them (Assokomonobaha or, Balouate, Meha, Nyamouan, Eloamin and sacred island Bosson-Assoun) constitute the national park of Éhotilé islands [9]. Aby lagoon is fed by two main forest rivers, Bia at north and Tanoé at east. There are also several smaller rivers so important such as Éholié at north and Toudoum at Eplémian. Lagoon is still connect with Atlantic Ocean through grau of Assinie Mafia. However, exchanges are reduced because of a set of channels that constitute barrier islands located in Aby South lagoon [10]. Aby lagoon is in Adiaké region whose climate is transitional equatorial type characterized by following seasonal division:

- Long dry season from December to March;
- Long rainy season from April to July;
- Short dry season from August to September and
- Short rainy season from October to November [11], [6].

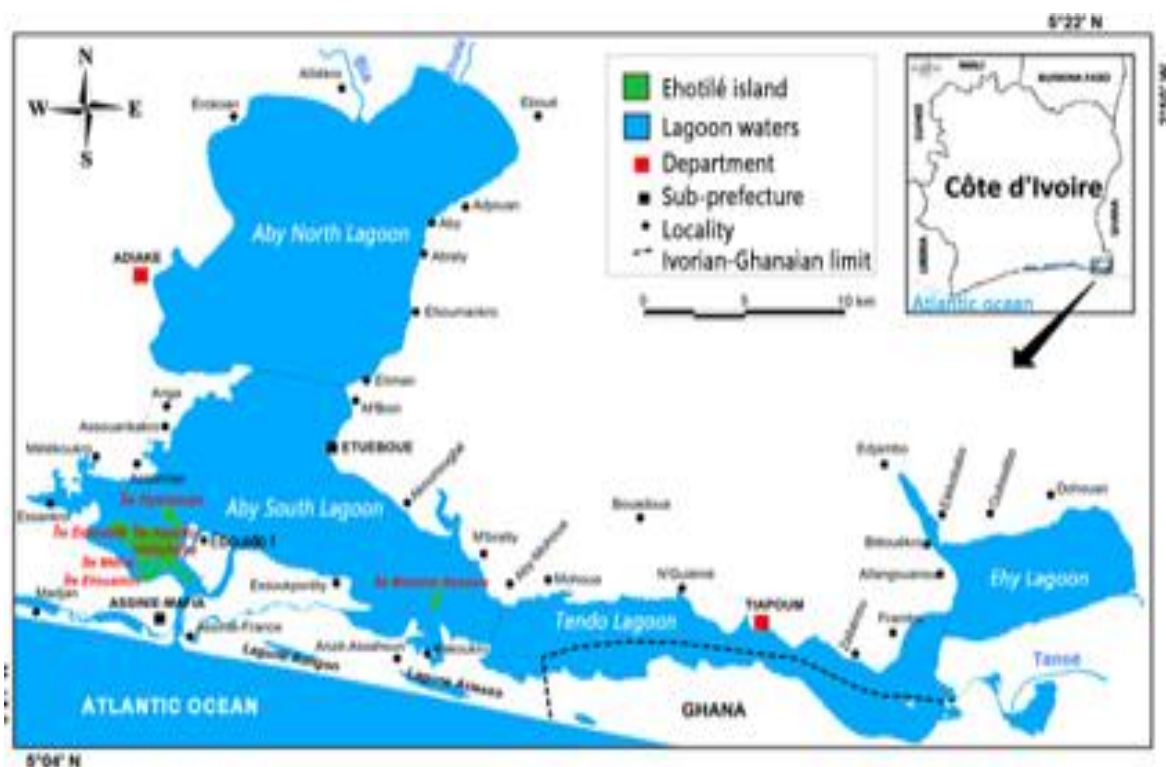


Fig. 1. Aby lagoon system (Source: Oceanological Research Center Abidjan/ Côte d'Ivoire)

2.2 SAMPLING SITES

Samples were collected from twenty (20) stations distributed along Aby lagoon system (Fig. 2). Selection criteria of stations are on one hand representability of whole Aby lagoon system and on other hand zones close to big cities (Adiaké, Tiapoum), mouths of main rivers (Bia, Éholié and Tanoé) that feed lagoon, agro-industrial plantations and Aby lagoon system mouth in Atlantic ocean. The positions of sampling stations were accurately located by using GARMIN Geographical Positioning System (GPS) (Tab. 1).

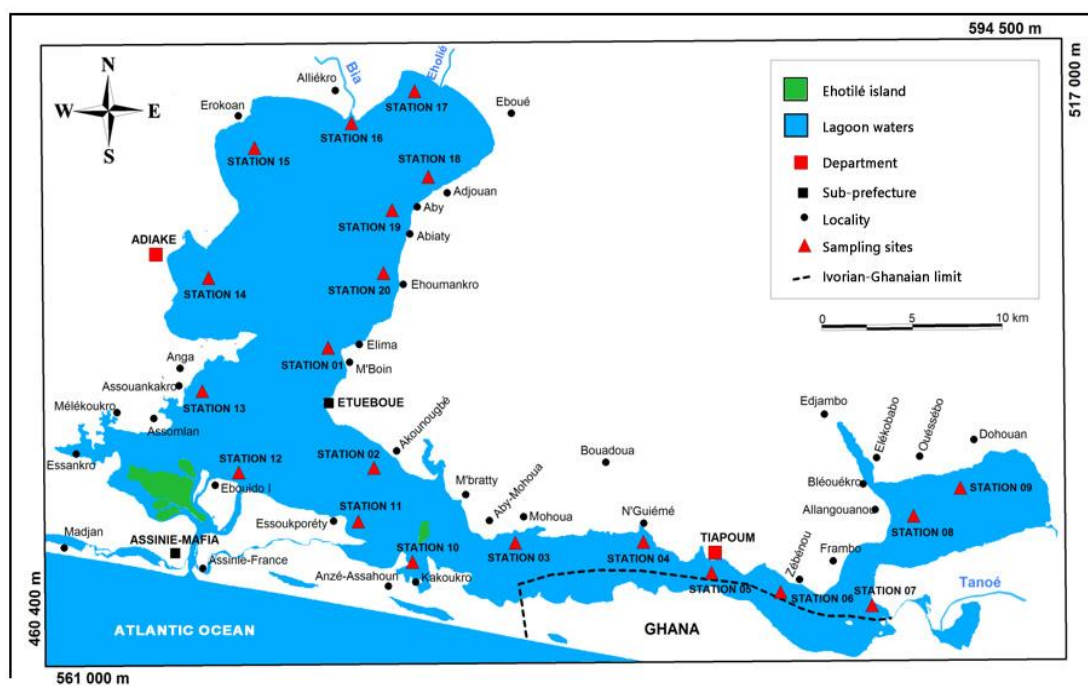


Fig. 2. Aby lagoon system and sampling sites (Source: Oceanological Research Center Abidjan/ Côte d'Ivoire)

Table 1. Geographical coordinates of sampling stations

Stations names	Stations numeros	Geographical Coordinates (UTM)		Stations names	Stations numeros	Geographical Coordinates (UTM)	
		X	Y			X	Y
Éléman-M'boin	1	476200	578100	Angboudjou	11	477800	568700
Akounougbé	2	478700	571600	Éboïndo I	12	471200	571400
Mowa	3	486500	567500	Assouankakro	13	469200	575800
N'guiémé	4	493600	567500	Adiaké	14	469600	581900
Tiapoum	5	497300	565600	Érokoan	15	472200	588900
Zébénou	6	501100	564600	Bia	16	477600	590200
Tanoé	7	506100	565300	Éholié	17	481100	591900
Allangouanou	8	508600	568800	Adjouan	18	482300	58800
Ouessébo	9	511200	570300	Aby-Abiaty	19	479800	585500
Kakoukro	10	480800	566500	Éhoumankro	20	479300	582100

2.3 SAMPLING

In situ measurements as well as monthly water sampling were made from September 2007 to July 2009. Water samples were collected using a Niskin bottle, at the depth of 0.20 m below the surface of lagoon. Table 2 presents analyzed parameters and methods of analysis. Statistical treatments were made from XLSTAT 7.5 software. Data were processed using Friedman test to compare parameters during seasons.

Table 2. Analyzed parameters and methods of analysis

Analyzed parameters	Methods of analysis and/or measuring appliances
Temperature (T), Salinity (S) Electrical conductivity (EC)	In situ with Multiparameter TURO T-611 (Turo technology, 1996)
pH	In situ with pH-meter HI/98/150 brand HANNA
Transparency (t)	In situ with Secchi Disc
Dissolved Oxygen (DO)	Winkler modified by Carritt and Carpenter (1966)
Phosphate (PO_4^{3-})	Colorimetric method (NF T 90 023EN ISO 6878 (2005))
Nitrite (NO_2^-)	Griess reaction NF T 90 013 EN 26777, 1993
Nitrate (NO_3^-)	Spectrophotometer HACH DR 2010 (EN 50082-1, 1997)
Ammonium (NH_4^+)	Method of blue of indophenol (NF T 90 015, 2000)

3 RESULTS

Table 3 presents means, extreme values (minimum, maximum) and coefficients of variation of analyzed parameters of lagoon waters during seasons. The results of Friedman test for comparison of K paired samples, from XLSTAT 7.5 software, are presented in table 4.

Table 3. Means, extreme values (Min, Max) and Coefficients of Variation (CV) of Physico-chemical parameters and nutrients during seasons

	Analyzed Parameters									
	T (°C)	S (‰)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	t (m)	DO (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)
Long Dry Season (LDS)										
Means	30,73	1,65	3794,8	7,87	1,05	6,04	0,067	0,03	1,62	0,19
Min	29,25	0	88,35	6,4	0,5	4,91	0,01	0,01	0,3	0,03
Max	32,65	3,5	8181,07	8,9	1,9	7,78	0,107	0,055	3,8	0,44
CV	3,2	81	76,58	10,45	31,22	14	60,68	48,02	55,31	52,86
Long Rainy Season (LRS)										
Means	29,82	0,36	840,74	7,17	0,43	6	0,13	0,12	4,64	0,2
Min	27,1	0	50,47	5,44	0,15	3,7	0,07	0,03	1,7	0,05
Max	33,35	1,6	1974,67	8,47	0,75	6,91	0,20	0,40	9,2	0,37
CV	5,81	122,9	72,01	8,93	26,47	11,8	29,51	106,57	51,86	47,03
Short Dry Season (SDS)										
Means	27,72	0,46	621,68	7,12	1,23	5,74	0,09	0,02	0,13	0,052
Min	26,4	0	67,65	5,65	0,88	3,99	0,03	0,01	0,08	0,02
Max	28,73	4,75	1341,93	8,08	1,88	11,13	0,28	0,05	0,23	0,12
CV	2,44	227,5	76,56	8,02	26,6	32,07	74,37	41,54	34,76	54,63
Short Rainy Season (SRS)										
Means	29,32	0,17	674,67	7,17	0,95	4,26	0,069	0,021	0,55	0,092
Min	28,13	0	54,05	6,82	0,6	1,39	0,04	0,01	0	0,04
Max	29,95	0,68	1901	7,73	1,6	6,77	0,10	0,04	2,5	0,46
CV	1,62	119,22	90,11	3,3	29,44	31,09	26,43	44,41	128,6	107,03

Table 4. Matrix of pairs comparisons (difference and conclusion)

Parameters	Intra-seasonal variations		Inter-seasonal variations			
	Seasons		Seasons			
	LDS-SDS	LRS-SRS	LDS-LRS	LDS-SRS	LRS-SDS	SDS-SRS
T	52,000*	10,000	17,000*	27,000*	35,000*	25,000*
S	29,500*	16,500*	22,000*	38,500*	7,500	9,000
CE	42,000*	6,000	32,000*	38,000*	10,000	4,000
pH	19,000*	9,000	14,000	23,000*	5,000	4,000
t	9,5000	32,500*	41,000*	8,500	50,500*	18,000*
OD	18,00*	34,000*	0,000	34,000*	18,000*	16,000
PO ₄ ³⁻	7,000	33,000*	37,000*	4,000	30,000*	3,000
NO ₂ ⁻	7,500	40,500*	28,000*	12,500	35,500*	5,000
NO ₃ ⁻	32,000*	42,000*	19,000*	23,000*	51,000*	9,000
NH ₄ ⁺	33,000*	30,000*	9,500	20,500*	42,500*	12,500

Critical value for difference: 16,003; *: Significant values

4 DISCUSSION

The temperature of lagoon waters are characteristic of tropical areas [12]. Aby lagoon waters are characterized by a lower thermal variation as indicated by low coefficients of variation observed (< 6%) during seasons [13]., [14], [15] in Ébrié, Fresco and Grand-Lahou lagoons, respectively, found the same result. This thermal stability of waters seems to be characteristic of Ivorian lagoons [16]. in lake Nokoué in Benin, [17] in Lomé lagoon system in Togo and [18] in hydrosytem Lake Togo- lagoon of Aného made also this finding. According to these authors, the thermal stability of waters is due to shallow depths of lagoon systems that favor good mixing waters. Minimum temperature in short dry season is due to upwelling phenomenon characterized by the rise of cold ocean waters. As for very high temperatures of waters in long dry season, they are the result of insolation, temperature of a surface water being closely related to variations of ambient temperature and seasonal variations [19].

Seasonal average values of lagoon waters salinity are less than 2 ‰. Aby lagoon is therefore less saline than Fresco, Grand-Lahou and Ébrié lagoons, whose average surface salinities are 15.69 ‰, 13.5 ‰ and 15 ‰, respectively [20], [15], [21]. Aby lagoon is also less saline than hydrosystem Lake Togo- lagoon of Aného [18]. These low salinities of this lagoon are due to its communication with ocean hampered by channels located at the mouth. Salinity in long dry season is however higher, due to oceanic water intrusions. The high values of coefficients of variation of salinity (> 80 %) show that Aby lagoon is an open environment. This environment is at the same time under influences of contributions of continental waters (fluvial and precipitations) and contributions of oceanic waters.

Waters of Aby lagoon are almost neutral. The high pH values of lagoon waters are recorded in long dry season. Like temperature, low coefficients of variation of pH (< 11%) indicate a small variation in pH of waters within different seasons. Temperature and pH of are uniform within each season but generally differ from one season to another. Lagoon waters are more conducive in long dry season [16]. in lake Nokoué in Benin also made this observation. In addition, pH, conductivity and transparency show seasonal fluctuations in relation to salinity. Thus, at periods of high salinity (consecutive to oceanic inflow), correspond waters of high conductivities, basic and transparent and at periods of low salinity (period of inflow of inland water), water of low conductivities, less transparent and weakly acidic. Like salinity, changes in pH, conductivity and transparency show, in general, significant differences during seasons.

With regard to dissolved oxygen level, high values in long dry season (6.04 mg / L) can be explain by mixing of waters as showed by [22] in Ébrié lagoon and [23] in Grand-Lahou lagoon. Indeed, quantities of dissolved oxygen also depend on exchanges with atmosphere, exchanges that are favored by agitation of waters, itself depending on the wind, the tide and the currents [24]. Dissolved oxygen levels recorded in this study are almost similar to those obtained by [25] in this lagoon in long rainy season and long dry season. However, they are higher than those obtained by [14] and [26] in Fresco lagoon (average: 5.16 mg / L) and Grand-Lahou (average: 3.29 mg / L) lagoon, respectively and lower than those obtained by [24] in Ebrié lagoon around Vitré Island (average: 6.73 mg / L). There is no significant difference between dissolved oxygen levels in long dry season and in long rainy season. It is the same between short dry season and short rainy season.

In rainy seasons, nutrient levels in lagoon waters are higher, compared to dry seasons [14]. and [23] in Fresco lagoon and Grand-Lahou lagoon respectively, also made this observation. Waters are therefore enriched with nutrients during rainy seasons. This enrichment is due to runoff from agricultural areas and urban areas. Indeed, forest rivers in flood, runoff from agricultural areas and urban areas due to rainfall are main sources of nutrients in Aby lagoon. With regard to agricultural areas, precipitation brings by runoff fertilizers spread on plantations towards lagoon waters. The floods of forest rivers also bring into lagoon, waters that have run off into areas mostly occupied by forests or by large areas of crops and bare soil. Moreover, according to [27], oceanic influence being weak in Aby lagoon, abundance of nutrients measured is mainly due to continental and atmospheric inputs and mineralization of organic matter in deep layers.

Except between short dry season and short rainy season, nutrients levels generally differ from one season to another. In addition, nutrients levels in lagoon waters during long rainy season differ significantly from those of other seasons [1]. in lagoons of tropical island of Hainan in China also found seasonal variations in nutrients. Nutrients content of waters in rainy seasons is different; it is the same with values of temperature, salinity, pH and electrical conductivity in dry seasons. With exception of transparency and temperature, physicochemical parameters and nutrients content in short dry season and in short rainy season are the same. At the opposite, physicochemical parameters and nutrients content in long dry season and in long rainy season are different except pH and ammonium ion content.

5 CONCLUSION

Aby lagoon is characterized by low salinity values. Waters are more saline, more conductive and more transparent in long dry season and highly oxygenated in long dry season and long rainy season. On the contrary, abundance of nutrients is recorded in long rainy season. Generally, there is a significant difference between physico-chemical parameters and nutrients content in lagoon waters from one season to another. Intra-seasonal and inter-seasonal variations in physicochemical parameters and nutrients are significant with exception of temperature and pH, which show a low intra-seasonal variation in rainy seasons. Climatic seasons therefore govern values of the physicochemical parameters and nutrients content. However, considering the semi-closed nature of Aby lagoon and over lagoon waters temperatures (suitable for algal development), nutrients inputs should be monitored. This will contribute to preserve the ecological quality of this immense natural heritage and will ensure long-term well-being of local populations.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the **Center for Oceanological Research (COR)** Abidjan / Côte d'Ivoire, which funded the campaigns and which made it possible to do the analysis of our samples in its laboratories. We also thank **Doctors Sévérine Estelle KONAN and Jean-Marie Konan KOUAKOU** who contributed, respectively, to the writing of the manuscript and to the statistical processing of the data of the study.

REFERENCES

- [1] R. H. Li, S. M. Liu, Y. W. Li, G. L. Zhang, J. L. Ren and J. Zhang, « Nutrient dynamics in tropical rivers, lagoon and coastal ecosystems of eastern Hainan island, South China Sea. Biogeosciences » 11, 481-506, 2014.
- [2] C. M. Yule, L. Boyero and R. Marchant, « Effects of sediment pollution on food webs in a tropical river (Borneo, indonesia) », Mar. Freshwater Res., 61, 204-213, 2010.
- [3] J. Smith, M. A. Burford, A. T. Revill, R. R. Haese and J. Fortune, « Effect of nutrient loading on biogeochemical processes in tropical tidal creeks », Biogeochemistry, .
- [4] S. Assemian-Niango, A. M. Kouassi, K. S. Traoré, A. Dembélé Et J. Biemi, « Distribution des ions sulfate (SO₄²⁻) dans un écosystème tropical à forte influence continentale: Lagune Aby, Côte d'Ivoire », European Journal of Scientific Research, volume 124, N° 3, pp. 256-273, 2014.
- [5] TH. A. Singh, N. S. Meetei and L. B. Meitei, « Seasonal variation of some physico-chemical characteristics of the major rivers in Imphal, Manipur: A comparative evaluation », Current World Environment, Vol. 8 (1), 93-102, 2013.
- [6] S. G. Eblin, A. P. Sombo, G. Soro, N. Aka, O. Kambiré et N. Soro, « Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud-est côtier de la Côte d'Ivoire) », Journal of Applied Biosciences 75: 6259-6271, ISSN 1997-5902, 2014.
- [7] Y. Yang, H. Zhenli L. Youjian J. P. Edward, Y. Jinyang, C. Gouochao, J. S. Peter and A. P. Charles, « Temporal and spatial variations of nutrients in the Ten Mile Creek of South Florida, USA and effects on phytoplankton biomass », J. Environ. Monit., 10, 508-516, 2008.
- [8] Y. N. N'goran, « Biologie, écologie et pêche de l'ethmalose; Ethmalosa Fimbriata (Bowdich, 1825) en lagune Aby (Côte d'Ivoire) », Thèse de Doctorat de l'Université de de Bretagne Occidentale. Spécialité: Océanologie Biologique, 227p., 1995.

- [9] D. F. Malan, A. L. Aké, F. H. Tra Bi, D. Neuba, « Diversité floristique du parc national des îles Ehotilé (littoral est de la Côte d'Ivoire) », Bois et Forêt des Tropiques, N° 292 (2). Diversité biologique flore, Côte d'Ivoire, 2007.
- [10] Y. J.-M. Koné, G. Abril, K. N. Kouadio, B. Delille & A. V. Borges, « Seasonal variability of carbon dioxide in the rivers and lagoons of Ivory Coast (West Africa) », Estuaries and Coasts, 32: 246-260, 2009.
- [11] N. M. Seu-Anoï, « Structuration spatiale et saisonnière des peuplements phytoplanctoniques et variabilité des facteurs abiotiques dans trois complexes lagunaires de la Côte d'Ivoire (Aby, Ebrié, Grand-Lahou) », Thèse Unique Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 135 p., 2012.
- [12] A. Traoré, G. Soro, E. K. Kouadio, B. S. Bamba, M. S. Olga, N. Soro and J. Biemi, « Évaluation des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques des eaux d'une lagune tropicale en période d'étiage: la lagune Aghien (Côte d'Ivoire) », International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol. 6, no 6, pp 7048-7058, 2012.
- [13] A. M. Kouassi, A. S. Tidou, A. Kamenan, « Caractéristiques hydrochimiques et microbiologiques des eaux de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) Partie I: Variabilité saisonnière des paramètres hydrochimiques », Agro. Afr. ISSN n) 1015-2288, XVII (2): 73-162, 2005.
- [14] Y. Issola, A. M. Kouassi, B. K. Dongui et J. Biemi, « Caractéristiques physico-chimiques d'une lagune côtière tropicale: lagune de Fresco (Côte d'Ivoire) ». Afrique SCIENCE, Vol. 4, N°3 (2008), 1 septembre 2008.
- [15] K. S. Konan, A. M. Kouassi, A. A. Adingra, B. K. Dongui, et D. Gnagri, « Variations saisonnières des paramètres abiotiques des eaux d'une lagune tropicale: la lagune de Grand-Lahou, Cote d'Ivoire », European Journal of Scientific research 21 N° 3, n° ISSN 1450-216X, 2008.
- [16] D. Mama, « Méthodologie et Résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin) », Thèse Université de Limoges 157 p., 2010.
- [17] M. Ayah, M. Gribos, L. Tampo, L. M. Bawa, H. Bril et G. Djaneye-Boundjou, « Qualité et pollution des eaux d'un hydrosystème littoral: cas du système lagunaire de Lomé, Togo », European Scientific Journal, edition vol. 11, No. 15 ISSN: 1857-7881 (print) e- ISSN 1857-7461, 2015.
- [18] K. Ouro-Sama, G. Tanouayi, H. D. Solitoke, T. E. E. Badassan, H. Ahoudi, A. Y. Nyametso & K. Ghandi, « Seasonal variation, quality and typology of water's abiotic parameters of a tropical lagoon: The hydrosystem Lake Togo-Lagoon of Aného (South-East of Togo) » International Journal of innovation and Applied Studies, pp. 656-673, 2018.
- [19] M. B. Lamizana-Diallo, S. Kenfac et J. Millogo-Rasolodimby, « Évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso- le cas du Massili dans le Kadiogo », Sud Sciences et Technologie, ISSN 0796-5419, 6 p., 2008.
- [20] Y. Issola, « Étude des caractéristiques climatiques, hydrochimiques et de la pollution en métaux lourds d'une lagune tropicale: la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire) », Thèse de Doctorat unique, Université de Cocody, 177 pp., 2010.
- [21] A.M. Kouassi, « Hydrochimie et qualité des eaux des lagunes Ebrié et Grand-Lahou de Côte d'Ivoire », Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, 167 p., 2005.
- [22] D. Guiral, « L'instabilité physique, facteurs d'organisation et de structuration d'un écosystème tropical saumâtre peu profond, la lagune Ebrié », Vie et Milieu 42 (2): 73 – 92., 1992.
- [23] K. S. Konan, « Étude de l'hydrochimie et de la qualité des eaux de la lagune de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire) », Thèse Université Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 189 p., 2010.
- [24] B. S. Bamba, S. Ouffoué, M. C. Blé., S. B. Metongo et S. Bakayoko, « État de l'environnement lagunaire de l'île Vitré (Grand-Bassam, Côte d'Ivoire): aspects physiques, chimiques et Biologiques », Rev. Ivoir. Sci. Technol., 12 (2008) 77 – 92 ISSN 1813-3290, 2008.
- [25] O. Kambiré, A. A. Adingra, S. G. Eblin, N. Aka, A. C. Kakou et R. Koffi-Nevry, « Caractérisation des eaux d'une lagune estuarienne de la Côte d'Ivoire: Lagune Aby », Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, pp.95-110, 2014.
- [26] K. S. Konan, A. M. Kouassi, A. A. Adingra et D. Gnagri, « Spatial and temporal variation of fecal contamination indicators in Grand-Lahou lagoon, Côte d'Ivoire » Journal of Applied Biosciences 23: 1422-1435. ISSN 1997-5902, 2009.
- [27] B. S. Metongo, « Production primaire d'une lagune tropicale à forte influence continentale: la lagune Aby (Côte d'Ivoire) » Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan. Vol. XVII, n° unique, 1-27, 1989.

L'Afrique dans la rivalité sino-occidentale

Jean Paul Mikobi Mikobi

Assistant à l'Université de Lubumbashi, Département des Relations Internationales, RD Congo

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

ABSTRACT: The states story's is stained of every sort of challenges, at the first hand, some assess that, and it's strange these great powers are built. At the other hand, others viewed themselves being qualified "conflicting states or roughly" in vulgar word. Africa has been always shown as a point of argument dissenting China to Occident among others. Taiwan has been past to question, the fact that, the mark of shame has been mingled inflicted to China by Occident during the opium wars, additionally the intricacy of economic leadership of Chinese who encounter western in Africa space; aim of this study. In this visual of dual indebtedness, what needed to be known: *Between western mechanisms of help to the development settle by and trouble the World Bank and the International Monetary Fund, passing by Chinese as came of different of African-china summits, what's Africa promoting? What are choosing of Africa?* These questions will be basically treated. The study realized between 2019 and 2020, gave this abstract.

KEYWORDS: Challenge, African, occident, African-china, African-occident.

RESUME: L'histoire des Etats est teintée des rivalités de tout genre; certains estiment que c'est par ces dernières que se sont construites les grandes puissances. Conséquence, d'autres se sont vus collés le qualificatif « *d'Etats conflictuels ou voyous* » au sens vulgaire du terme. L'Afrique a toujours été l'un des points de divergence opposant la Chine à l'occident parmi tant d'autres. De la question de Taiwan mêlée aux vestiges d'une honte infligée à la Chine par l'occident pendant les guerres de l'opium, s'ajoute la complexité du leadership économique chinois qui s'affronte à celui occidental dans l'espace africain. Objet même de cette étude.

Dans cette optique d'un double endettement, il reste à savoir: *Entre mécanismes des prêts occidentaux d'aide au développement fixés par et à travers la Banque Mondiale et le Fond Monétaire International, en passant par des prêts chinois issus des différents sommets Chine-Afrique, que prône l'Afrique ? Quel est le choix de l'Afrique ?* Seront les principales questions abordées. Une étude réalisée entre 2019-2020 a fourni ce texte.

MOTS-CLEFS: Rivalité, Afrique, Occident, Chine-Afrique, Occident-Afrique.

1 INTRODUCTION

Un système international dynamique passant par plusieurs mutations impose une urgence à l'occident et à la Chine. Ces derniers à leur tour développent des mécanismes pouvant leur permettre de survivre dans les siècles avenir. C'est dans cette problématique que se retrouve l'Afrique¹ dans la rivalité² économique sino-occidentale. Force est de constater que le système international devenu une sorte d'énigme dont les spécialistes peinent à décrypter dissimule une continuité de prétention des plus grands de se partager le pilotage du monde³.

¹ « L'Afrique » est étymologiquement incertaine. Pendant longtemps le terme n'a servi qu'à désigner la partie de l'Afrique du nord entourant Carthage à dominante arabo-berbère, alors que le sud à majorité noire était appelé Ethiopie. Bref, c'est un continent couvrant 30 415 873 de km².

² La « rivalité » est une concurrence de deux ou plusieurs personnes (acteurs) aspirant à la même chose.

³ Bertrand Badie, *La diplomatie de connivence : les dérives oligarchiques du système international*, La Découverte, Paris, 2011, p.2.

Le contexte dans lequel s'effectue cette étude est très complexe par le fait qu'en plein 21^{ème} siècle de plusieurs phénomènes géopolitiques, l'Occident⁴ et la Chine nourris par la volonté insatiable à devenir les maîtres du monde deviennent de plus en plus actifs en ce qui concerne les multiples dettes contractées par l'Afrique auprès d'eux. Ainsi, une confrontation directe entre créanciers fait surface.

Il ne s'agit donc pas d'une fatalité apocalyptique parce que, si dans le temps les produits tels que: *la tomate, la soie, le sel, l'or* et autres ont fait les délices des Etats, aujourd'hui ces derniers semblent intéressés à des matières à la une des innovations technologiques. Relevons toute fois que le scandale géographique de l'Afrique n'a pas laissé indifférents les deux protagonistes (Chine-Occident). La Chine de l'Etat sous-développé associé au Tiers-monde, en passant par les Pays émergents⁵, cette dernière a présenté des avancées significatives hors du commun dans le continent africain si nous pouvons le dire ainsi.

À titre illustratif en 1980, les revenus réels par tête en parité de pouvoir d'achat de la Chine par rapport aux États-Unis se situaient à 6 % et ils se sont élevés en 2010 à 22 %. Et que d'ici 2030, la Chine devrait avoir un revenu par tête de l'ordre de 70 % trois fois du PIB américain⁶.

Cependant, la Chine paraît pointée au premier plan sur la scène africaine avec un *soft power à la chinoise*⁷ se résumant en une conquête sans merci des nouveaux espaces à commercer, par la stratégie des *Nouvelles routes de la soie* dont l'objectif est d'acheminer les productions chinoises vers d'autres marchés mondiaux en passant par l'Afrique. Les multiples conférences Chine-Afrique bien que concurrencée par le dispositif *Japon-Afrique*, sans oublier *Russie-Afrique*, prouvent à suffisance de l'installation effective de la Chine en Afrique.

Certains estiment qu'en dehors d'être l'ex-métropole l'occident a toujours l'influence sur l'Afrique par ses branches telles que: La France-Afrique, FMI, BM. Ainsi, une sauvegarde d'un agglomérat d'anciennes colonies, paraît salubre en dépit de la montée en puissance des partis politiques nationalistes ultra-conservateurs dans certains pays.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude a impliquera l'usage de la *méthode Behavioriste* pour appréhender le comportement de la Chine et l'Occident dans l'espace africain; pour ainsi permettre de dénicher les enjeux économiques majeurs de la rivalité. Pour des raisons de clarté, la *Technique d'Observation Documentaire* se résumant au recensement des documents et données statistiques, cartographies cadrant avec notre thématique viendra en appui à cette démarche.

En dépit de la géopolitique qui résume en une analyse des différents types de rivalités de pouvoir sur des territoires⁸, cette étude aura pour cadre le Behaviorisme pour bien dénicher le comportement des acteurs en étude. Elle va s'appesantir sur une analyse des différents sommets Chine-Afrique, un aperçu sur les relations Afrique-occident, sans oublier un survol sur la rivalité sino-occidentale, une illustration du choix de l'Afrique, pour ainsi déboucher sur une conclusion martelant les critiques et suggestions.

3 DISCUSSION

Avant tout débat, en ce concerne la problématique de l'Afrique dans la rivalité sino-occidentale, passons tout d'abord en revue de la genèse des événements ayant liés l'Afrique aux deux acteurs protagonistes sous examen (La Chine et l'Occident).

⁴ « L'Occident » est un monde libéral constitué de l'Europe, les Etats-Unis, le Canada, ainsi que l'Australie. Bref, tous les pays de l'OCDE. (Lire également les Notes de cours tirées du livre de Philippe Nemo, *Qu'est-ce que l'Occident*, PUF, Paris, 2013, pp. 18-22).

⁵ *Pays émergent* est une catégorie des pays forgée par Goldman Sachs, pour définir les pays du Sud caractérisés par un taux de croissance en longue période convergeant vers les pays industriels, une diversification du système productif, en fin, par une montée en gamme dans les chaînes de valeur mondiales. (Lire également Esambu Matenda Jean-Bosco Germain, *Manuel des Nouveaux Etats en Relations Internationales*, Beau-Bassin, Editions Universitaires Européennes, 2018).

⁶ Philippons Hugon et Jaime Pereira, « Economie politique tricontinentale : les nouveaux paradigmes Sud-Sud », *Tiers-monde*, n°208, Octobre-Décembre 2011, pp. 9-11.

⁷ Jean Maurice Rocher, « Le soft-power à la Chinoise », *Diploweb*. Aout 2018. Cf. Internet, <http://www.diploweb.com/> consulté le 14 Novembre 2019 à 13 heures 24 minutes.

⁸ Yves Lacoste cité par Pascal Boniface, *La géopolitique, Les relations internationales*, Edition Eyrolles, Paris, 2011, p.12.

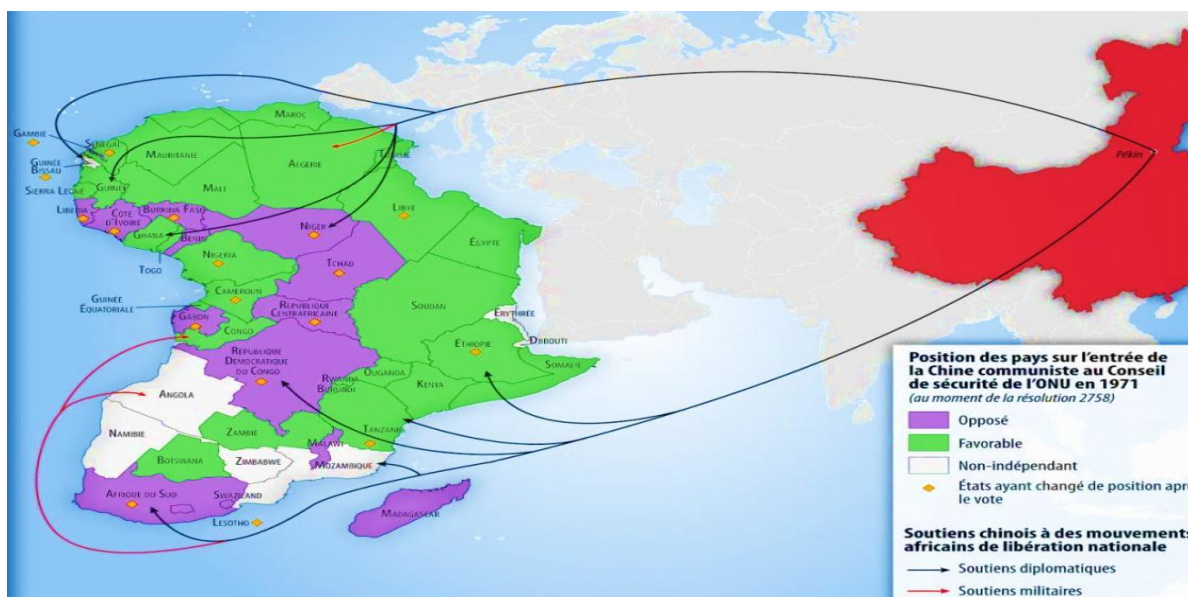
3.1 LES RAPPORTS SINO-AFRICAINS

Soulignons tout d'abord qu'il s'agit des anciennes et profondes relations qui se repèrent en trois phases dont: La phase de normalisation diplomatique issue de la conférence de Bandung, suivie de la phase d'amorçage commercial issue des années 2000, enfin la phase d'accélération par la signature des traités d'investissement bilatéraux à en croire Thierry Pairault⁹. Pour notre part, après décryptage estimons qu'en pratique ces rapports sont de deux ordres. Il s'agit d'abord des « *rapports sud-sud* », et des « *rapports créancier-débiteur* ».

3.1.1 RAPPORTS SUD-SUD

Dans le cadre des rapports sud-sud, la Chine se présente comme étant la porte-parole des tous les Etats africains, par la seule raison d'avoir partagé une histoire commune avec les peuples africains lorsqu'on fait référence à la colonisation similaire aux dommages qu'avait subis la Chine pendant les deux guerres de l'opium (1856-1860) où la Chine s'est vue contraindre à signer des traités inégaux (Traité de Nankin de 1842, Humen de 1883, Wang Xia de 1842)¹⁰ l'obligeant à céder ses territoires et autres avantages à l'occident.

C'est suite à ses événements malheureux que la Chine s'est dotée d'une politique africaine valorisant une coopération sud-sud; différente de celle occidentale issue de la colonisation. Du moins, la présence Chinoise sur la scène Africaine n'est pas une nouveauté, mais une histoire des temps anciens faisant figure du déjà-vu¹¹. Le tout commence en 1955 par la tenue de la Conférence de Bandoeng qui fut une occasion pour la Chine, de faire la promotion des relations sud-sud par la non-ingérence dans les affaires internes des Etats. Suivie de l'accession de la Chine au Conseil de Sécurité de l'ONU en 1971 grâce au vote favorable des pays africains malgré avis défavorable de certains.



Carte 1 : La position des Etats africains lors de l'accession de la Chine au Conseil de Sécurité en 1971

Source : Illustration de Xavier Auregan, sur internet, <http://www.blogspot.com/ww6qnbDa6Q/>

⁹ Thierry Pairault cité par Chaponnière et Christian Delavelle, « Observatoire Europe-Afrique 2020 », *IPEMED Palimpsestes*, n° 20, Juin 2018, p.6.

¹⁰ Mwayila Tshiyembe, *Politique étrangère des grandes puissances*, Paris, L'Harmattan, 2010, p.238.

¹¹ Chaponnière Jean-Raphaël, « Un demi-siècle de relations Chine-Afrique, Évolution des analyses », *Afrique contemporaine*, Vol 4, n° 228, 2008, pp. 35-48.

INTERPRÉTATION DE LA CARTE N°1

Cette Carte illustre la position des Etats africains lors du vote partant accession de la Chine au Conseil de Sécurité de l'ONU en 1971. Notons que, les Pays en couleur move tels que: La République Démocratique du Congo (ex-Zaïre), Bénin, Cote d'Ivoire, Malawi, Gabon, Madagascar, Burkina-Faso, Liberia, Niger, Afrique du Sud, ainsi que le Tchad au début, étaient défavorables; mais, changeront de position après accession de la Chine au C.S. Cependant, certains en couleur blanche étaient encore sous-colonisation. (À l'occurrence de l'Angola, Namibie, Zimbabwe, Mozambique, Guinée Bissau, Erythrée, ainsi que le Djibouti). Et le reste des Pays en couleur Verte étaient favorables.

Historiquement Mbaye Cissé, repris par Marie Bal et Laura Valentin, inscrit les relations Sino-Africaines dans une tradition fondée sur la *légitimité historique* issue de l'implication de la Chine dans les luttes de décolonisation de plusieurs pays Africains; *la promotion des principes de non-ingérence et de neutralité*; ainsi que *l'héritage idéologique tiers-mondes de la Guerre froide* en référence à la politique chinoise africaine qui était fonction des choix politiques des dirigeants africains vis-à-vis de Taiwan.

Bref, la promotion de l'idéologie communiste, la Chine se transforma en colon par le fait qu'il fallait soutenir le communisme qu'elle prônait pour bénéficier du soutien de cette dernière¹². In fine, la solidarité sud-sud s'était matérialisée par un soutien de la Chine à plusieurs mouvements indépendantistes ayant abouti à la libération de plusieurs pays Africains du joug colonial vers les années 1960.

3.1.2 RAPPORTS CRÉANCIER-DÉBITEUR

Nous estimons que ces rapports s'illustrent dans différents Sommets ou forums Chine-Afrique au cours desquels, la Chine s'amène souvent avec des sommes vertigineuses à travers Eximbank of China pour faire son attraction à l'Afrique par une stratégie des prêts remboursables en jouant ainsi le rôle de créancier devant une Afrique débitrice et dépourvue des moyens.

Il conviendrait de signaler que le terme « *Chine-Afrique* » ou « *FOCAC: Forum on China Africa Cooperation* » illustre le cadre consensuel de coopération sino-africaine autour duquel se réunissent tous les trois ans la Chine et ses partenaires africains. Avec pour objectif, débattre de la problématique des nouvelles opportunités d'investissement sanctionné par la participation massive des investisseurs tant chinois qu'africains, sous le haut-patronage de la Chine. Au menu, investissements, aides et prêts accordés aux différents Etats africains. Un ajustement s'avère donc impérieux dans la mesure où, aucun acte ni traité portant création de la Conférence sino-africaine n'existe jusqu'à ce jour. Donc, les différents sommets n'ont aucune personnalité juridique. Il s'agit d'un Bi-multilatéralisme tout simplement, réunissant un Etat à plusieurs autres autour d'un cadre précis.

Nous estimons essentiel un passage en revue des différents sommets Chine-Afrique, pour ainsi illustrer un compte rendu de chacun de ces derniers. Notons qu'actuellement (2019), l'on comptabilise Sept (7) Sommets Chine-Afrique au total. Notons cependant, avec Chaponnière que la Chine ne fournit aucun chiffre officiel sur ses investissements en Afrique, elle se limite néanmoins aux communiqués finals à la fin de chaque sommet¹³. C'est grâce aux données fournies par la Conférence des Nations-Unies sur le Commerce et le Développement, Eurostat, autres sources concordantes et fiables que nous sommes parvenus à réaliser le tableau qui suit.

¹² Mbaye Cissé cité par Marie Bal et Laura Valentin, *La stratégie de puissance de la chine en Afrique*, Edition Bdc, Paris, 2008, pp. 5-9.

¹³ Chaponnière Jean-Raphaël, « L'aide chinoise à l'Afrique : origines, modalités et enjeux », *L'économie politique*, n°38, février 2008, p.8.

Tableau 1. Les différents Sommets Chine-Afrique

SOMMET	ANNEE/LIEU	PAYS AFRICAINS INVITES	SOMME INVESTIE PAR LA CHINE	RESOLUTIONS
1 ^{er} Sommet	Du 10 au 12 Octobre 2000 à Beijing	44	1,4 milliards de dollars US	-Vœux réciproque de coopération politique, économique, commerciale etc.; -Réduction et annulation de la dette de 31 Pays africains pour une valeur de 10,9 milliards de Yuans; -Recommandation aux entreprises chinoises d'investir en Afrique; -Formation de 7000 Professionnels africains.
2 ^{ème} Sommet	Du 15 au 16 Décembre 2003 à Addis-Abeba	44	Non définie	-Un apport logistique aux africains; -échanges commerciaux atteignant 7,6 milliards de dollars US; -Un traitement de tarif zéro à certains produits africains exportés vers la Chine; -Lutte contre le terrorisme; -promotion de la jeunesse; La tenue d'un festival international de la jeunesse chinoise et africaine à Beijing.
3 ^{ème} Sommet	Du 03 au 05 Novembre 2006 à Pékin	48	5 milliards de dollars US	-Signature des contrats estimés à 1,9 milliards de dollars US; -Construction du siège de l'UA; -création d'un Fond de développement Chine-Afrique; -un centre de démonstration en technologie agricole, et de prévention du paludisme.
4 ^{ème} Sommet	Du 08 au 09 Novembre 2009 à Charm-el-Cheikh	49	10 milliards de dollars US	-Mise en place du Livre-blanc chinois basé sur l'agriculture, la protection de l'environnement, la promotion des investissements, réduction et annulation des dettes (154 dettes de 33Pays africains), un accès plus large aux marchés, l'éducation (96écoles construites), ainsi que la santé.
5 ^{ème} Sommet	Du 19 au 21 Juillet 2012 à Pékin	50	20 milliards de dollars US	-Adhésion de l'UA au FOCAC, -Rencontres bilatérales de Hu Jintao avec la RSA (Jacob Zuma président) pour l'exportation du vain sud-africain, voire le Niger qui sollicitait une aide financière de la Chine pour l'augmentation de la production de son pétrole.
6 ^{ème} Sommet	Du 04 au 07 Décembre 2015 à Johannesburg	50	60milliards de dollars US	-5milliards USD d'e prêts à taux zéro, et 35milliards USD de prêts à taux préférentiels, 12 milliards USD pour la construction d'une voie ferrée au Nigeria, 10 milliards USD financés par Eximbank pour relier Mombasa à Nairobi/Kenya.
7 ^{ème} Sommet	Du 03 au 04 Septembre 2018 à Pékin	53	60 milliards de dollars US	Une occasion pour la Chine de répondre à toutes les critiques faites à son égard par l'occident (OCDE); -Signature de plusieurs accords; -15 milliards USD d'aides gratuite et de prêts sans intérêts; le motif principal était le développement économique des pays africains.

Source: Notre conception. Tableau illustré à partir des données fournies par des différents communiqués finals des Forums Chine-Afrique.

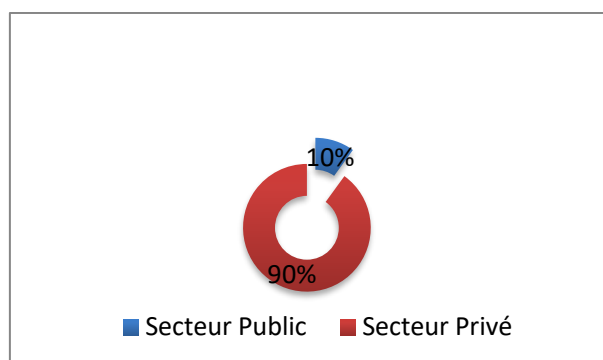
Cf. Internet, <http://www.fmprc.gov.cn/zflt/fra/wjj/hywj/t163459.htm/>,

<http://www.universalis.fr/evenement/3-5-novembre-2006-chine-afrique-sommet-sino-africain-a-pekini/>, consulté le 15 Avril 2019 à 20heures 16 minutes.

INTERPRÉTATION DU TABLEAU N° 1

Au vu de ce qui a précédé, et du Tableau illustré, nous remarquons que la technique du Soft Power chinois a bien marcher, et de 44 Etats jusqu'à atteindre 53 Etats africains, l'objectif de conquérir tout le continent africain semble être atteint.

Ainsi, de 1.4 Milliards de dollars au premier sommet de 2000, jusqu'à 60 Milliards de dollars au récent sommet de 2018, les sommes mises en jeu n'ont fait qu'accroître; suivies d'une multiplicité des projets qui semblent être des chapelets des bonnes intentions tardant à impacter la vie socio-économique des populations africaines. Passons en revue du graphique illustrant la présence des Entreprises chinoises sur la scène africaine en 2017 question de nous imprégner de la réalité sur terrain.



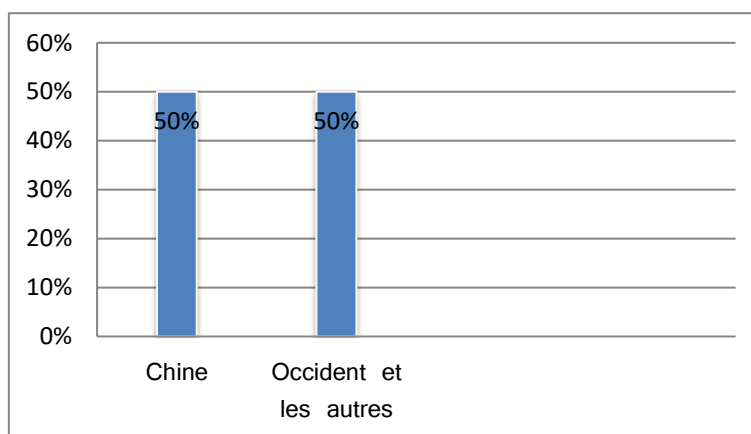
Graphique 1 : La présence des entreprises chinoises en Afrique en 2017 (en %)

Source : Le rapport du conseil Américain Mckinsey de Juin 2017 sur les secteurs opérationnels des entreprises chinoises en Afrique. Cf. Internet, <https://www.jeuneafrique.com/451769/economie/10-000-entreprises-chinoise-operent-selon-mckinsey/> consulté le 21/02/2019 à 9 heures 34 minutes.

INTERPRÉTATION DU GRAPHIQUE N° 1

Ce Graphique a été illustré sur base des données fournies par le rapport du conseil américain Mckinsey publié en Juin 2017 recensant 10.000 entreprises chinoises opérant sur le continent africain. Un constat effectué dans huit pays régénérant 2/3 du PIB d'Afrique sub-saharienne. Il se dégage le constat sur notre graphique en rouge selon lequel 90% de ces entreprises sont privées, et le 10% en bleu sont du secteur public. Les entreprises précitées interviennent dans des secteurs manufacturiers, service, commerce, construction et l'immobilier¹⁴. Nous ne douterions pas si le nombre de ces dernières accroissait aux années futures parce que, la rivalité s'annonce longue en ce qui concerne la quête des nouvelles opportunités d'affaires.

Le même rapport indique le taux des parts du marché en ingénierie et gestion de construction en 2017. Le graphique nous l'indique avec exactitude. Qu'en est-il des parts des marchés gagnés en 2017 ? Certes, le graphique suivant nous en dit plus sur le sujet.



Graphique n°2. Les parts des marchés africains en ingénierie et gestion de construction en 2017. (en %)

Source : Graphique élaboré à partir des données fournies par le rapport du conseil américain mckinsey publié en juin 2017.cf. internet, <https://www.jeuneafrique.com/451769/economie/10-000-entreprises-chinoise-operent-selon-mckinsey/> consulte le 16 juillet 2019 a 20 heures 50 minutes

¹⁴ Le rapport du conseil Américain Mckinsey de Juin 2017 sur les secteurs opérationnels des entreprises chinoises en Afrique. Cf. Internet, <https://www.jeuneafrique.com/451769/economie/10-000-entreprises-chinoise-operent-selon-mckinsey/> consulté le 21/02/2019 à 9 heures 34 minutes.

INTERPRÉTATION DU GRAPHIQUE N° 2

Comme l'indique notre graphique, la Chine à elle seule captait 50% des parts du marché de l'ingénierie, de l'approvisionnement et de la gestion de constructions en 2017; alors que l'occident et les autres captaient à leur tour 50% des parts des marchés dans lesdits secteurs. Et que les flux financiers chinois vers l'Afrique seraient de 15% supérieurs aux chiffres officiels, sans compter les flux non-traditionnels, cette dernière serait la plus grosse source de financement en construction sur le continent. Faisons un coup d'œil sur le tableau comparatif illustrant les investissements chinois et occidentaux en Afrique.

Tableau 2. Les investissements directs étrangers chinois et occidentaux vers l'Afrique (milliards de dollars). Tous les secteurs confondus¹⁵

ECONOMIES	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Union européenne	17,8	21,1	31	±14,2	2,6	3,3
Etats-Unis	1,1	1,4	0,3	±0,5	10,4	18
Chine	3,4	3,2	3	±2,4	18,46	6

Source: Conçu par nous-même sur base des données recueillies sur le site ec.europa.eu/eurostat

INTERPRÉTATION DU TABLEAU N°2

Comme l'indique le tableau, l'on se rend compte que pour l'Union Européenne, les trois premières années ont été fortement marquées par une forte croissance d'Investissement directs vers l'Afrique, (dont 17,8 Mds USD en 2013; 21,1Mds USD en 2014; 31Mds USD en 2015; alors que les trois dernières sont marquées par un faible taux d'investissement directs étrangers (dont 14,2 Mds USD en 2016; 2,6Mds USD en 2017; enfin, 3,3Mds USD en 2018); Tandis que, pour les USA les investissements ont commencés par un faible taux, puis ont connus une croissance vers les trois dernières années. Enfin, le même constat a été pour la Chine dont, un faible taux d'investissements pendant les trois premières années, puis une croissance en 2017.

En grosso modo, bien que concurrente, la Chine en terme d'investissements est loin derrière l'occident par manque de traçabilité d'investissements qu'elle engage en Afrique. L'on se rend compte que les investissements d'où qu'ils proviennent en direction d'Afrique, ils restent cependant faibles, chose qui ne facilite pas l'industrialisation effective du continent¹⁶. Il faudrait noter que, plusieurs investissements échappent au contrôle, ils sont effectués d'une manière clandestine. Comme le dirait tout commerçant pratiquant: « Qu'il soit rouge, blanc, noir, jaune, tant qu'il a de quoi payer, le client est roi et indispensable ».

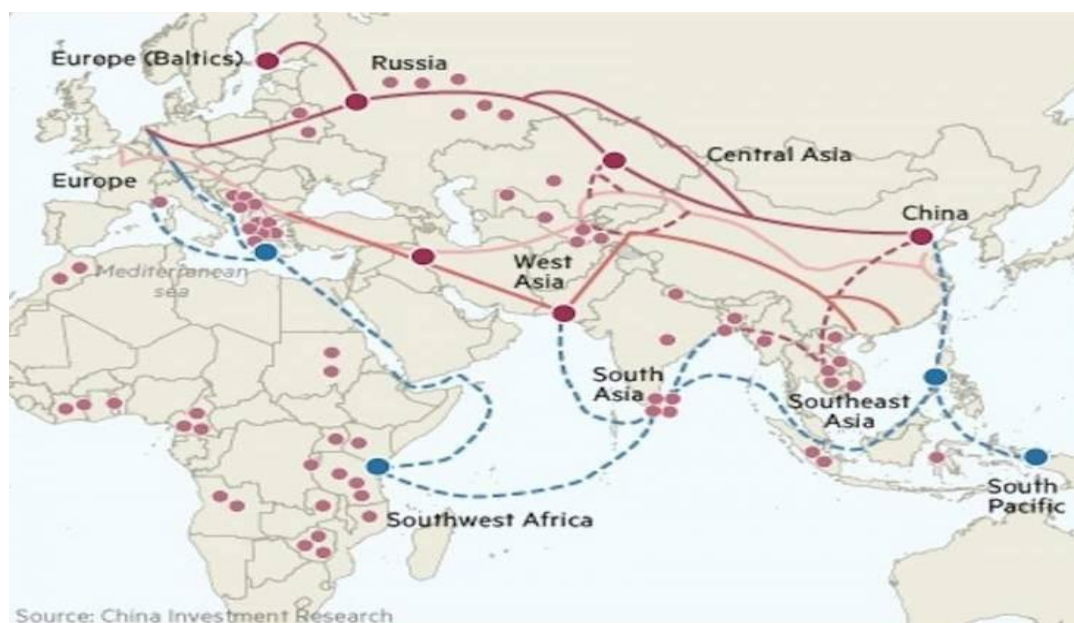
Dans cet ordre d'idées, la Chine étant un empire commerçant, elle a bien comprise la pensée de Joseph Nye lorsqu'il parle de *Soft Power*¹⁷ qui se résume en une « *puissance douce opposée à la puissance brutale* ». Elle s'est donc taillée un *soft power* à la chinoise qu'elle compte appliquer à la lettre.

Une évidence que l'on ne peut nier au regard des films taillés sur mesure au mode de vie Chinois (à l'occurrence de *Chao lins*, *Tai-chi*, *Jet-Lee*, *Bruce-Lee* etc.) vendus comme des petits pains sur les marchés africains. Elle a réussi grâce à ses nouvelles ambitions de nouvelles routes maritimes de la soie par lesquelles, elle achemine ses productions vers d'autres marchés mondiaux; comme illustré sur la Carte suivante.

¹⁵ Tableau établi à partir des données fournies par Eurostat statuant la part d'investissements directs chinois et occidentaux vers Afrique. Cf. Internet, <http://www.ec.europa.eu/eurostat/>

¹⁶ Thierry Pairault, « Investissements en Afrique : Chine vs Partenaires traditionnels », *Afrique-Chine-Europe*, du 8 juillet 2018. Cf. Internet, <http://www.pairault.fr/sinaf/index.php/15-references/1357-investissements-en-afrique-chine-vs-partenaires-traditionnels/>, consulté le 14/02/2019 à 20 heures 7 minutes.

¹⁷ Joseph Nye cité par Mwayila Tshiyembe, *Politique étrangère des grandes puissances*, L'harmattan, Paris, 2010, p.84.



Carte 2. Les nouvelles routes chinoises de la soie

Source : Carte illustrant les nouvelles routes maritimes de la soie traversant le Pacifique, via la Corne d'Afrique pour ainsi déboucher dans la Méditerranée. Illustration de Thierry Pairault¹.

INTERPRÉTATION DE LA CARTE N°2

Comme indiqué dans la Carte, parmi les nouveaux points de débouchés des marchandises nous citons : L'Europe méditerranéenne; le Pacifique en passant par la Corne de l'Afrique par le Kenya, Djibouti, le canal de Suez pour ainsi déboucher sur la Méditerranée. Nous pouvons affirmer que la Chine a réussi à conquérir le commerce international par cette technique des routes maritimes au regard du total de 80% que représente le transport maritime parmi tant d'autres.

1. Le **Corridor-Nord** part de la Chine en passant par le Kazakhstan, puis la Russie, enfin, les Pays Baltes (Lituanie, Lettonie, Estonie);
2. Tandis que le **Corridor-centre** part de la Chine en passant par le Centre Asiatique (Afghanistan, Pakistan, l'Iran, l'Irak) et une partie du Sud-Est Asiatique (Viêt-Nam, Thaïlande, Cambodge, Laos, Birmanie), pour ainsi aboutir à l'Europe de l'Est (Roumanie, Bulgarie, Serbie, Ukraine, Kosovo, Monténégro, Macédoine, Hongrie);
3. Enfin, le **Corridor-Sud** est essentiellement constitué des routes maritimes qui partent de la Chine en passant par les Philippines, Papouasie Nouvelle Guinée, l'Australie, l'Indonésie, l'Inde, qui donne directement accès à l'Afrique par le Kenya, en suite Djibouti qui ouvre l'accès à la Mer méditerranéenne; cette dernière donne accès à la Grèce, l'Italie, pour ainsi déboucher à l'Europe occidentale.

Nous pouvons affirmer que les rapports réunissant l'Afrique à la Chine sont multiples et de tout genre avec prédominance économique. Ainsi la Chine se présente comme le second fournisseur des prêts s'associant ainsi, aux partenaires traditionnels de l'Afrique dont la Banque Mondiale, le FMI. Depuis 2000, les estimations de la dette publique de l'Afrique envers la Chine s'élevaient à 113 milliards de dollars en 2017. Dont les plus endettés restent le Cameroun avec 70%, le Kenya 72%, le Congo Brazza 66%, Djibouti 80%, enfin l'Angola à lui seul a contracté 25 milliards de dollars de prêts chinois¹⁸.

¹⁸ Statistiques de l'Institut américain The China Africa Research Initiative (CARI) de 2017.

Cf. Internet, <http://www.jeuneafrique.com/mag/619267/economie/dette-le-casse-tete-chinois/> consulté le 10 mars 2019 à 14 heures 10 minutes.

3.2 LES RAPPORTS OCCIDENT-AFRIQUE

L'occident est composé de l'Europe, les Etats-Unis d'Amérique, le Canada, ainsi que l'Australie. La nécessité d'une analyse séparée serait importante parce que certains faits ne concernent que l'une des composantes; tandis que d'autres les place toutes dans le même panier. Il s'agit pour notre part, des *rapports ex-métropole et ex-colonie*, et des *rapports créancier-débiteur* colorés par une Afrique aux mains tendues.

3.2.1 LES RAPPORTS ENTRE EX-MÉTROPOLE ET EX-COLONIES

Premièrement, lorsqu'on fait allusion aux relations USA-Afrique, l'on relève qu'il s'agit des relations d'une posture singulière et distincte des métropoles européennes. Certes, il n'en résulte aucune occupation militaire, pas de commerce des esclaves même s'ils en furent en partie bénéficiaires, pas de crimes colonialistes, pas de pillages ou d'extorsion de surplus, pas de croissance et de développement nourris par l'exploitation du continent africain¹⁹.

Pour l'Europe, le tout commence avec le goût de l'aventure à explorer le monde de la part de certains explorateurs à l'occurrence de Stanley, Livingston, Magellan, Christoph Colomb, Cameron etc. Nous estimons que, ces derniers auraient bénéficiés des financements de certains dirigeants occidentaux de l'époque et que l'historique de la colonisation du continent africain tire ses origines dans les différents rapports et cartographies fournis par les explorateurs. C'est ainsi qu'en 1885 lors de la Conférence de Berlin, l'Afrique s'est vue partagée entre les puissances présentes aux assises, et divisée en plusieurs colonies en remplacement d'une mosaïque d'Empires et royaumes qu'elle était. Telle est la première base des relations entre l'Occident et l'Afrique.

Après une longue observation, dégageons trois grandes phases ayant caractérisées les relations Occident-Afrique; notamment:

- La **phase coloniale et de la traite négrière (14^{ème} siècle -1960)** pendant laquelle l'Afrique s'est vue divisée en plusieurs entités²⁰ exceptés le Liberia et l'Ethiopie;
- La **phase de revendication des indépendances ou de première rupture (1960-1973)** pendant laquelle une grande partie des pays Africains obtiennent l'indépendance dans les années 1960; accordée pour certains d'une manière pacifique (l'exemple des colonies Britanniques) alors que d'autres l'obtiennent suite à des violences meurtrières (l'exemple des colonies Françaises, Belges, et Portugaises)²¹;
- Ainsi que la **phase de remise en cause de l'Ordre Mondial ou de la seconde rupture (1973 à nos jours)** où les Etats africains se rendent compte d'appartenir à un système international injuste au regard de la place leur accordée dans le concert des Nations.

Ils affirment être objet d'une marginalisation préétabli qui ne leur accorde aucune possibilité de se promouvoir économiquement et politiquement²².

3.2.2 RAPPORTS CRÉANCIER-DÉBITEUR

Avant tout propos, remontons à la création de l'Union Européenne; relevons aussi le fait que certains pays européens se sont amenés avec leurs ex-colonies africaines.

Ne pouvant pas faire partie de l'U.E, le souci de garder les rapports a fait que les colonies se sont vues intégrées dans des accords de partenariat (à titre illustratif les Accords de Yaoundé (1964), suivi des quatre Conventions de Lomé ainsi que de Cotonou (2000), et bénéficieront des traitements préférentiels sur certains produits agricoles exportés en Europe.

¹⁹ Michel Rogalski, « Afrique et Europe : néocolonialisme ou partenariat ? », Allocution lors du colloque de la Fondation Gabriel Péri du 24 au 26 Janvier 2008, p.43.

²⁰ Les frontières issues de la colonisation pour la plupart, qualifiées d'*artificielles*, du fait d'être la cause de plusieurs conflits ; *incohérentes* car délimitant des espaces politiques structurellement déficients du point de vue économique ; enfin, *illégitimes* par le fait de ne pas correspondre aux réalités ethniques ou historiques antérieures des peuples.

²¹ Esambu Matenda Jean-Bosco Germain, Op.cit., p.2.

²² En 1973, pendant la conférence d'Alger, en plein choc pétrolier, les non-alignés appelaient à un nouvel ordre économique international basé sur un nouvel ordre économique international(N.O.E.I), suivi d'un nouvel ordre International de communication(N.O.I.C). N'étant pas épargnés de la crise, les pays africains nouvellement indépendants n'avaient pas d'autres choix que de revendiquer un nouvel ordre économique international ; jusqu'à nos jours les Etats africains sont restés dans la victimisation, et le débat reste ouvert quant à ce.

Notons que ces Accords couvraient plusieurs domaines de la vie des Pays africains; prenons l'exemple de celui de Cotonou signé le 23 Juin 2000 dont les objectifs furent: « *La réduction et éradication de la pauvreté; l'intégration progressive des États d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP) dans l'économie mondiale, tout en respectant les objectifs du développement durable* »²³. En outre s'ajoutent les objectifs tels que: *Sur le plan économique*, Promouvoir le développement économique, social et culturel des pays africains, de Caraïbes et du pacifique. *Sur le plan sécuritaire et politique* l'on notera que l'Accord visait aussi à contribuer à la paix et à la sécurité tout en promouvant un environnement politique stable et démocratique; et que toute fois, l'Accord pouvait être révisé tous les Cinq ans à l'exception des dispositions portant sur la coopération économique et commerciale²⁴.

Ce qui a conduit aux renégociations des accords signés avec l'Europe²⁵ qui ont conduit à la révision dudit Accord dans plusieurs secteurs avec une nouvelle approche visant à renforcer la dimension politique par le dialogue, une bonne gestion des affaires publiques pour assurer une nouvelle flexibilité et accorder de responsabilités aux Etats ACP par cinq piliers:

- Le renforcement de la dimension politique des relations entre les Etats ACP et de l'UE;
- Promouvoir l'ouverture à la société civile au secteur privé et aux autres acteurs non étatiques;
- Promouvoir les stratégies de développement dans le but de réduire la pauvreté;
- La stabilisation d'un nouveau cadre de coopération économique et commerciale;
- Enfin, réformer la coopération financière.

Outre, en octobre 2017 lors de la réunion annuelle de la Banque mondiale sur la réduction de la pauvreté, le développement économique et les finances²⁶, le FMI a estimé qu'entre 2010 et 2016 la dette africaine a augmenté dans tous les pays d'Afrique sub-saharienne. Certains estiment les mesures prises par le FMI de crime parce qu'il faut amener les institutions telles que la B.M et le FMI à rendre compte à la justice devant les juridictions nationales, exiger l'annulation des dettes qu'elles réclament; et agir pour empêcher l'application des politiques néfastes qu'elles recommandent ou imposent²⁷. Il faudrait relever le fait que les rapports occident-Afrique sont aussi basés sur une multitude des programmes de développement et de réduction de la dette extérieure consacrés à cette dernière.

Ainsi, des objectifs du millénaire (OMD) en passant par les objectifs du développement durable (ODD), l'Afrique peine à s'adapter et ne fait qu'accumuler des dettes interminables. Est-ce un destin ou une question de manque de volonté de mieux faire ? Une chose est certaine; nous pensons qu'il s'agit d'un manque à outrance de bonne volonté dans la chef de ceux qui détiennent la gestion de la chose publique. En définitive, c'est la pauvre population qui en souffre; et toutes les générations futures sont sacrifiées.

3.3 LA RIVALITÉ SINO-OCIDENTALE

Vous ne l'entendrez pas dans la bouche des chinois, encore moins dans celle des occidentaux de l'existence d'une quelconque rivalité entre les deux. Certes, avec une attention soutenue, l'on ne tardera pas à s'apercevoir des conditions réelles témoignant certains points de mésentente entre la Chine et l'Occident.

Ainsi, rejeter l'idée de l'existence d'une rivalité Sino-Occidentale serait absurde ! Parce que si les bouches semblent se taire sur le sujet, les faits restent palpables et que l'irrésistible percée chinoise en Afrique suscite de vives controverses au sein de la communauté internationale²⁸. Nous avons estimé nécessaire d'illustrer cette rivalité par un schéma explicatif suivant:

²³ Cf. Internet, <http://www.burkinapmepmi.com/> Consulté le 02 Février 2020 à 18 heures 47 minutes.

²⁴ Lire l'Article 95 dudit accord signé le 23 Juin 2000.

²⁵ L'accord de Cotonou du 23 juin 2000 a été révisé pour la première fois en 2005. Lire également la Décision 2005/599/CE, suivie de la Décision 991/2008/CE2008 du Conseil des ministres ACP-CE du 15 décembre 2008 adoptant les modifications à l'annexe IV de l'accord de partenariat. Cf. Internet, <http://burkinapmepmi.com/> Consulté le 24/03/2019 à 11 heures 21 minutes.

²⁶ Africa News « Débat sur la dette Africaine ». Cf. Internet, <https://fr.africanews.com/2017/10/19-le-fmi-et-la-dette-de-l-afrique/> Consulté le 18 mars 2019 à 11 heures 23 minutes.

²⁷ Éric Toussaint, « FMI et Banque Mondiale : L'heure du bilan », *Mediapart*, du 30/Septembre 2013.

Sur internet, <http://blogs.mediapart.fr/cadm/blog/300913/fmi-et-banque-mondiale-l-heure-du-bilan/>, consulté le 18/03/2019 à 12 heures 30 minutes.

²⁸ Laurent Delcourt, « La Chine en Afrique : enjeux et perspectives », *Alternatives sud*, Vol 18, Juillet 2011, p.7.

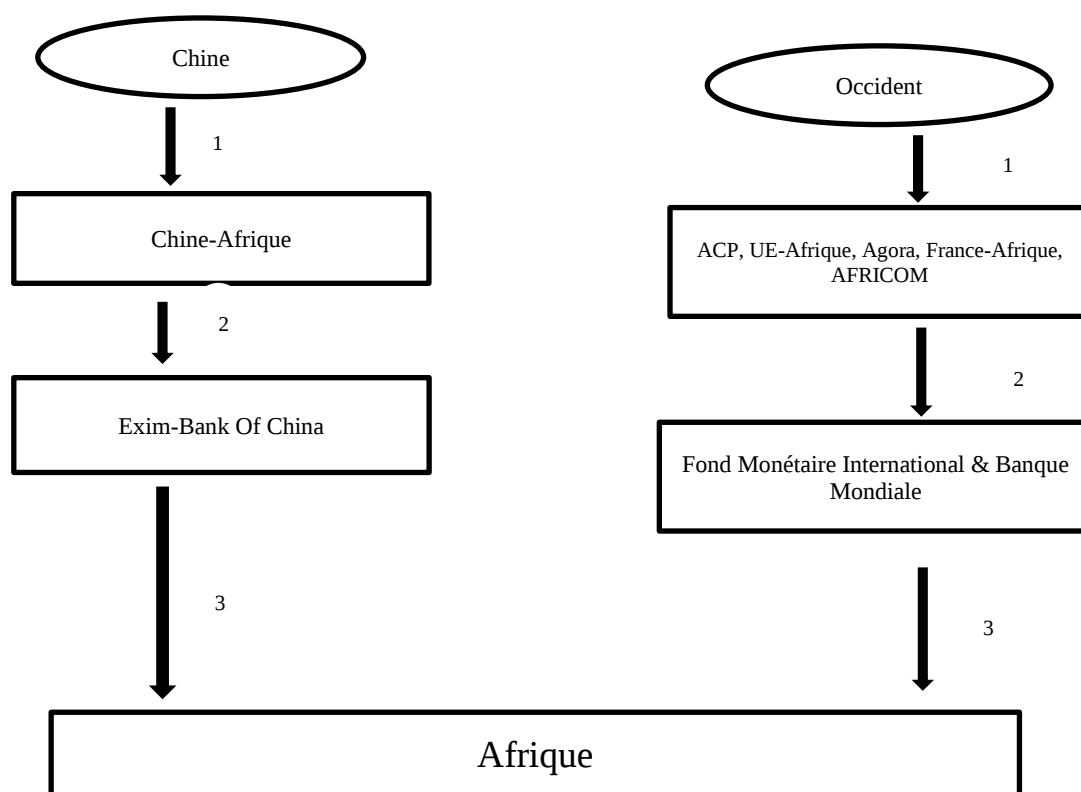


Schéma 1. Illustration schématisée de la rivalité sino-occidentale

Source : Notre conception

INTERPRÉTATION DU SCHÉMA N° 1

Comme illustré dans le schéma, la rivalité s'effectue dans l'angle économique, et politique quelques fois. Nous avons répertorié trois (3) grandes étapes parallèles par lesquelles la Chine et l'occident procèdent pour attirer l'Afrique. Il convient de noter que les deux acteurs rivaux utilisent des procédés presque identiques pour gagner le marché africain.

- **Par la première étape**, pendant que l'occident convoite l'Afrique par les Accords *Afrique-Caraïbes et le Pacifique*, *Union Européenne-Afrique*, *France-Afrique*, AGORA, African Command (AFRICOM); la Chine quant à elle, recourt aux différents *Sommets Chine-Afrique*;
- **Par la deuxième étape**, alors que l'occident octroie des sommes à l'Afrique par et à travers la *Banque Mondiale*, le *Fond Monétaire International*, la Chine quant à elle, octroie de l'argent par et à travers *Exim Bank of China*;
- **En dernier essor**, l'occident et la Chine peuvent facilement opérationnaliser l'interdépendance complexe et s'intégrer dans les politiques africaines.

L'élément fondamental de cette rivalité reste les critiques réciproques que se font les deux protagonistes.

- **D'une part** l'occident reproche à la Chine de dévorer et d'inféoder l'Afrique; par une quête éperdue de matières premières; la Chine ferait primer ses intérêts sur toute autre considération; et que derrière le voile rhétorique d'une nouvelle «solidarité Sud-Sud», se dissimile une stratégie mûrie et planifiée de longue date, visant à imposer à l'Afrique un nouveau rapport de type colonial²⁹. Les institutions financières internationales estiment que la Chine amoindrit les progrès réalisés en termes de Droits de l'homme, la démocratie, de la bonne gouvernance, voire les efforts consentis en matière de réduction la dette extérieure.

²⁹ Beuret Michel et Michel Serres, « La Chine a-t-elle un plan en Afrique? », *Afrique contemporaine*, Vol.4, n°228, 2008, pp.49-68.

- **D'autres parts**, la Chine estime qu'il s'agit des accusations non fondées; et que la responsabilité historique de l'occident dans la dégradation des conditions de vie en Afrique est grande. Le FMI et la B.M entretiennent aussi des relations avec des pays qualifiés de « Peu démocratiques ».Donc, la Chine n'est pas la seule à avoir collaboré avec les régimes autoritaires en Afrique³⁰.

3.4 LE CHOIX DE L'AFRIQUE

Il est vrai que face à deux chemins effectuer un choix n'a jamais été une moindre affaire. En ce qui concerne l'Afrique, notre questionnement est autour du quand est-il du choix opéré ? Que prône cette dernière ? Le choix reste donc difficile à opérer parce qu'avoir des comptes à rendre à l'occident ainsi qu'à la Chine, frôle donc le pire. En pratique l'Afrique a opté pour un double endettement. Tantôt c'est sont des projets financés par la Banque Mondiale ou soit le FMI, que l'on constate dans différents projets en Afrique; plutôt c'est sont des projets financés par Eximbank of china.

De tout ce qui précède, il est vrai que l'Afrique semble avoir opté pour les prêts occidentaux parce qu'elle a besoin d'argent, mais semble hausser le ton quant aux leçons que lui donne l'occident. Nous sommes donc devant le postulat selon lequel, « *Oui à l'ingérence financière et non à l'ingérence politique* ». L'autre côté du choix de l'Afrique s'illustre par le fait que l'Afrique s'endette à chaque sommet Chine-Afrique; ce qui rend la situation de plus en plus délicate.

4 CONCLUSION

La rivalité entre créanciers de l'Afrique bien qu'implicite, est bel et bien réelle. Ainsi, dans cette étude, nous avons placé l'Afrique comme étant « *l'élément central* » de cette rivalité. Du jour aux jours elle ne cesse de contracter des dettes auprès du FMI et de la BM. A défaut de remboursement, elle procède aux raisons telles que: Les conditions imposées par l'occident sont purement « *Néo-colonialistes* ». S'en suit encore une autre vague des dettes contractées auprès de la Chine évaluée à 133 milliards de dollars US. Il faudrait noter aussi que, la rivalité sino-occidentale en examen, est fruit des choix de l'Afrique qui se heurtent à la volonté suprématiste insatiable de l'occident et de la Chine de prendre le contrôle du système international.

Pour notre part, nous suggérons que les sommes empruntées soient canalisées aux vrais problèmes africains tels que: la promotion d'une classe moyenne; la traçabilité des transactions financières; les infrastructures, suivies d'une mise en place des mécanismes de suivi-économiques maîtrisés se résumant en la détermination des échéances de remboursement ou de réduction des dettes extérieures. Les sommes accordées sont vertigineuses alors que la réalité sur-terrain rattrape les contractants de ces dernières. Une rétrospection devrait être faite sur chaque somme empruntée afin de faciliter l'implication massive des peuples africains dans le processus des réformes économiques devenues une urgence continentale. L'impression montre qu'il s'agirait des dettes privées sous-couvert de l'Etat dont on se sert de bouc-émissaire.

Enfin, estimons que contracter des dettes dont l'on sera incapable de rembourser est une pratique néfaste qui ne fera que freiner l'Afrique au sous-développement pendant longtemps et causer préjudice aux générations futures. En termes de contribution, nous estimons avoir interpellé les Etats africains sur la problématique du double endettement qu'ils utilisent.

Dans cette logique, les relations internationales peuvent être véhiculées en termes simples sans jargon ni réduction à en croire Pascal Boniface sans toutefois laisser place aux jugements et sentiments personnels.

REMERCIEMENTS

La présente œuvre est fruit des multiples conseils et encadrement dont nous avons personnellement été bénéficiaire auprès du professeur Esambu Matenda Jean Bosco, à qui nous tenons à présenter nos sincères remerciements; nous n'oublierons pas tous ceux qui, de prêt au de loin, ont su nous conduire pour le finissage effectif de cette œuvre.

³⁰ Discours du Président chinois Xi Jin Ping lors du 7^{ème} sommet Chine-Afrique de Septembre 2018. « Seuls les peuples chinois et africains sont les mieux placés pour juger de la coopération sino-africaine ; et que personne ne pourra nier les accomplissements remarquables de cette dernière avec de pures imaginations ou spéculations ».

REFERENCES

- [1] Rapport du conseil américain Mckinsey publié en Juin 2017.
Cf. Internet, <https://www.jeuneafrique.com/451769/economie/10-000-entreprises-chinoise-operent-selon-mckinsey/>.
- [2] Statistiques de l'Institut américain The China Africa Research Initiative (CARI) de 2017 statuant la dette publique africaine à la Chine. Cf. Internet, <http://www.jeuneafrique.com/mag/619267/economie/dette-le-casse-tete-chinois/>.
- [3] Allocution de Michel Rogalski lors du colloque de la Fondation Gabriel Péri du 24 au 26 Janvier 2008, sous le thème Afrique et Europe: néocolonialisme ou partenariat ?.
- [4] Communiqués finals des différents Forums Chine-Afrique.
Cf. Internet, <http://www.fmprc.gov.cn/zflt/fra/wjj/hywj/t163459.htm/>,
<http://www.universalis.fr/evenement/3-5-novembre-2006-chine-afrique-sommet-sino-africain-a-pekini/>.
- [5] Décision 2005/599/CE, portant révision de l'accord de Cotonou du 23 juin 2000.
- [6] Décision 991/2008/CE2008 du Conseil des ministres ACP-CE du 15 décembre 2008 adoptant les modifications à l'annexe IV de l'accord de partenariat. Cf. Internet, <http://burkinapmepmi.com/>.
- [7] Eurostat données statuant la part d'investissements directs chinois et occidentaux vers Afrique.
Cf. Internet, <http://www.ec.europa.eu/eurostat/>.
- [8] Rapport de la CNUCED/2018 sur les investissements directs étrangers dans le monde.
Cf. Internet, <https://www.jeuneafrique.com/451769/economie/10-000-entreprises-chinoise-operent-selon-mckinsey/>.
- [9] Discours du Président chinois Xi Jin Ping lors du 7ème sommet Chine-Afrique de Septembre 2018.
- [10] Bertrand Badie, La diplomatie de connivence: les dérives oligarchiques du système international, La Découverte, Paris, 2011.
- [11] Philippe Nemo, Qu'est-ce que l'Occident ?, PUF, Paris, 2013.
- [12] Esambu Matenda Jean-Bosco Germain, Manuel des Nouveaux Etats en Relations Internationales, Beau-Bassin, Edition Universitaires Européennes, 2018.
- [13] Pascal Boniface, La géopolitique, Les relations internationales, Edition Eyrolles, Paris, 2011.
- [14] Mwayila Tshiyembe, Politique étrangère des grandes puissances, Paris, l'Harmattan, 2010.
- [15] Marie Bal, et Laura Valentin, La stratégie de puissance de la chine en Afrique, Edition bdc, (Sans lieu d'édition (s.l), 2008.
- [16] Philippes Hugon, et Jaime, Pereira, « Economie politique tricontinentale: les nouveaux paradigmes suds-suds », Tiers-monde, n°208, octobre-décembre 2011.
- [17] Jean Maurice Rocher, « Le soft-power à la Chinoise », Diploweb. Aout 2018. Cf. Internet, <http://www.diploweb.com/>.
- [18] Chaponnière et Christian Delavelle, « Observatoire Europe-Afrique 2020 », IPAMED Palimpsestes, n° 20, Juin 2018.
- [19] Chaponnière Jean-Raphaël, « Un demi-siècle de relations Chine-Afrique, Évolution des analyses », Afrique contemporaine, Vol 4, n° 228, 2008.
- [20] Chaponnière Jean-Raphaël, « L'aide chinoise à l'Afrique: origines, modalités et enjeux », L'économie politique, n° 38, de Février 2008.
- [21] Thierry Pairault, « Investissements en Afrique: Chine vs Partenaires traditionnels », ACE (Afrique-Chine-Europe), du 8 Juillet 2018. Cf. Internet, <http://www.pairault.fr/sinaf/index.php/15-references/1357-investissements-en-afrique-chine-vs-partenaires-traditionnels/>.
- [22] Thierry Pairault, « La présence des chinois en Afrique n'est pas une présence d'investisseurs », Le Point Afrique, du 20/02/2019. Cf. Internet, <http://www.afrique.lepoint.fr/economie/thierry-pairault-la-presence-des-chinois-en-afrique-n'est-pas-une-presence-d-investisseurs-20-02-2018-2196469-2258.php/>.
- [23] Éric Toussaint, « FMI et Banque Mondiale: L'heure du bilan », Media part, du 30/Septembre 2013.
Cf. Internet, <http://blogs.mediapart.fr/cadm/blog/300913/fmi-et-banque-mondiale-l-heure-du-bilan/>.
- [24] Laurent Delcourt, « La Chine en Afrique: enjeux et perspectives », Alternatives sud, Vol 18, Juillet 2011.
- [25] Beuret Michel, et Michel Serres, « La Chine a-t-elle un plan en Afrique? », Afrique contemporaine, Vol.4, n°228, 2008.
- [26] <http://www.fmprc.gov.cn/zflt/fra/wjj/hywj/t163459.htm/>.
- [27] <http://www.universalis.fr/evenement/3-5-novembre-2006-chine-afrique-sommet-sino-africain-a-pekini/>.
- [28] <http://burkinapmepmi.com/>.
- [29] <http://www.ec.europa.eu/eurostat/>.
- [30] <https://www.jeuneafrique.com/451769/economie/10-000-entreprises-chinoise-operent-selon-mckinsey/>.
- [31] <https://www.jeuneafrique.com/451769/economie/10-000-entreprises-chinoise-operent-selon-mckinsey/>.
- [32] <http://www.jeuneafrique.com/mag/619267/economie/dette-le-casse-tete-chinois/>.
- [33] <http://www.diploweb.com/>.
- [34] <http://www.afrique.lepoint.fr/economie/thierry-pairault-la-presence-des-chinois-en-afrique-n'est-pas-une-presence-d-investisseurs-20-02-2018-2196469-2258.php/>.
- [35] <http://www.pairault.fr/sinaf/index.php/15-references/1357-investissements-en-afrique-chine-vs-partenaires-traditionnels/>.
- [36] <http://blogs.mediapart.fr/cadm/blog/300913/fmi-et-banque-mondiale-l-heure-du-bilan/>.

Typologie des insecticides utilisés de stockage de Niébé «*Vigna unguiculata* (L.) Walp.» comme moyens de prévention contre «*Callosobruchus maculatus* (Fab.)» (Coleoptera: bruchidae) au Niger

[Typology of insecticides used for storing cowpea «*Vigna unguiculata* (L.) Walp.» as means of prevention against «*Callosobruchus maculatus* (Fab.)» (Coleoptera: bruchidae) in Niger]

Siman Assoumane Issa, Aboubacar Kadri, and Toudou Adam

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie, Département des Productions Végétales, BP: 10960 Niamey, Niger

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

ABSTRACT: In Niger, considerable damage is recorded on seed legumes during their storage. For this, chemicals are used for the preservation of these foodstuffs. The objective of this study is to understand the use of storage insecticides against pests in Cowpea. A survey was carried out using structured sowing questionnaires with 404 producer heads of households in 16 target villages.

The study shows that 91.8% of operators use insecticides for the conservation of cowpeas, mainly approved products (76%), namely Phostoxin (55.94%), Justoxin (16.58%), Rambo (0, 50%), Lamda super 2.5 EC (1.73%), Calthio (0.99%) and non-approved products (16%), namely Executor (5.20%) and Superdelvap (10.89%). This use of chemicals varies depending on the Regions (Dosso, Tillabéri, Maradi).

Thus, the study also showed that 65.1% of households use phostoxin in the Dosso region compared to 29.5% and 63% respectively in the Maradi and Tillabéri regions. Up to 40% of producer households use super delvap, which is an unauthorized product to prevent damage of [*Callosobruchus maculatus* (Fab.)] From Cowpea at Maradi.

KEYWORDS: Cowpea, chemicals, insecticides, storage, legumes, bruchi.

RESUME: Au Niger, des dégâts considérables sont enregistrés sur les légumineuses à graines pendant leur stockage. Pour cela, des produits chimiques sont utilisés pour la conservation de ces denrées. L'objectif de cette étude est d'appréhender le mode d'utilisation des insecticides de stockage contre les bioagresseurs de Niébé. Une enquête a été réalisée en utilisant les questionnaires semis structurés auprès de 404 producteurs chefs des ménages dans 16 villages cibles.

L'étude fait ressortir que 91,8% des exploitants utilisent des insecticides dans la conservation du Niébé principalement les produits homologués (76%) à savoir Phostoxin (55,94%), Justoxin (16,58%), Rambo (0,50%), Lamda super 2.5 EC (1,73%), Calthio (0,99 %) et les produits non homologués (16%) à savoir Executor (5,20%) et Superdelvap (10,89%). Cette utilisation des produits chimiques varie en fonction des Régions (Dosso, Tillabéri, Maradi).

Ainsi, l'étude a aussi montré que 65,1% des ménages utilisent le phostoxin dans la Région de Dosso contre 29,5% et 63% respectivement dans les Régions de Maradi et de Tillabéri. Jusqu'à 40% des ménages producteurs utilisent du super delvap qui est un produit non homologué pour prévenir les dégâts de la bruche [*Callosobruchus maculatus* (Fab.)] de Niébé à Maradi.

MOTS-CLEFS: Niébé, produits chimiques, insecticides, stockage, légumineuses à graines, bruches.

1 INTRODUCTION

Dans plusieurs pays du monde, les producteurs utilisent des produits chimiques industriels ou locaux pour protéger leurs stocks des graines de légumineuses contre les bruches jusqu'à la prochaine récolte.

Au Sahel, particulièrement en Afrique subsaharienne, les céréales et les légumineuses à graines constituent la base de la nourriture des populations [1]. Ainsi, le stockage de ces produits alimentaires (légumineuses) fait partie des stratégies paysannes post-récoltes permettant d'améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages aussi bien en période d'abondance qu'en période de soudure.

En effet, les légumineuses, particulièrement le Niébé occupe une place importante dans l'alimentation de nombreuses populations Africaines, en particulier sahéliennes sous forme variée [2].

Malgré la diversité des systèmes de stockage au Niger, les stocks de légumineuses à graines, surtout de Niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) et de Voandzou (*Voandzea subterranea* (L.) Verdcourt) sont les plus sujets à des pertes souvent dues à plusieurs facteurs d'ordres biotiques (insectes, rongeurs, moisissures et bactéries) et abiotiques (humidité et température). Actuellement, la lutte contre les ravageurs de stocks représente une préoccupation majeure pour les producteurs qui utilisent les pesticides selon [3] pour y faire face.

Le Niébé [*(Vigna unguiculata* L.) Walp. (Fabaceae)] est la légumineuse alimentaire la plus importante cultivée dans toute l'Afrique de l'Ouest. Les graines de cette de cette légumineuse sont moins chères et accessibles pour la plupart des populations africaines. Cependant, la production de niébé est gravement limitée par les pertes (60-70%) causées par *Callosobruchus maculatus* (Fab.). (Coleoptera: Bruchidae). Ainsi, les ravageurs primaires les plus redoutables appartiennent à différentes espèces des bruchidés. Parmi ces espèces, *Callosobruchus maculatus* (Fab.) a une importance considérable parmi les ravageurs cosmopolites du niébé stocké [4].

Au Niger, les pertes causées par les bruches ont été estimées à plus de 30% de la production annuelle de niébé, ce qui correspondrait à 20 milliards de francs CFA soit plus du dixième de son budget d'investissement [2].

Le *Callosobruchus maculatus* (Fab.) est le principal ennemi des produits stockés. Son aire de distributions s'étend dans toutes les régions du globe. En périodes d'infestations graves, le pourcentage de graines endommagées peut atteindre 30% après 6 mois de conservation [5].

Face à l'ampleur des dégâts occasionnés par les insectes et surtout l'inefficacité des méthodes traditionnelles à protéger de façon efficiente et durable les stocks de niébé, les paysans ont souvent recouru à la lutte chimique qui consiste à l'utilisation de substances chimiques de synthèse ayant des propriétés insecticides, pour protéger leurs récoltes [6]. Pourtant ces pesticides ont des conséquences parfois graves tels que des problèmes d'infertilité ou de développement de cancers, des déficits immunitaires, des perturbations du développement neurologique et comportemental, des perturbations du métabolisme et le diabète sont observées [7].

Mais, est ce que les types d'insecticides utilisés au Niger pour prévenir les dégâts des bruches [*Callosobruchus maculatus* (Fab.)] de Niébé en stockage est -t-elle appropriée ?

La présente étude cherche à évaluer l'utilisation des types de produits chimiques sur les graines de niébé stockées, tout en montrant leur implication dans la prévention contre le [*Callosobruchus maculatus* (Fab.)] au Niger.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'enquête a permis de réaliser des collectes d'information dans 16 villages (Mallé, Matankari, Goubawa, Sabarou, Tchito, Kamreye, Kaiwa Ganwo, Goubaye, Badiffa, Issakitchi, Barbousaye, Wande Beri, Rougaguin Nakikarfi, Doromawa, Gazobi et Ido Bissa) appartenant à 9 Communes des départements de Dioundiou, Dogondoutchi, Tibiri, Kollo, Aguié, Gazaoua de 3 Régions du Pays à savoir Tillabéri, Dosso et Maradi.

Les cartes suivantes montrent la localisation de la zone d'étude:

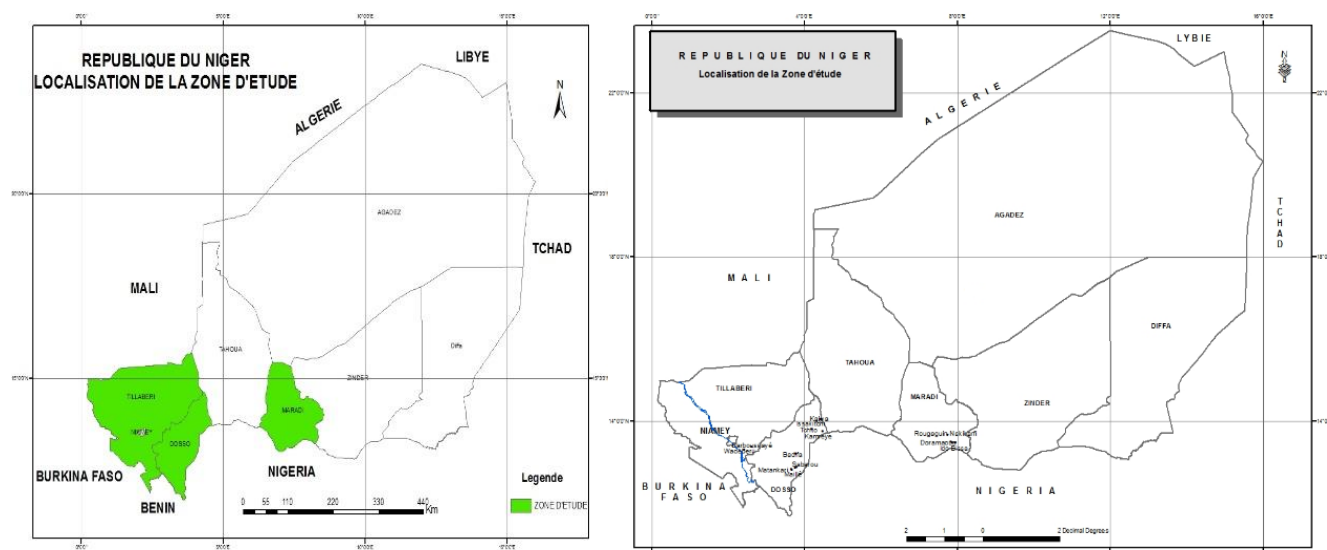


Fig. 1. Cartes de localisation des Sites d'étude

Les départements ciblés par la recherche font partie des zones de productions et de stockages paysans les plus importantes du Niger.

En dehors des enquêtes informelles, 404 ménages sont questionnés afin d'avoir le maximum d'informations sur l'utilisation des produits de stockage de Niébé à graines comme moyens de prévention contre la bruche du Niébé. La recherche s'est appuyée surtout sur la typologie et l'adoption des produits de stockages.

La région de Maradi est située au sud et est comprise entre les parallèles 13°00' et 15°26' latitude Nord; 6° 16' et 8° 33' Longitude Est. Elle a une superficie de 41796 km², soit 3% du territoire National et compte en plus de la communauté Urbaine, huit (08) départements: Aguié, Bermo, Dakoro, Gazaoua, Guidan Roumdji, Madarounfa, Mayahi et Tessaoua. Selon les estimations de l'INS-Niger, la population de la Région de Maradi est de 4 160 231 habitants avec un taux d'accroissement de 4,16% en 2017 [8].

Quant à la région de Dosso, elle est aussi située dans la partie Sud du Niger, et est limitée à l'Est par la région de Tahoua, au Nord-ouest par la Région de Tillabéri, et au Sud par la République du Bénin et la République Fédérale du Nigeria. Elle couvre une superficie de 33 844 km², soit 2,7 % de la superficie totale du Niger.

Selon les estimations de l'INS-Niger la population de la région de Dosso est de 2 368 651 Habitants [8]. Le taux d'accroissement est de 3,71 en 2017 [8]. La région de Dosso est située entre les latitudes Nord 11° 50 et 14° 40 et les longitudes Est 2° 30 et 4° 40. Elle compte 8 Départements à savoir Boboye, Dioundiou, Dogondoutchi, Dosso, Falmey, Gaya, Loga et Tibiri.

Enfin la région de Tillabéri est située dans l'extrême Ouest du territoire Nigérien entre 11°50 et 15° 45 de la latitude Nord et 0° 10 et 4°20 de longitude Est. Elle couvre une superficie de 97251 Km² soit environ 7,7% du territoire National. Elle compte en 2017, 3 280 333 habitants avec un taux d'accroissement de 3,80 % en 2017 [8]. Elle compte 12 départements qui sont Filingué, Ballayara, Kollo, Say, Torodi, Ouallam, Bani-Bangou, Téra, Gothèye, Bankilaré, Ayorou et Tillabéri.

2.2 MÉTHODES

En dehors des enquêtes informelles, les interviews individuelles ont sanctionné cette recherche à l'aide des fiches d'enquêtes semi-structurées. Ainsi, au total 404 ménages ont été interviewés durant la période de soudure (Mai-Juin 2018). Afin d'inspecter les Produits chimiques de stockages pour comprendre les méthodes appliquées à cet effet, des visites dans les maisons ont été réalisées.

A partir des valeurs p issues des résultats de la phase exploratoire de l'étude, la taille de l'échantillon dans chacune des 16 Villages a été définie par une approximation normale de la distribution binomiale selon [9] suivant la formule:

$$n = z^2 * p (1-p) / e^2$$

$n = 1,96^2 \times 0,5 (1-0,5) / (0,05)^2 = 384,20$ ménages échantillons, z : valeur type associée au niveau de confiance requis; p : degré de variabilité (taux de prévalence estimative); e : niveau de précision. Il a été pris 5% de l'échantillon comme pourcentage de non réponse ce qui donne un échantillon de $N = 384,20 + 5\% \times 384,20 = 403,41$ ménages. Ainsi 404 ménages ont été choisis au cours de l'échantillonnage. Avant l'analyse des résultats de l'enquête, les réponses à toutes les questions ont été codifiées et enregistrées sur CSPRO.7. Les logiciels Excel et SPSS 20.0 ont permis par la suite de faire respectivement des tableaux de fréquences et des figures. Pour certains aspects une comparaison des moyennes a été établie à un niveau de signification de 5% en utilisant une analyse de la variance (ANOVA).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 CARACTÉRISTIQUES DES INSECTICIDES UTILISÉS CONTRE LA BRUCHE [*Callosobruchus maculatus* (Fab.)] DE NIÉBÉ.

Le tableau 1 montre la diversité des insecticides utilisés contre la bruche [*Callosobruchus maculatus* (Fab.)] de niébé au Niger.

Tableau 1. Statut des Insecticides chimiques utilisés contre la bruche du Niébé

Unité	Appellation commerciale	Matière (s) active (s)	Famille chimique	Classe OMS	Bioagresseur cible selon les normes CSP 2017	Homologués au Niger
1	Phostoxin (Tablette)	Phosphure d'aluminium	Organophosphorés	Ib	Insecticide fumigant à usage professionnel	Homologué au Niger
2	Justoxin (Tablette)	Phosphure d'aluminium	Organophosphorés	Ib	Insecticide fumigant à usage professionnel	Homologué au Niger
3	Super Delpap (liquide)	DDVP/Dichlorvos 1000g/L	Organophosphorés	Ib	Insecticide fumigant à usage professionnel	Non Homologué au Niger
4	Rambo (Poudre)	Permethrin 0,60%	Pyréthriinoïde	II	Cafards et Fourmis	Homologué au Niger
5	Executor (Liquide)	DDVP/Dichlorvos 1000g/L	Organophosphorés	Ib	Insecticide fumigant à usage professionnel	Non Homologué au Niger
6	LAMBDRAF SUPER 2.5 EC (Liquide)	Lambda-cyhalothrine (25 g/l) Pyréthriinoïde	Organophosphorés + Pyréthriinoïde	III	Lépidoptères et piqueur-suceurs de tomate	Homologué au Niger
7	CALTHIO C 50 WS (Poudre)	Thirame (250 g/l)+Chlorpyrifos-éthyl (250 g/l)	Dithiocarbamate+Organophosphoré	II	Insectes de cotonnier	Homologué au Niger

Ib.: Très dangereux II. Modérément dangereux. III.: légèrement dangereux

L'analyse du tableau 1 ci-dessus montre qu'Executor et Superdelpap sont des produits non homologués comparé à Phostoxin, Justoxin, Lambdraf Super 2.5 EC, Calthio C 50 WS et Rambo. Bien qu'ils soient des produits homologués, le phostoxin et le justoxin sont de statut Ib: très dangereux selon le classement OMS [10].

Il a été inventorié 6 organophosphorés et 01 pyrethronoïdes utilisés par les producteurs au cours de stockage des graines de Niébé pour la prévention contre [*Callosobruchus maculatus* (Fab.)].

Le tableau ci-haut montre aussi que les produits comme Executor et superdelpap sont les produits commerciaux non homologués utilisés pour le stockage des graines de Niébé au Niger.

3.1.2 PROPORTIONS DES INSECTICIDES HOMOLOGUÉS ET NON HOMOLOGUÉS UTILISÉS CONTRE [CALLOSOBRUCHUS MACULATUS (FAB.)].

La figure 2 montre les proportions des insecticides homologués et non homologués utilisés sur les graines de niébé au cours du stockage.

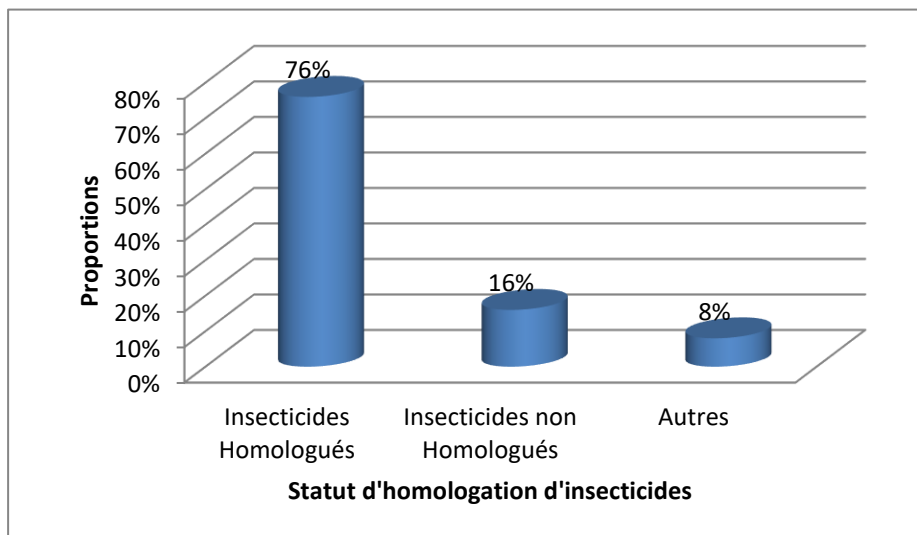


Fig. 2. Pesticides homologués et non homologués

L'analyse de la figure 2 montre que les insecticides homologués (76%) sont plus utilisés pour prévenir les dégâts des bruches de Niébé que les pesticides non homologués (16%). Il ressort aussi que 8% de la population échantillonnée affirme ne rien utilisé aucours de stockage durant la période d'enquête.

3.1.3 PROPORTION DES INSECTICIDES UTILISÉS CONTRE [CALLOSOBRUCHUS MACULATUS (FAB.)] AU NIGER

La figure 3 présente la proportion des insecticides utilisés sur les graines de niébé stockées.

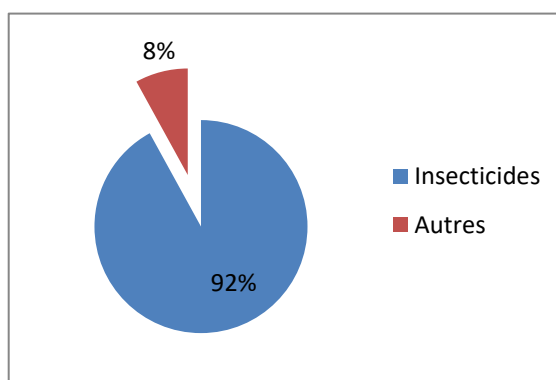


Fig. 3. Proportion des produits utilisés sur les graines de niébé stockées au Niger

L'analyse de la figure 3 montre que 92% des producteurs de notre échantillon utilisent des insecticides pour la conservation des graines de niébé au Niger afin de faire face aux attaques des bruches contre 8% qui n'utilisent aucun produit.

La figure suivante montre les proportions des types d'insecticides utilisés pour prévenir les attaques de la bruche [*Collabrochus maculatus* (Fab.)] de Niébé au Niger.

3.1.4 PROPORTION PAR TYPES D'INSECTICIDES UTILISÉS CONTRE [CALLOSOBRUCHUS MACULATUS (FAB.)]

La figure 4 montre les proportions de différents types d'insecticides utilisés pour prévenir les dégâts de *Callosobruchus maculatus* (Fab.).

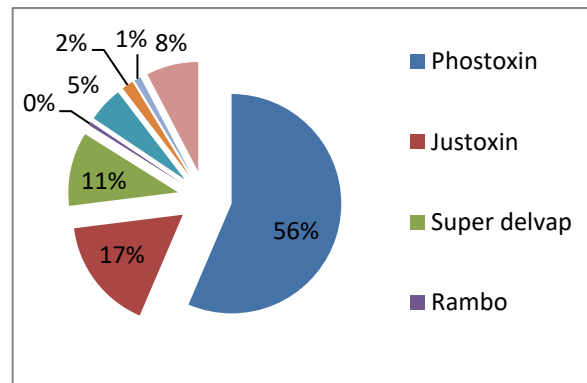


Fig. 4. Proportions des insecticides utilisés contre *Callosobruchus maculatus* (Fab.)

Il est remarqué l'utilisation de Phostoxin (56%), Justoxin (17%), Super delvap (11%), Executor (5%), Lamda super 2.5 EC (2%), Calthio (1%), Rambo (0%).

3.1.5 PROPORTIONS DES TYPES D'INSECTICIDES UTILISÉS CONTRE LA BRUCHE [CALLOSOBRUCHUS MACULATUS (FAB.)] DE NIÉBÉ PAR RÉGION (DOSSO, TILLABERI, MARADI).

La figure 5 montre les types et proportions des insecticides utilisés contre la bruche [*Callosobruchus maculatus* (Fab.)] sur les graines de Niébé selon les régions ciblées.

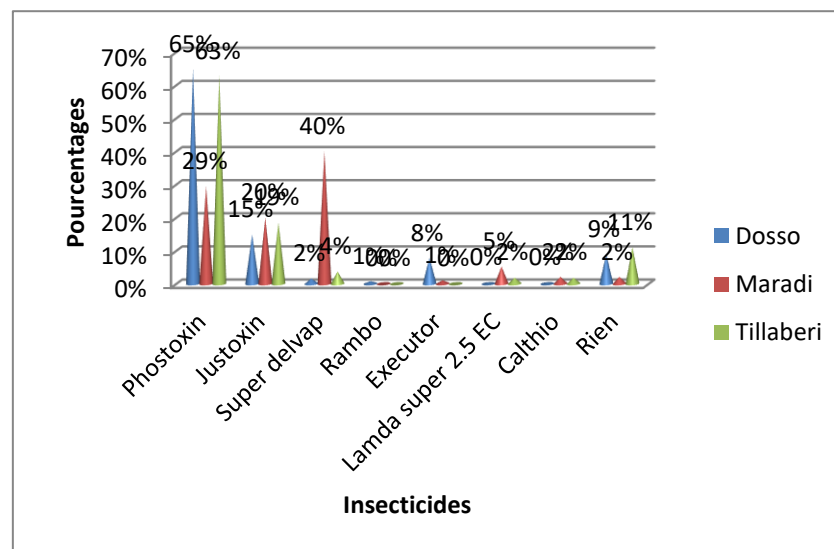


Fig. 5. Types et proportions des insecticides utilisés sur le Niébé contre les bruches selon les régions

La figure ci-dessus montre que 65,1% des utilisateurs de phostoxin sont dans la région de Dosso contre respectivement 29,5% et 63% à Maradi et Tillabéri. Il ressort aussi que le superdelvap (40%) est l'insecticide le plus utilisé dans la région de Maradi comparé au Phostoxin (29,5%), Justoxin (20,0%), Lamda super 2.5 EC (5,3%), Calthio (2,1%), Executor (1,1%), Rambo (0%), et Rien (2,1%). L'utilisation des insecticides varie significativement ($P < 0,05$) en fonction des Régions.

La Photo 1 suivante donne l'aperçu d'un type de produit chimique (Justoxin) utilisé pour la conservation de niébé permettant de faire face aux bruches.



Photo 1: Sac simple + Justoxin + Niébé à Iddo Bissa, Maradi

3.1.6 TYPES DES MATIÈRES ACTIVES UTILISÉES SUR LES GRAINES DE NIÉBÉ EN STOCKAGE

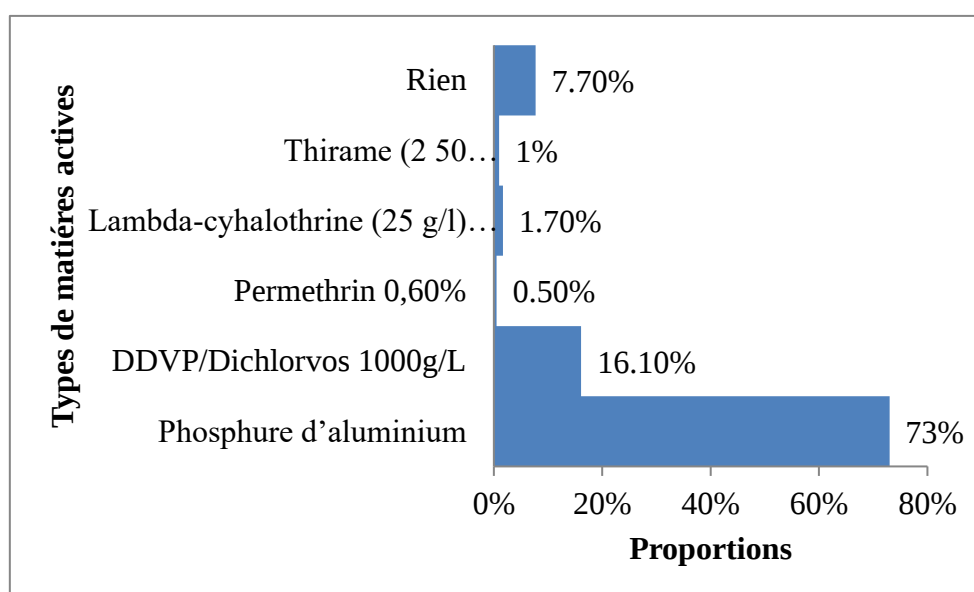


Fig. 6. Proportions des matières actives utilisées au Niger

La figure ci-dessus montre que la matière active comme le phosphure d'aluminium est utilisée par 73% des ménages échantillonnés différemment de DDVP/Dichlorvos 1000g/L (16,10%), Lambda-cyhalothrine (25g/l) +Pyréthrinolide (1,70%), Thirame (250 g/l+Chlorpyrifos-éthyl (250 g/l) (1%) et Permethrin 0,60% (0,5%).

3.2 DISCUSSION

Cette étude a permis d'appréhender les types d'insecticides utilisés pour la protection des légumineuses alimentaires à graines au Niger. Ainsi, il est remarqué que 6 organophosphorés et 1 pyrethronoides sont utilisés dans le cadre de la prévention contre la bruche de Niébé en milieu paysan au Niger (Dosso, Tillabéri et Maradi).

Au Burkina Faso, les recherches ont montré que 13 produits chimiques, dont 7 pyréthroïdes, 4 organophosphorés et 2 organochlorés, sont utilisés par les producteurs et les commerçants de niébé dans la conservation du niébé dans la Région du centre [11].

Les produits chimiques sont utilisés par la plupart des producteurs de Niébé dans la conservation des graines. Ainsi, il ressort que 92% des producteurs utilisent des produits chimiques pour la conservation des graines de niébé contre 8% qui n'utilisent rien. Ces résultats corroborent avec ceux de plusieurs auteurs à savoir [12] qui ont montré que les insecticides chimiques industriels sont les produits les plus utilisés (92%) pour la protection des graines du Niébé par rapport aux autres principes actifs au Burkina Faso.

Ces résultats sont toutefois différents de ceux trouvés par [13] en zone sahélienne du Nord Cameroun qui indique que 39,3% des ménages interviewés utilisent les produits chimiques dans la conservation des graines de Niébé. Toujours dans le Nord Cameroun, l'utilisation des produits chimiques (43%) est la méthode la plus répandue. Dans le même pays, [14] a ressorti qu'au niveau de 3 régions d'études, plus de 50% de la population restent attachés à l'utilisation des insecticides. Mais, selon [15], au Cameroun toujours, les insecticides chimiques industriels sont les moyens de protection les plus utilisés (51,5%). Les produits chimiques sont utilisés d'une façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains selon [16]. Différentement des résultats obtenus au Cameroun et au Niger, [17] au Burkina Faso, a ressorti que l'utilisation des produits chimiques dans les stocks est faite par 95% des producteurs.

En effet, les types des produits chimiques inventoriés au Niger pour le stockage de Niébé sont le Phostoxin (55,94%), le Justoxin (16,58%), le Superdelvap (10,89%), le Rambo (0,50%), l'Executor (5,20%), le Lamda super 2.5 EC (1,73%) et le Calthio (0,99%).

Les insecticides répertoriés au cours de l'enquête sur la conservation du niébé ont été déjà cités par certains auteurs africains. Ainsi, selon [11] au Burkina Faso, les produits les plus utilisés sont les Fumigants dont l'Alumitoxin 89% et le Phostoxin 54% des enquêtés puis la poudre de Rambo qui est utilisée par 32% des enquêtés.

Cette étude a montré que les produits homologués (76%) sont plus utilisés que les produits non homologués (16%). Le Phostoxin, bien qu'il soit le plus utilisé, reste de statut très dangereux dans la classification de l'OMS selon [10].

La recherche a montré que les produits homologués sont plus rencontrés à Tillabéri et à Dosso. Mais selon [17] au Niger, les produits homologués se trouvent plus facilement dans la région de Tillabéri et à Niamey.

Au Nigeria selon [18], les produits chimiques antiparasitaires post-récolte utilisés pour stocker leur niébé comprennent le liquide actellique, la poudre d'actellique et les comprimés de phosphotoxine. Plus de la moitié des répondants (54,4%) ont utilisé la phosphotoxine pour stocker leur niébé très probablement parce que la phosphotoxine est moins chère et facile à utiliser par rapport à l'alternative liquide actellique. Quelques-uns des répondants (45,6%) ont combiné la poudre d'actellique et le liquide actellique pour stocker leurs récoltes.

Les types des matières actives rencontrées au Niger sont le Phosphore d'aluminium, DDVP/Dichlorvos 1000g/L, Permethrin 0,60%, Lambda-cyhalothrine (25 g/l) Pyréthrinolide, Thirame (250 g/l) + Chlorpyrifos-éthyl (250 g/l). Ainsi, il est constaté que DDVP/Dichlorvos 1000g/L est la Seule matière active inventoriée non homologuée. Ainsi, 07 produits chimiques sont rencontrés au Niger dont 06 organophosphorés et 1 pyréthroïde. Cet inventaire est proche de celui effectué par [11] au Burkina Faso où les matières actives recensées sont la Permethrine, le Phosphore d'aluminium, le Zinc, la Lambda-cyhalothrine et la Cyperméthrine.

4 CONCLUSION

Cette étude a permis d'appréhender l'utilisation des produits chimiques de conservation des stocks de graines de Niébé comme moyens de prévention contre les bruches au Niger. En effet, 7 produits chimiques sont rencontrés dans les zones prospectées (Dosso, Tillabéri, Maradi) dont 6 organophosphorés et 1 pyréthroïde.

Les produits chimiques non homologués (DDVP/Dichlorvos 1000 g, Super delvap) continuent d'être utilisés par les agriculteurs au Niger surtout dans la Région de Maradi avec une forte utilisation de Super delvap.

La matière active de type Phosphore d'aluminium est la plus utilisée par les producteurs surtout dans la Région de Dosso pourtant elle est très toxique pour les consommateurs. Il a été remarqué que DDVP/Dichlorvos 1000g/L est la seule matière active non homologuée rencontrée au Niger (Dosso, Tillabéri et Maradi).

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont aussi à l'endroit de M. Mamadou Sitou étudiant à la Faculté d'Agronomie et Moussa Badio agent de l'ONG à Aguié pour l'aide qu'ils ont apportée au moment de la collecte des données.

REFERENCES

- [1] M. T. Guèye, D. Seck, J. P. Wathélet, and G. Lognay, "Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale: Synthèse bibliographique," *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 15, no. 1, pp. 183–194, 2011.
- [2] I. Alzouma, "Connaissance et contrôle des coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel". *Sahel IPM.*, vol.1, no 4, pp. 10-11, 1995.
- [3] K.K. Hamé Abdou, B.Pendleton Bonnie, A. Kadri.. INRAN, *Les Méthodes de Conservation et de Lutte contre les Ravageurs de Stock du Mil et du Sorgho à Tahoua et Maradi, Niger*, 2014.
- [4] A. Ndong, K. Kh, T. Ch, T. Diome, and M. Sembène, "Genetic Distribution of the Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) Bruchid (*Callosobruchus maculatus* F., Coleoptera, Bruchidae) Populations in Different Agro-Ecological Areas of Genetic Distribution of the Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) Br," *J. Anim. Science Adv.*, vol. 2, no. 7, pp. 616–630, 2012.
- [5] R.K Mukendi, R.N Ntanga, S.K Kaseba, N. Tshiamala, A Kamukenzi, G. K Mpoyi,. "Dégâts des bruches sur le pouvoir germinatif des graines de quatre variétés de Niébé infesté pendant 60 jours à Ngandajika." *Journal of Applied Biosciences*, vol.98, pp 9323-9329, 2016.
- [6] K.Brice., S. Adjou Euloge, DA. Edwige, TR. Konfo., "Problématique de la conservation du niébé (*Vigna unguiculata* (L.), Walp) en Afrique de l'Ouest: étude d'impact et approche de solution" *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol.31, no.1, pp. 4831-4842, 2016.
- [7] M. Idrissi, D. N. Aït, L. Ouammi, N. Rhalem, A. Soulaymani, R. B. Soulaymani. "Intoxication aigüe par les pesticides: Données du Centre Anti Poison du Maroc (1989-2007)". *Toxicologie Maroc*, vol. 4, no.1, pp. 5-7, 2010.
- [8] I.N.S-Niger, *Projection démographique du Niger Horizon 2012-2035, Rapport final*, 2016.
- [9] P. Dagnelie, *Statistique Théorique et Appliquée: Inférence Statistique à une et à Deux Dimensions (Tome II)*. De Boeck: Belgium.
- [10] CSAN Niger, *Liste globale pesticide Comité sahélien des pesticides (CSP)*, 2017.
- [11] S.Zongo, Z. Ilboudo, A.Waongo, O. Gnankiné, A.Doumma, M. Sembène, A.Sanon, "Risques liés à l'utilisation d'insecticides au cours du stockage du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) dans la région centrale du Burkina-Faso". *Rev CAMES.*, vol.03. no.01, pp. 24-31, 2015.
- [12] F. Sankara, Z. Gondé, A. G. Sanou, and I. Somda, "Diagnostic participatif des pratiques paysannes post-récolte et des contraintes de stockage de deux légumineuses cultivées dans la région des Hauts-Bassins du Burkina : cas du niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. et du voandzou (*Vigna subterranea* (L.)), " vol. 16, no. 3, pp. 646–656, 2016.
- [13] D.P. Folefack, "Vulgarisation de la méthode du triple ensachage pour le stockage amélioré du niébé en Zone sahélienne du Nord Camérout: Enjeux et perceptions paysannes". *Tropicultura*, vol 31, no.3, pp.170-178, 2013.
- [14] M. Chantal, W. Djakissam, V. Jeremie, A. Fatime, N. Robert, G.Augustin, NM. Benoit, NT. Leonard. "Pratiques Paysannes De Production Durable Des Graines De Voandzou [*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.] Pour La Sécurité Alimentaire Dans Le Cameroun Septentrional". *European Scientific Journal.*, pp. 424-441, 2018.
- [15] L. Tinkeu, A. Goudoum, W. Djakissam, and C. Madou, "Les bruches du voandzou *Vigna subterranea* (L.) et les outils de protection post récolte dans le Nord du Cameroun," *Entomol. Faun. - Faun. Entomol*, pp. 83–89, 2016.
- [16] P.S.Cissokho, 2015. *Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest*". *P. Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol.9, no.3, PP.1644-1653, June 2015.
- [17] RECA, *Liste des produits insecticides et acaricides en vente ou utilisés au Niger*, 2018.
- [18] B. S.Fakayode, A. O. Omotesho, T.Z.Adebayo, " An economic survey of cowpea (*Vigna unguiculata*) storage practices in Kwara State, Nigeria". *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, vol.39, no.1, PP.47-57, 2014.

Evaluation socio-environnementale des eaux de puits consommées au quartier Mamabalako dans la ville de Mbandaka

Matthieu Sekalo Mandele¹, Dieudonné Musibono², Camille Ipey Nsimanda², and Gracien Ekoko²

¹Institut Supérieur de Développement Rural de Mbandaka Province de l'Equateur, RD Congo

²Faculté des sciences, département de l'environnement, Université de Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: The present investigation is focused in the evaluation of social and environmental impact of well water consumed in Mama Balako Area of Mbandaka City in the Democratic Republic of Congo.

It was observed that the construction of these well water does not respect the standard fixed by the World Health organization (Who) in this matter.

This biological analysis of these drinking waters was made both in dry and rainy seasons and the experimental resultants revealed the presence of total and fecal coli forms. The physical and chemical parameters selected pure Who's on order to evaluate the portability of drinking Water showed acceptable values closed to the Who's ones, except for PNA₃, PNA₄, and PNA₅. Where the pH values observed were standard, less than the Who's Standards, testifying that the waters are acid.

The authors seek the Congolese government to take care of these well waters management instead of the concerned population.

Some Sustainable possible strategies are proposed by the authors of present investigation for these water management in order to reduce the pollution and increase the health's population.

KEYWORDS: Well waters, Mamabalako, Evaluation, socio-economical.

RESUME: Une évaluation socio- environnementale des eaux de puits consommées dans la ville de Mbandaka, et leur impact sur la santé humaine, a été réalisée dans le quartier Mama Balako, dans la province de l'Equateur, en République Démocratique du Congo.

Dans ce quartier, le captage des eaux souterraines se fait par des puits construits sans respect des normes en la matière.

L'analyse biologique de ces eaux tant en saison sèche qu'en saison de pluie a révélé la présence des coliformes totaux et fécaux et les paramètres physico-chimiques retenus par l'OMS pour apprécier la potabilité d'une eau présentent des valeurs moins inquiétantes du point de vue environnemental sauf le PNA₃, PNA₄ et PNA₅ où les valeurs de pH observées sont inférieures à la limite de norme fixées par l'OMS témoignant des eaux acides.

Les résultats obtenus montrent que la gestion qualitative et quantitative de ces eaux devrait plus concerner les gouvernants de la province que la population consommatrice. Quelques stratégies de gestion durable de ces eaux ont été protégées par les auteurs afin de mieux réduire la pollution et améliorer la situation socio-environnementale de la population consommatrice.

MOTS-CLEFS: Eau de puits, Mamabalako, Evaluation, Socio-environnemental.

1 INTRODUCTION

Il est établi que l'eau est un élément fondamental sans lequel toute vie est impossible, la gestion rationnelle de l'eau doit être considérée comme un impératif de responsabilité collective. L'eau est une nécessité absolue pour l'hygiène personnelle et collective, et pour la quasi-totalité des activités humaines. L'absence ou l'insuffisance d'une eau saine, rapporte Monnier et al [1], est une cause majeure des déficiences sanitaires observées dans les pays en développement. Quoi qu'en quantités variables, tous les processus industriels utilisent d'une manière ou d'une autre l'eau. C'est pour cela que l'on dit que « l'eau c'est la vie » Gislain [1].

Malgré son abondance à la surface de terre qui fait baptiser celle-ci de « planète de l'eau ». Binzangi [1], selon Rapinat (1982), les problèmes d'approvisionnement en eau ne cessent de s'amplifier à raison des quantités (pays pauvres en eau, pays

à pénurie d'eau, pays arrosés) et des qualités exigées pour chaque usage. On assiste déjà à d'innombrables conflits à travers le monde autour de la « ressource en eau ». Donc, en ce XXI^{ème} siècle, la gestion de l'eau s'annonce comme l'une des préoccupations majeures. Et pour l'UNESCO cité par l'OMS (1984), la pauvreté d'un fort pourcentage de la population mondiale est à la fois symptôme et la cause de la crise de l'eau. Donner aux pauvres un meilleur accès à une eau mieux gérée peut contribuer à éradiquer la pauvreté, comme le démontre le rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau (*World Water Development Report*, WWDR cité par l'OMS [4]).

Cette amélioration de la gestion permettra de faire face à la diminution des ressources en eau par personne dans plusieurs régions du monde en développement.

La République Démocratique du Congo (RDC), avec une population d'environ 80 millions d'habitants, est l'unique pays d'Afrique possédant les ressources hydrologiques les plus importantes. Cependant elle fait face à une crise aiguë de l'approvisionnement en eau potable.

En effet, seuls 26% de sa population ont accès à une eau potable, une estimation bien en-dessous de la moyenne de 60% pour l'ensemble de l'Afrique subsaharienne. Musibono [3].

En outre, en R.D.C, 51 millions de personnes soit les trois quarts de la population n'ont pas accès à l'eau potable, même si le pays détient plus de la moitié de réserves en eau d'Afrique, selon une étude des Nations Unies pour l'Environnement. Cité par Nsimanda [1].

En raison des infrastructures endommagées, fragilisées par des années de sous-investissement et des conflits, de la croissance rapide de la population, le taux de couverture de l'approvisionnement en eau, a décliné jusqu'à récemment. Les conséquences sociales et sanitaires de la rupture des services d'eau ont été considérables. Les tranches les plus pauvres de la société ont été touchées de façon disproportionnée par le déclin de la prestation des services et la hausse des prix de l'eau. Cette situation a été observée dans les zones rurales, mais également de façon croissante dans les villes connaissant une expansion rapide [2].

La Province de l'Équateur par contre, sur une population d'environ 267.414,18 habitants, il n'y a que 23% de la population ayant accès à l'eau potable. Et une densité de 20 habitants par km². (Rapport mixte du système des Nations Unies, 2015).

Il s'avère que la majorité de la population de la ville de Mbandaka en général et du quartier Mama Balako en particulier vit dans l'insuffisance d'eau potable. Elle utilise l'eau de puits pour tous les besoins humains (boisson, l'hygiène corporelle, lessive, cuisine, élevage, le jardin...) sans subir un moindre traitement préalable. En plus ces puits sont en aval par rapport aux latrines dont la plupart sont en amont, la moyenne de profondeur de ces puits est estimée à 7 mètres et les distances qui les séparent des latrines ne vont pas au-delà de 15mètres.

- Mbandaka, Chef-lieu de l'Équateur fut parmi les foyers de choléra en RDC avec 866 cas dont 267 cas pour les enfants de 0-5 ans et 599 cas des personnes âgées de plus de 5 ans hébergés dans le Centre de Traitement de Cholera de l'Hôpital Général de Wangata et **12** morts (étude menée en 2011).
- Et récemment 2016, cette même épidémie a rebondi avec **2571**cas et **82** morts, un problème réel qui touche la santé environnementale de la population de la province de l'Équateur. Ce rebondissement serait entre autre dû au manque d'hygiène, assainissement et d'une bonne stratégie de gestion durable des déchets dans les ménages, ces déchets sont gérés à l'air libre;
- 99% des puits identifiés sont non protégés avec un état environnemental très déplorable,
- 99% des populations de l'Équateur/Mbandaka n'ont pas accès aux latrines appropriées.

Tenant compte des observations pré-signalées, la présente investigation concerne l'étude de la potabilité des eaux consommées dans le quartier Mama Balako et leur effet sur la santé de la population. Les résultats obtenus permettront de sensibiliser les gouvernants et la communauté consommatrice.

2 MATERIEL ET METHODES

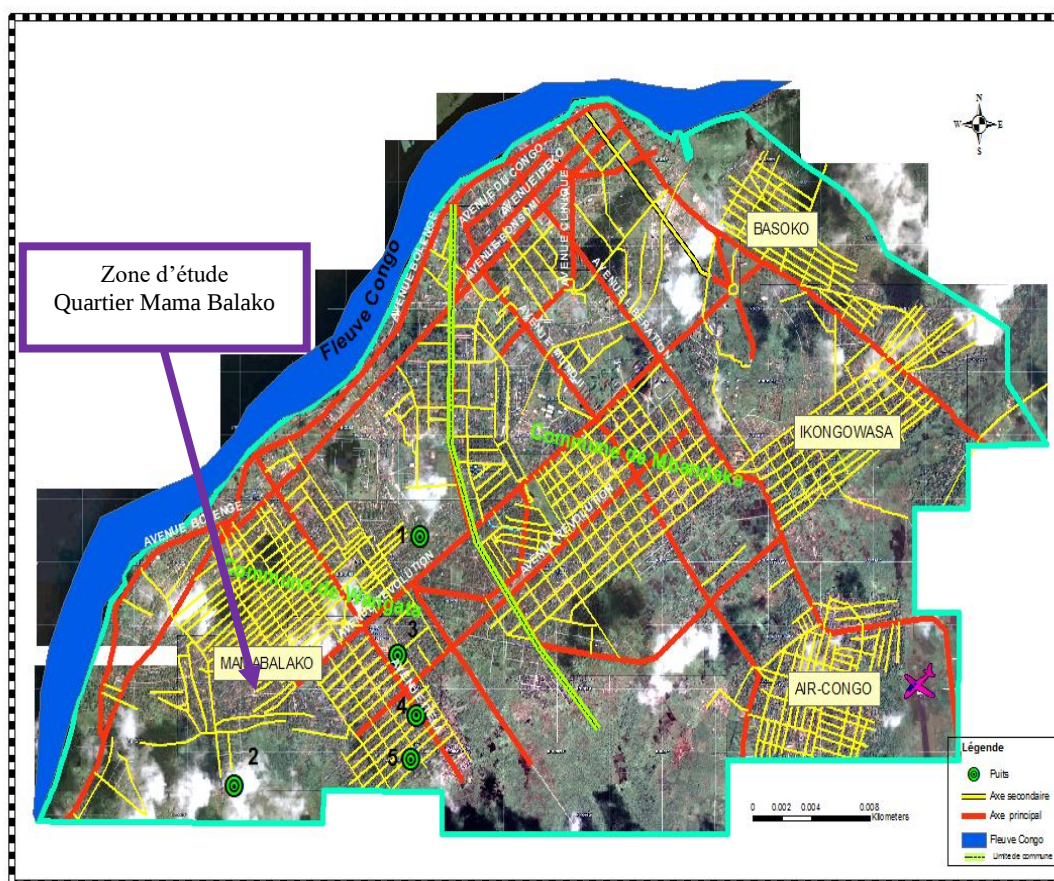
2.1 MATERIEL

Le matériel d'études est essentiellement constitué des eaux des puits et les équipements ci-après ont été utilisés dans notre investigation:

- Le GPS, c'est un outil qui nous a servi de prendre les coordonnées géographiques de tous les points d'eau sous analyses. Cela nous a aidés également à informatiser la cartographie de nos sites, leur positionnement géographique, (latitude et la longitude), (voir carte n°1).

- Le flacon de 500 ml en plastique, muni de bouchon rodé pour l'échantillonnage, les deux ont été stérilisés avant la prise d'échantillon;
- ✓ Equipements de laboratoire utilisés dans la présente étude:
- pH mètre modèle 3pH ®3
 - étuve;
 - balance de précision de marque Mettler 200 (Suisse)
 - autoclave électrique de marque Webeco (Allemagne)
 - conductimètre marque HCH;
 - marmite à pression;
 - ballon jaugé 100ml;
 - lampe à alcool;
 - boîte de pétrie;
 - anse de patine;
 - tube à essai;
 - pipette graduée (1cc, 5cc, 10cc)
 - réchaud
 - microscope; centrifugeuse etc.

Tel est l'équipement utilisé pendant les analyses physico-chimiques et microbiologiques. Il nous a permis d'avoir les résultats de notre recherche sur la qualité de l'eau utilisée par la population du quartier Mama Balako comme eau de boisson.



Carte 1: Carte de la ville de Mbandaka et les puits d'eau (points verts), nos données du site

2.2 METHODOLOGIE

2.2.1 PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Les prélèvements des échantillons destinés pour l'analyse microbiologique ont été effectués aseptiquement à l'aide des tubes stériles munis de bouchons rodés. Lors du prélèvement, les tubes ont été remplis au $\frac{3}{4}$ de volume total pour éviter une éventuelle contamination avec le milieu extérieur du récipient.

Après le prélèvement, les échantillons ont été transportés aussi vite que possible au laboratoire pour les analyses. Pour les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques, les flacons en plastique (eau vive) étaient remplis aussi complètement que possible puis bouchés aussitôt et transportés immédiatement au laboratoire.

Nous référant à Henri Roques (1979) [1], les échantillons récoltés sont immédiatement amenés au laboratoire pour l'analyse. Le laboratoire de l'Office Congolais de Control (O.C.C en sigle) a permis d'analyser ces échantillons d'eau.

2.2.2 PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

2.2.2.1 PHYSICO-CHIMIQUES

(Rodier, 1984) [1].

1. Titre alcalimétrique simple (TA) et Titre alcalimétrique complet (TAC):

Le mode opératoire pour la détermination de TA et TAC était:

- prélever 100 ml d'eau du réseau dans un erlenmeyer;
- ajouter une gélule de phénophtaléine;
- s'il n'y a pas de changement de coloration, TA=0;
- ajouter 3 gouttes de méthylorange;
- titrer avec H_2SO_4 N/50 jusqu'à la coloration rouge brique;
- lecture sur une burette: 1ml multiplié par 10 donne les milligrammes par litre de TAC.

2. La conductivité, la température et le TDS ont été déterminés à l'aide d'un conductimètre de marque Hach.

3. Le pH a été déterminé (à 20°C) à l'aide d'un pH-mètre de marque Sension 1 Hach.

(Rodier, 1984) [1].

2.2.2.2 PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES

a) Préparation du matériel

Cette préparation consiste à:

- stériliser des filtres et les réservoirs dans l'étuve à 150°C;
- stériliser la rampe filtrante en y brûlant de l'alcool dedans;
- stériliser le matériel de prélèvement (pince, flacon, ...);
- préparation du milieu de culture.

Les milieux de culture solide (M-endoagar, M-enterococcus agar, plate count agar...) utilisés dans la présente étude ont été préparés en suivant le mode opératoire proposé par le fabricant.

b) Préparation de l'échantillon à analyser

Cette préparation était faite en disposant les étapes ci-dessous:

- placer une petite quantité de milieu de culture dans la boîte de pétri jusqu'à solidification;
- filtrer l'échantillon d'eau à analyser sur une membrane sur rampe filtrante;
- après filtration, introduire la membrane dans la boîte de pétri contenant le milieu de culture;
- placer la boîte de pétri à l'incubateur pour une incubation à la température du corps (37°C) pendant 24 heures.
- lire les résultats tout en tenant en compte que:
 - les tâches blanches indiquent la présence des coliformes totaux;
 - les tâches rouges indiquent la présence des coliformes fécaux et
 - les tâches avec éclat métallique indiquent la présence des Escherichia coli. Mitricon [1].

3 PRESENTATION DES RESULTATS

3.1 RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Tableau 1. Valeur normative des paramètres chimiques et physico – chimiques d'Eau potable (OMS 1970) [4]

Elément minéral	Valeur maximale admissible
NH_4^+	0,5mg/l
Pb	10mg/l
Hg	1mg/l
Al	0,2mg/l
Cd	5mg/l
Cl^-	200mg/l
Cyanure (CN^-) totaux	50mg/l
SO_4^{2-}	250mg/l
Ca^{2+}	< 100 mg/l
Mg^{2+}	50 mg/l
Na^+	150 mg/l
K^+	12 mg/l
Anion bicarbonate (HCO_3^-)	183 mg/l
F^-	1,5 mg/l
Nitrate (NO_3^-)	8 mg/l
Nitrite (NO_2^-)	-
Fe^{2+}	0,3 mg/l
Cu^{2+}	1 mg/l
Mn^{2+}	0,2 mg/l
Ph	6,5-8,5
Turbidité	< 1 UNT
Température	25°C
Conductivité	< 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$
T.D.S mg/l	< 315

Organisation Mondiale de la Santé, 1970 [4].

Ces valeurs admissibles marquent la limite de risque, et une eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux qui lui confèrent une saveur agréable. En fait l'eau de boisson devait avoir une valeur inférieure ou égale à cette valeur normative.

Lorsque la concentration dans l'eau brute est supérieure à cette valeur, il est recommandé de mettre en œuvre le traitement correspondant. L'objectif étant de protéger la santé des personnes des effets néfastes de la contamination des eaux destinées à la consommation humaine en garantissant la salubrité et la propreté de celles-ci.

Tableau 2. Quelques paramètres physico-chimiques obtenus pour nos échantillons

Echantillon Paramètre	PA1	PA2	PNA3	PNA4	PNA5	Normes OMS	Observation
Ph	6,3	6,1	5,8	5,3	5,5	6,5 – 8,5	Non conforme
Température	20,35	20,75	21,75	20,95	22,55	25°C	Non conforme
Turbidité (UNT)	0,026	0,023	0,029	0,034	0,024	< 1 UNT	Conforme
Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	50	40	50	80	60	< 450	Conforme
T.D.S (mg/l)	40	40	15	30	20	< 315	Conforme

Source: Nos analyses expérimentales.

Les Paramètres physico-chimiques analysés sont: les pH, la conductivité, la turbidité et le TDS.

Il ressort du tableau relatif à l'analyse des quelques paramètres physico – chimiques que certains paramètres physico-chimiques révèlent que l'eau de ces puits n'est pas dans les normes (notamment le pH et la t°).

Le pH observés pour les eaux de tous les puits ont les valeurs ne dépassant pas la norme établie.

Les puits 3 (PNA3), 4 (PNA) et 5 (PNA5) sont des puits qui ont présenté un pH plus bas (acide) respectivement 5,3, 5,5 et 5,8. Même si le pH indique que l'eau est à réaction acide ou alcaline et que pour Dégréement (1978) et Taylor *et al.* Cités par OMS (1984), il n'a pas une signification hygiénique, et qu'il représente une notion très importante pour la détermination seulement de l'agressivité de l'eau; par contre les travaux de Spitany K.C. *et collaborateurs*, tel que cités par OMS (1987) montrent que la consommation d'eau dans des environnements acides (cas de nappes aquifères) peut suffire à aggraver les risques de certains toxicoles comme la fluorose.

Ces puits étant construits sous les arbres et dans un milieu marécageux peuvent bien recevoir des eaux de décomposition des feuilles.

La turbidité par contre est en relation avec la mesure des matières en suspension, elle donne une idée de la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique; la turbidité est liée, à la transparence; Il n'y a aucun puits étudié qui a montré une turbidité supérieure aux normes de l'OMS qui est de <1 UNT.

Le taux des solides dissous (TDS) est influencé par les ions carbonate, bicarbonate, chlorure, sulfate, nitrate, sodium, potassium, calcium, et magnésium, selon OMS (1984). En considérant que la classification de Bruvold et al. (TDS<300mg/l): eau excellente; entre 300et 600 mg/l: bonne eau; entre 600 et 900 mg/l: moins bonne eau; entre 900 et 1200 mg/l: mauvaise eau; TDS >1200 mg/l eau inacceptable), on peut considérer que les eaux analysées sont excellentes par rapport à ce paramètre.

3.2 RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Le tableau 3 donne les valeurs maximales admissibles pour la présence de bactéries dans une eau de boisson.

Tableau 3. Paramètres microbiologiques d'une eau potable

	Valeur maximale admissible
Escherichia coli	0
Entérocoque	0
Pseudomonas aeruginase	0
Nombre de bactérie aérobies	< 100
Nombre de coliforme dans 100 ml	0
Nombre de coliforme thermo tolérant	0
Nombre de staphylocoque	0
nombre des streptocoques fécaux dans 10 ml	0
Nombres des spores de bactérie anaérobie sulfite réductrice dans 20 ml	0
nombre de salmonelle dans 5 litres	0
Nombre de staphylocoque pathogène dans 100 ml	0
Bactériophages fécaux dans 50 m	0

Organisation Mondiale de la Santé, 1970 [4].

Ce tableau résume les valeurs admissibles pour les germes tests. Une eau destinée à l'alimentation humaine ne doit contenir aucun organisme pathogène en particulier des salmonella dans 5 litres d'eau prélevée; de staphylocoques pathogènes dans 100 millilitres d'eau.

La contamination par les matières fécales est décelée par la présence d'Escherichia Coli et Streptocoques fécaux (entérocoques). La présence de ces germes témoigne une contamination fécale; qui conduit à considérer l'eau comme impure du point de vue bactériologique et elle est déclarée polluée. D'une manière globale, la qualité de l'eau potable se définit en fonction de ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques. La qualité bactériologique de l'eau se mesure par la présence d'organisme indicateur de pollution (bactéries coliformes). Leur présence indique que l'eau a été polluée par les excréta d'origine humaine et animale. C'est pourquoi chaque pays est appelé à développer ses propres normes et considérer les normes de l'OMS que comme directives Kiyombo, [1].

Notre étude a consisté à rechercher la qualité bactériologique des eaux de puits consommées dans le quartier Mama Balako à Mbandaka en la comparant avec les directives microbiologiques telles que souhaité par l'OMS. En effet, il s'agissait pour nous de faire:

- le dénombrement des flores totales;
- le dénombrement des coliformes avec l'identification d'*Escherichia coli*.

Le tableau 4, résume l'essentiel de l'analyse bactériologique.

Tableau 4. Résultats 2: Des analyses bactériologiques

Puits Tubes	PA1	PA2	PNA3	PNA4	PNA5
T1	-	-	+	+	+
T2	-	+	-	+	+
T3	-	+	+	+	-

Légende: + Croissance de bactéries

- pas de croissance de bactéries

PA1: Puits aménagé 1

T1: Tube 1

La lecture de ce tableau 4 révèle que: toutes les eaux de puits non aménagés (PNA3, 4 et 5) ont été testées positifs. Ce qui reste à croire que ces puits sont contaminés par les coliformes totaux.

En ce qui concerne les puits aménagés (PA1 et PA2), le PA2 était testé positif tandis que le PA1 a été testé négatif.

En nous référant à la description de ces puits faites ci-haut, nous pouvons résumer les raisons de cette contamination en ceci:

- les distances entre les puits d'eau et les latrines sont inférieures à 30 m.
- tous les puits non aménagés ne sont pas protégés et construits dans les parcelles non clôturées;
- mauvaise utilisation par une population (en majorité les pygmées) sans éducation environnementale en la matière, car aucune sensibilisation ne se fait dans ce sens.

3.3 RESULTATS DES ENQUETES AU CENTRE DE SANTE MAMAN BALAKO

Les résultats de nos enquêtes sont résumés dans le tableau 5: les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques nous ont donné une idée sur la qualité de l'eau consommée au quartier Mama Balako, qualité qui n'est pas acceptable. C'est pour cette raison que nous nous sommes résolus d'aller consulter les fiches de consultation des malades au Centre de santé (qui porte le nom du même quartier) pour vérifier si réellement la population qui utilise les eaux de ces puits est à risque et/ou menacée par des maladies dites hydriques.

Tableau 5. Taux d'incidence des maladies d'origine hydrique au centre de santé Mama Balako (Source: Archives du centre de santé)

Année	Nombre de personnes consultés	Tranche d'âge			Autres Maladies
		0 – 5 ans	Plus de 5 ans	Total	
2009	574	112	159	271	303
2010	1020	266	247	513	507
2011	783	298	210	508	275
TOTAL	2377	676	616	1292	1085

Il ressort dans ce tableau que: pendant une période allant de 2009 à 2011, le Centre de santé Mama Balako a reçu 2377 cas; dont 1292 étaient d'origine hydrique; tandis que, 1085 cas étaient d'origines diverses (non liée à la consommation de l'eau autre que l'eau).

La proportion de la population affectée par les maladies hydriques est plus élevée chez les enfants de moins de 5 ans avec un taux de 676 Cas enregistrés que chez ceux de plus de 5 ans. Ces résultats confirment le taux de mortalité très élevé chez les

enfants de moins de 5 ans dans la ville de Mbandaka. En dépit de la volonté de rapport de DSCR (Document de Stratégie de la Croissance de Réduction de la Pauvreté) de rendre l'accès à l'eau pour 36% de la population rurale, ce qui impliquerait desservir 1,4 millions de nouveaux usagers chaque année de 2010 à 2015, ceci apparaît utopique et irréalisation néanmoins à la seule ville de Mbandaka où il y a presque plus des infrastructures sanitaires.

Cette situation très malheureuse fait de Mbandaka et ses environs l'un des foyers du Choléra en RDC où on avait décelé dans les 3 zones de santé de Mbandaka 866 cas dont 267 cas pour les enfants de 0-5 ans et 599 cas des personnes âgées de 5 ans et plus (CTC 2016) à la période allant du 15/06 au 25/10/2016 dont les cas étaient plus élevés dans le quartier Mama Balako qui est notre champ d'investigation.

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Notre objectif était d'identifier et d'analyser les problèmes et les impacts environnementaux, afin de proposer une amélioration durable de la qualité d'eau de boisson dans la ville de Mbandaka en général et au quartier Mama Balako en particulier.

La mauvaise position des points d'eau (puits), par rapport aux installations hygiéniques, ainsi que le rejet de déchets incontrôlés constituent les causes de la dégradation de la qualité environnementale de la nappe phréatique.

La Température, la turbidité, la conductivité et le TDS qui sont analysés; leurs valeurs selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé, sont de loin inférieures et donc conformes. L'analyse bactériologique des toutes les eaux étudiées, dans l'ensemble est très inquiétante, surtout avec la présence des coliformes fécaux observés dans les puits non aménagés.

La proportion de la population affectée par les maladies hydriques est plus élevée chez les enfants de moins de 5 ans avec un nombre de 676 Cas enregistrés que chez ceux de plus de 5 ans soit 616 Cas.

Au regard de nos résultats obtenus, nous suggérons ce qui suit:

- vulgarisation et mise en application de la loi sur la bonne Gestion Intégrée de Ressource en Eau;
- sensibilisation permanente de la notion d'Eau, d'Assainissement et Hygiène à tous les niveaux;
- conception et mise en œuvre des projets pilotes d'assainissement Ecologique des points d'eau (puits et sources) dont le but est de prévenir la contamination fécale pathogène et d'améliorer la qualité de l'eau des puits et sources prioritaires fournissant l'eau potable à la population;
- organisation d'une planification de ces eaux souterraines qui reposera sur l'évaluation de la réserve et de la qualité de la ressource.
- organisation d'un système de drainage des eaux usées et, ainsi qu'un système de gestion de déchets.
- prise des mesures immédiates pour sécuriser les périmètres autour des sources d'eau potable, et promotion de l'approche gestion intégrée de ressource en eau.
- organisation d'une évaluation de la réserve des aquifères en vue d'une bonne gestion de l'eau, cette ressource de plus en plus stratégique.

La réussite à toutes ces stratégies ne sera possible que dans un cadre institutionnel approprié qui s'attellera au respect de la législation en matière de construction des puits et sources d'eau, ainsi qu'à l'élaboration des normes ou directives nationales.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les bienfaiteurs qui ont appuyé cette recherche, en particulier le laboratoire provincial de l'Office Congolais du Contrôle, le laboratoire d'Eco toxicologie et Biotechnologie Environnementale ERGS à la Faculté des sciences de l'Université de Kinshasa, l'Unicef /Antenne provinciale, ainsi que le ministère Provincial de la Santé Publique de leurs interventions respectives en faveur de cette étude.

REFERENCES

- [1] Ghislain ponzo (2009); Tome1. P88, Parti Ecologiste Congolais.
- [2] Henri Roques (1980), Fondements théoriques du traitement biologique des eaux, volume I, techniques et documentation, Paris, France, 871p.
- [3] Jacques Bordet (2007), L'eau dans son Environnement rural Paris vol. 317.
- [4] Jean Rodier jet cool (1984), Analyse de l'eau: eau naturelle, eaux Résiduels, eau de mer, *chimie, physico, bactériologique*, 7ème Ed. Dunandavec la collaboration de H.Beuff, M. Burmaud, J.P Broumn, Chgeoff, Ray.
- [5] Musibono D.E (2010), L'effort de l'eau comme indicateur du niveau de développement.comm.pers.au Forum Mondial de l'eau à Copenhague. 12pp.
- [6] Musibono D.E (1992), Qualité de l'eau et aquaculture, une approche d'écodéveloppement, éd. MTD Engineering, Kinshasa, p184.
- [7] Mitricon (2010), Vive l'eau, édition Odile Zimmen (corpus) P33.
- [8] Monnier J.Deschamps et al. (1980), Santé publique: Santé de la communauté, Simep, France. p444.
- [9] OMS (1984), Guidelines for drinking-water quality, vol. 2 *Health criteria and other supporting information*, OMS, Belgium, p 335.
- [10] OMS (1987), Technologie de l'environnement en eau et de l'assainissement dans le pays en développement, rapport Technique, Genève, 42p.
- [11] PNUE (2011), Evaluation environnementale post-conflit en RDC, (Rapport synthèse, Kinshasa, pp.
- [12] Unicef (2011), <http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/CaptEauSout/1puits moderne.htm> 2011 lu le 15 décembre 2011.

Facteurs prédictifs de complications de la cholangio-pancréatographie rétrograde endoscopique dans le traitement de la lithiase biliaire

[Predictive factors of complications of endoscopic retrograde cholangio-pancreatography in the treatment of cholelithiasis]

S. Ouahid, I. Radouane, S. Berrag, F. Nejari, T. Addioui, M. Tamzaourte, and A. Aourarh

Service de Gastroentérologie clinique, Hôpital Militaire d'Instructions Mohammed V, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Retrograde endoscopic cholangiopancreatography (ERCP) retains a prominent place in the therapeutic management of bilio-pancreatic pathologies, in particular lithiasis disease. Its complications are now well known and are dominated by acute pancreatitis. The aim of our work is to assess the frequency and predictors of complications of ERCP.

We retrospectively included all consecutive patients who received an ERCP, between January 2018 and April 2019 in the gastroenterology I Department of the Military Instruction Hospital Mohamed V in Rabat, for a lithiasis pathology. Clinical, biological and endoscopic data were collected from patient records.

Statistical analysis was performed by Spss20 software using the binary logistic regression model in univariate and multivariate analyzes. The associated factors studied are: age, sex, history of ERCP, taking NSAIDs before the gesture, catheterization of the pancreatic duct and the number of passages in the Wirsung, the achievement of a pre-cut and the total duration of the procedure.

KEYWORDS: ERCP, post-ERCP pancreatitis, risk factors, sphincterotomy, complications.

RESUME: La cholangio-pancréatographie rétrograde par voie endoscopique (CPRE) garde une place prépondérante dans la prise en charge thérapeutique des pathologies bilio-pancréatiques—notamment la maladie lithiasique. Ses complications sont désormais bien connues et sont dominées par la pancréatite aiguë. Le but de notre travail est d'évaluer la fréquence et les facteurs prédictifs de complications de la CPRE. Nous avons inclus rétrospectivement tous les patients consécutifs ayant bénéficié d'une CPRE, entre janvier 2018 et avril 2019 au service de gastroentérologie I de l'HMIMV de Rabat, pour une pathologie lithiasique. Les données cliniques, biologiques et endoscopiques ont été recueillies à partir des dossiers patients. L'analyse statistique a été réalisée par le logiciel Spss20 en utilisant le modèle de régression logistique binaire en analyses univariées et multivariées. Les facteurs associés étudiés sont: l'âge, le sexe, l'antécédent de CPRE, prise des AINS avant le geste, le cathétérisme du canal pancréatique et le nombre de passage dans le Wirsung, la réalisation d'une pré-coupe et la durée totale de la procédure.

MOTS-CLEFS: CPRE, pancréatite post CPRE, facteurs de risques, sphinctérotomie, complications.

1 INTRODUCTION

La cholangio-pancréatographie rétrograde par voie endoscopique (CPRE) garde une place prépondérante dans la prise en charge thérapeutique des pathologies bilio-pancréatiques-notamment la maladie lithiasique. Ses complications sont désormais bien connues et sont dominées par la pancréatite aiguë. Le but de notre travail est d'évaluer la fréquence et les facteurs prédictifs de complications de la CPRE

2 MATERIELS ET METHODES

Nous avons inclus rétrospectivement tous les patients consécutifs ayant bénéficié d'une CPRE, entre janvier 2018 et avril 2019 au service de gastroentérologie I de l'HMIMV de Rabat, pour une pathologie lithiasique. Les données cliniques, biologiques et endoscopiques ont été recueillies à partir des dossiers patients.

L'analyse statistique a été réalisée par le logiciel SPSS20 en utilisant le modèle de régression logistique binaire en analyses unie variée et multi variée. Les facteurs associés étudiés sont: l'âge, le sexe, l'antécédent de CPRE, prise des AINS avant le geste, le cathétérisme du canal pancréatique et le nombre de passage dans le Wirsung, la réalisation d'une pré-coupe et la durée totale de la procédure.

3 RESULTATS

Au total ont été inclus 31 malades. L'âge moyen des patients était de $58,4 \pm 15,3$ ans avec un sex-ratio de 0.47 (21 femmes – 10 hommes). 4 malades (12.9 %) avaient un antécédent de CPRE. 24 malades (80%) ont reçu des anti-inflammatoires non stéroïdiens en suppositoire avant la procédure. La durée moyenne de la procédure était de 48.60 ± 23.3 minutes. La sphinctérotomie a été réalisée chez 30 malades soit 96.8% alors qu'une pré-coupe n'a été nécessaire que chez 2 patients (6.7%). Le cathétérisme accidentel du canal Wirsung a concerné 13 malades soit 52%. Le taux d'extraction des calculs était de 80.6 %. Les complications sont survenues chez 4 malades : 3 patients ont présenté une pancréatite aiguë (9.7%) et un seul malade a fait une hémorragie jugulée par compression pneumatique des berges.

En analyse uni variée (tableau 1), les facteurs associés à la survenue de complications sont : le nombre de passage dans le Wirsung ($p = 0,049$; OR=2.54 ; IC 95% [1.01-6.46]), la durée de la procédure ($p = 0.02$; OR=2.13 ; IC 95% [1.01-6.46]) et la prise des AINS avant le geste ($p = 0,013$; OR=0,07 ; IC 95% [0,03-0,85]). En analyse multi variée et en ajustant les facteurs étudiés : Seul le nombre de passage dans le Wirsung semble être associé à la survenue ou non de complications ($p = 0,04$; OR=1.7 ; IC 95% [0,9-2.3]) (tableau 2)

Tableau 1. Résultats de l'analyse uni variée

	OR	95% CI	P value
Age	0.95	0.28	[0.88-1.04]
Sexe			
M	1		
F	1.5	0.74	[0.13-6.7]
Atcds Pancréatite aiguë		3.04	0.90 [0.17-14.91]
Prise d'AINS	0.07	0.013	[1.01-6.46]
Durée procédure	2.13	0.02	[1.01-6.46]
Kt Wirsung	2.54	0.04	[1.01-6.46]
Précoupe	0.12	0.17	[0.01-2.45]

Tableau 2. Résultats de l'analyse multi variée

	OR	P value	95% CI
Age	0.95	0.28	[0.88-1.04]
Sexe			
M	1		
F	1.5	0.74	[0.13-6.7]
Atcda PA	3.04	0.90	[0.17-14.91]
Prise d'AINS	0.07	0.013	[1.01-6.46]
Durée procédure	2.13	0.02	[1.01-4.46]
Kt Wirsung	2.54	0.04	[1.01-6.46]
Précoupe	0.12	0.17	[0.01-2.45]

OR	P value	95% CI
0.3	0.72	[0.12-3.29]
1.9	0.2	[0.51-7.32]
1.7	0.04	[0.9-2.37]

P value < 0,05

4 DISCUSSION

La cholangio-pancréatographie rétrograde endoscopique (CPRE) a changé ces dernières années la prise en charge des pathologies du carrefour bilio-pancréatique. Cependant cet examen n'est pas anodin et comporte un risque opératoire non négligeable d'où l'importance de l'évaluation des complications précoces en vue de les prévenir [1-2].

Ses indications thérapeutiques dans la lithiase biliaire deviennent de mieux en mieux bien définies, elle est le traitement de choix de la lithiase de la voie biliaire principale (LVBP) chez les malades âgés et/ou à haut risque chirurgical, et chez les patients antérieurement cholecystectomisés, elle constitue également le geste minimal dans les situations d'urgence (angiocholite grave, pancréatite aiguë biliaire grave avec angiocholite).

Plusieurs facteurs influencent les résultats, dont l'expérience des endoscopistes, les techniques utilisées et d'autres facteurs.

Cependant, malgré les progrès de l'endoscopie thérapeutique, elle reste non dénuée de complications à court, à moyen et à long terme, ce qui impose un choix attentif et précis des indications, et un recul suffisant pour évaluer les complications à long terme [3].

Les principales complications de la SE sont, par ordre de fréquence, la pancréatite aiguë, l'hémorragie, l'infection, la perforation

La pancréatite aiguë est la complication la plus fréquente et la plus redoutée de par sa gravité potentielle. Son incidence pour des patients non sélectionnés est de 3.5 % et a été évaluée par une méta-analyse regroupant 21 études prospectives et plus de 16 000 patients [4]. La pancréatite aiguë post-cathétérisme est sévère dans 11 % des cas et le taux de mortalité est de 3%.

Les facteurs de risque de la pancréatite aiguë post-cathétérisme sont liés soit aux caractéristiques individuelles du patient soit à la procédure elle-même. Les principaux facteurs de risque ont été étudiés grâce à une méta-analyse et plusieurs études prospectives [5– 6]. L'identification des patients à risque est essentielle avant un cathétérisme rétrograde afin d'adapter l'information délivrée au patient, la prise de risque lors de la procédure et le traitement préventif de la pancréatite aiguë. Il s'agit des patients suspects d'être atteints d'un dysfonctionnement du sphincter d'oddi, des femmes, des patients jeunes, des patients qui ont déjà présenté une pancréatite aiguë post cathétérisme, des patients non porteurs d'une pancréatite chronique et des patients avec un taux de bilirubine normal.

Concernant la procédure elle-même les facteurs de risque établis paraissent sans surprise très en lien avec les difficultés du cathétérisme: temps de canulation supérieur à 10 minutes, injections multiples ou passage multiples du fil guide dans le canal pancréatique principal, sphinctérotomie pancréatique, dilatation du sphincter d'oddi, ampullectomie endoscopique et recours à une pré-coupe. La pré-coupe n'apparaît pas comme un facteur de risque indépendant mais est souvent décidée après l'échec de multiples tentatives de canulation qui augmentent le risque de pancréatite aiguë.

L'hémorragie est une complication de la sphinctérotomie endoscopique qui survient pour environ 1 % des procédures [4]. Ces hémorragies sont pour la plupart bénignes ou modérées, les formes sévères ne représentant que moins d'un cas pour mille. Les hémorragies peuvent être immédiates (très fréquemment constatées au moment de la sphinctérotomie mais rapidement résolutive pour la plupart) ou retardées parfois plusieurs jours après la procédure. Les hémorragies extradiigestives (hématome splénique ou hépatique, hémobilie) restent exceptionnelles.

Outre la réalisation d'une sphinctérotomie, les facteurs de risque en analyse multi variée sont l'existence d'une coagulopathie, une anticoagulation dans les 3 jours précédant le cathétérisme, l'angiocholite et la pré-coupe [7, 8]. Le respect des recommandations pour la gestion des anticoagulants et antiagrégants avant un cathétérisme paraît donc essentiel.

Dans une revue de littérature publiée en 2017 aux états unis dans le journal de Gastro-intestinal intervention, les facteurs de risque de complications retrouvées sont: [9]

- Facteurs liés au malade: âge < 50 ans; sexe féminin; suspicion de dysfonction du sphincter d'Oddi; antécédents de PA
- Facteurs liés à la procédure: cannulation difficile; injection involontaire du canal pancréatique; KT multiple du canal pancréatique; pré-coupe; ampullectomie;

Une étude récente de 2018 menée en Chine a propos de 1786 cas a trouvé que le cathétérisme du canal pancréatique est significative en analyse uni varié et multi varié ce qui concorde aux résultats de notre étude [10]

Une autre analyse prospective récente portugaise de David Perdigoto vient consolider ce constat [11].

5 CONCLUSION

La CPRE est le traitement de référence de la pathologie biliaire lithiasique. Selon les résultats de notre étude, seul le nombre de passage dans le canal de Wirsung semble être un facteur prédictif de survenue de complications notamment la pancréatite aigue

REFERENCES

- [1] HEYRIES L, BARTHET M, MIRANDA C, BERNARD JP, SAHEL J. Intubation pancréatique per endoscopique dans la pancréatite chronique calcifiante. *Gastroenterol Clin Biol* 1999; 23: 469-76.
- [2] SUC B, ESCAT J, CHERQUI D, FOURTANIER G, HAY JM, FINGERHUT A, ET AL. Surgery vs endoscopy as primary treatment in symptomatic patients with suspected common bile duct stones: a multicenter randomized trial. *French Associations for Surgical Research. Arch Surg* 1998; 133: 702-8.
- [3] René-Louis Vitte, Jean-Jacques Morfisse Evaluation of endoscopic retrograde cholangiopancreatography procedures performed in general hospitals in France.
- [4] *Gastroenterologie Clinique et biologique* 2007; 31: 740-749.
- [5] Andriulli A, Loperfido S, Napolitano G, Niro G, Valvano MR, Spirito F, et al. Incidence rates of post-ERCP complications: a systematic survey of prospective studies. *Am J Gastroenterol* 2007 Aug; 102 (8): 1781–8.
- [6] Masci E, Mariani A, Curioni S, Testoni PA. Risk factors for pancreatitis following endoscopic retrograde cholangiopancreatography: a meta-analysis. *Endoscopy* 2003 Oct; 35 (10): 830–4.
- [7] Freeman ML, DiSario JA, Nelson DB, Fennerty MB, Lee JG, Bjorkman DJ, et al. Risk factors for post-ERCP pancreatitis: a prospective, multicenter study. *Gastrointest Endosc.* 2001 Oct; 54 (4): 425–34.
- [8] Freeman ML, Nelson DB, Sherman S, Haber GB, Herman ME, Dorsher PJ, et al. Complications of endoscopic biliary sphincterotomy. *N Engl J Med* 1996 Sep 26; 335 (13): 909–18.
- [9] Williams EJ, Taylor S, Fairclough P, Hamlyn A, Logan RF, Martin D, et al. Risk factors for complication following ERCP; results of a large-scale, prospective multicenter study. *Endoscopy* 2007 Sep; 39 (9): 793–801.
- [10] Xiaoyu Kang1 & Liyue Zheng1 & Wei Zeng2,3 & Shengye Yang1 & Hao Sun4 & Rongchun Zhang1. Risk factors for post ERCP pancreatitis in high risk patients receiving post procedure rectal indomethacin.
- [11] Guo zhen li Fan wang, junfang huo long zha oiuzhao, Risk factors for post endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis evidence from 1786 cases.
- [12] David. N.Perdigoto, Dario Gomes, Nuno Almeida. Risk Factors for post endoscopic cholangiopancreatography pancreatitis in the indomethacin era, a prospective study.

Impact du transport routier sur le dépôt et le transfert du plomb et du zinc dans le sol sur la route Lubumbashi-Likasi (RD Congo)

[Impact of road transport on the deposit and transfer of lead and zinc in the soil on the Lubumbashi-Likasi road (DR Congo)]

Muyumba Nonga Welcome^{1,2}, Kalonda Mutombo Emery³, Mbayo Kitambala Marsi³, Kapasi Kambuyi Victor¹, Ilunga Banza Bienvenue³, Chipeng Kayemb François⁴, Lukumu Mulamba Emmanuel⁵, Tshibanda Kabumana Dieudonné⁶, Ngoy Kihuya Edouard¹, Muleka Kimpanga Célestin¹, and Lumbu Simbi Jean-baptiste³

¹Département de Chimie-physique, Section sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogie de Lubumbashi, 1825 Lubumbashi, RD Congo

²Département de Chimie Thérapeutique et Pharmacognosie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Mons, 7000 Mons, Belgium

³Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, 1825 Lubumbashi, RD Congo

⁴Département de Biologie-Chimie, Section sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, 1825 Lubumbashi, RD Congo

⁵Département de Chimie Industrielle, Faculté de Polytechnique, Université de Lubumbashi, 1825 Lubumbashi, RD Congo

⁶Département de Métallurgie, Faculté de Polytechnique, Université de Lubumbashi, 1825 Lubumbashi, RD Congo

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

ABSTRACT: This work was initiated in order to assess the content of trace metals (TM) from traffic and road infrastructure on a section of national No.1, one linking the cities of Lubumbashi and Likasi in Republic Democratic of Congo. To achieve this, samples of dust on the floor and soil near the road were taken at different depths at the site between the bifurcations of the airport road and Kasenga. Analyses focused on total levels of lead (Pb) and zinc (Zn). The dosage of TM was performed using an atomic absorption spectrometer and measurement pH of soil performed using a pH meter. The results obtained showed that the pH values found (between 5.82 to 7.68) allowed good adsorption and the Zn concentrations were higher than those of the Netherlands standard. However, these levels decreased away from the roadway. Similarly, depending on the depth, the Zn contents were 38.46% (5/13 results) higher than the value of the same standard. However, 38.46% of the values of Pb and 53.85 % Zn (7/13 results) values were higher than those of the standard agricultural soil set by France. These results support the hypothesis that the dust on the floor and close to soils are rich in TM because of contributions due to road traffic.

KEYWORDS: Road sector, trace metals, soil, traffic, dust, Lubumbashi.

RESUME: Le présent travail a été initié dans le but d'évaluer la teneur en éléments traces métalliques (ETM) issus du trafic et des infrastructures routiers sur un tronçon de la nationale n°1, celui reliant les villes de Lubumbashi et Likasi en RD Congo. Pour y parvenir, des échantillons de poussières sur la chaussée et de sols à proximité de la route ont été prélevés à différentes profondeurs au niveau du site compris entre les bifurcations de la route de l'aéroport et de Kasenga. Les analyses ont porté sur les teneurs totales en plomb (Pb) et zinc (Zn). Le dosage des ETM a été réalisé à l'aide d'un spectromètre d'absorption

atomique et les mesures de pH effectuées à l'aide d'un pH-mètre. Les résultats obtenus ont montré que les valeurs de pH trouvées (comprises entre 5,82-7,68) permettaient une bonne adsorption et que les teneurs en Zn étaient supérieures à celles de la norme fixée par le Pays-Bas. Cependant, ces teneurs diminuaient en s'éloignant de la chaussée. De même, en fonction de la profondeur, les teneurs de Zn sont à 38,46% (5/13 résultats) supérieures à la valeur de la même norme. En revanche, 38,46 % des valeurs de Pb et 53,85% (7/13 résultats) des valeurs de Zn étaient supérieures à celles de la norme des sols agricoles fixée par la France. Ces résultats corroborent l'hypothèse selon laquelle les poussières sur la chaussée et les sols à proximité immédiate sont riches en ETM à cause des apports dus au trafic routier.

MOTS-CLEFS: Domaine routier, éléments traces métalliques, trafic, poussière, Lubumbashi.

1 INTRODUCTION

Les sources d'émissions des Éléments Traces Métalliques (ETM) sont multiples. C'est le cas de l'industrie de chauffage, des pratiques agricoles, de trafic routier et des composts urbains et de l'altération de la roche mère. La circulation automobile et les infrastructures routières constituent aussi des sources d'ETM, mais la pollution par les ETM ne représente qu'une fraction de la pollution chronique provenant des véhicules en circulation et de l'usure des équipements de la route [1].

Plusieurs études expérimentales relatives à la détermination de la qualité des sols en bordure des chaussées [2], [3], [4], [1] et [5] ont montré la possibilité de dépôt et infiltration des ETM dans les sols en bordure des routes.

Dans la pratique, le sol naturel sous-jacent à la route est scalpé jusqu'à au moins 30 cm de profondeur avant d'être compacté [5]. L'émission de polluants à partir des sources potentielles en domaine routier est certaine et l'étude des phénomènes de transfert de dépôt des polluants métalliques issus du domaine routier dans les sols routiers dépend de types de polluants, de sources de pollutions, des sols et de l'écosystème. La présence des ETM en domaine routier ne devient une menace que lorsque le sol assure le support de transfert de vers les autres points de l'écosystème, sinon le sol est une barrière à la pollution de l'environnement en fixant les ETM vis-à-vis du flux polluant et en protégeant ainsi les eaux souterraines de la contamination [2], [3], [4], [1], [5].

La rétention des éléments traces métalliques par les sols dépend d'une part, de la nature des minéraux qui les composent et de leurs constituants organiques et d'autre part, de la nature du métal en solution, de la composition et du pH de la solution percolante [6], [7], [5]. Par ailleurs, l'efficacité à long terme de cette potentielle barrière chimique qui dépend de la stabilité de la rétention des ETM est contrôlée par différents mécanismes notamment l'adsorption, sur les surfaces actives des minéraux et sur les composés humiques (échange ionique, adsorption spécifique), la diffusion dans les structures minérales primaires et secondaires et la précipitation [8], [7], [5].

La province du Haut-Katanga étant une grande région minière de la RD Congo, ses voies de communication routière reliant les centres d'exploitation minière et les usines de concentration n'échappent pas à la contamination des ETM emportés par les vents, transportés par effet d'usure des épaves et pneus abandonnées et par ruissellement et infiltration à partir des sources minérales déversées accidentellement.

Voilà pourquoi il a été proposé d'évaluer le degré de pollution par les ETM le long de la chaussée reliant la ville de Lubumbashi aux centres d'exploitation minière de Likasi. Pour ce faire, le tronçon compris entre la route de l'aéroport et la route de Kasenga (tronçon ayant une forte densité de trafic) a servi de cadre de la présente étude visant à la fois l'identification de la nature et de la composition de ces ETM sur ce tronçon de la chaussée, la mesure de leur impact face aux pratiques agricoles et la mise en évidence de la qualité chimique des sols et poussières sur cette partie de la route nationale n°1. Pour l'évaluation de la qualité chimique des sols et des poussières, les teneurs en plomb et zinc ont été mises en jeu.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ORIGINE ET PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

Le sol concerné pour la réalisation de cette étude vient des proximités de la chaussée de la route de Likasi entre la bifurcation de la route de l'aéroport et celle de la route de Kasenga pendant la période allant du 03/08 au 31/08/2014. Nous avons réalisé notre échantillonnage pendant la saison sèche pour bien collecter les poussières. Il a été prélevé à vingt centimètres sous la surface topographique et à vingt-cinq mètres de la chaussée au maximum. Ce site a été choisi en s'appuyant

sur la concentration en plomb et en zinc généralement élevée dans les pneumatiques, les garnitures de frein et à l'échappement dans le domaine routier. A cette fin, à partir d'une analyse de la composition chimique du plomb et du zinc dans ce sol et par fraction granulaire, seule la fraction inférieure à 2000 μm du matériau a été utilisée pour atteindre le but.



Fig. 1. Localisation du site d'étude

2.2 SITE DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

La figure 2 ci-après indique les différents points de prélèvement des sols et des poussières sur le site d'étude. Cette figure symbolise notre site expérimental déjà décrit sur la figure 1.

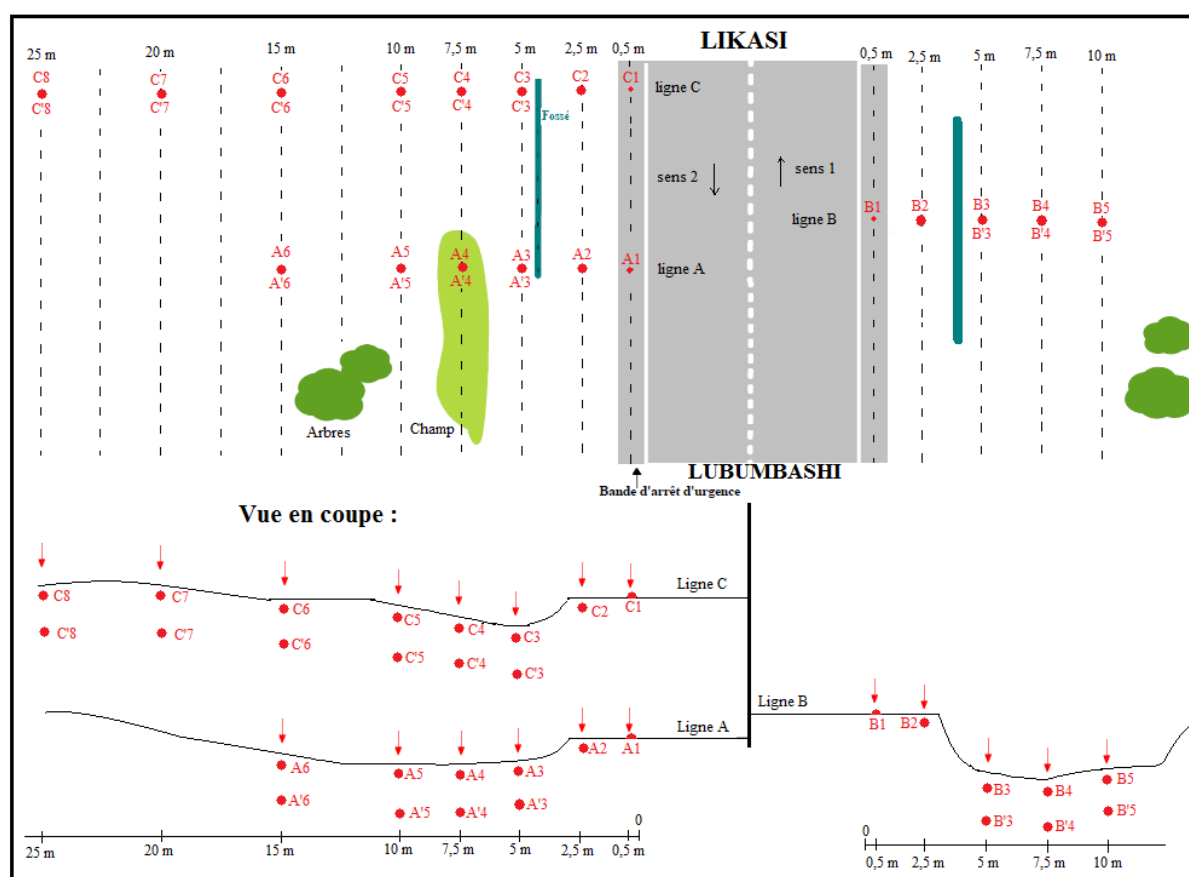


Fig. 2. Localisation des points de prélèvement des sols et des poussières sur le site d'étude

Long d'environ 775 mètres, le site d'étude concerné est l'un des tronçons au trafic automobile le plus intense sur la route Lubumbashi-Likasi, comparativement à d'autres tronçons, sur la même route. Sur la figure 2 ci-dessus sont représentés l'ensemble des points de prélèvements.

2.3 MODE DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Le plan d'échantillonnage est tracé en fixant des distances entre différents prélèvements, au niveau de la surface et en profondeur. Les échantillons des sols et des poussières ont été prélevés et stockés dans des sacs en polyéthylène. Dans le cas de la poussière, le prélèvement s'effectuait à 0,5 m de la chaussée sur la bande d'arrêt d'urgence. Dans celui des sols, il était nécessaire de se servir d'une truelle en acier inoxydable et d'une corde. Après prélèvements, les échantillons ont été d'abord séchés à l'air libre, puis à l'étuve à une température inférieure à 40°C [6] avant d'être tamisés à 2 mm, selon la norme NF ISO 11 464 de prétraitement des sols pour analyses physico-chimiques [9]. Il a été effectué deux séries principales de prélèvements: l'une en surface (0 – 2 cm), série S, et l'autre en profondeur (2 - 20 cm), série P. En allant vers Likasi, trois lignes ont été tracées de part et d'autre de la route, dont deux à gauche (A et C) et une à droite (B) sur lesquelles ont été effectués des prélèvements en surfaces (a, b, c) et en profondeur (a', b', c').

Tableau 1. Désignations des échantillons

Séries	Lignes	Distance de prélèvement par rapport à la route (m)							
		0,5	2,5	5	7,5	10	15	20	25
S	A	a1	a2	a3	a4	a5	a6	-	-
	B	b1	b2	b3	b4	b5	-	-	-
	C	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8
P	A'	-	-	a'3	a'4	a'5	a'6	-	-
	B'	-	-	b'3	b'4	b'5	-	-	-
	C'	-	-	c'3	c'4	c'5	c'6	c'7	c'8

Pour les deux séries, l'effectif total est de trente-deux échantillons. Une fois prélevés, les échantillons étaient déposés au laboratoire dans les 24 heures qui suivaient le prélèvement. Pour évaluer l'impact des épandages sur l'environnement, nous avons fait la comparaison des résultats trouvés aux normes sur le sol en bordure des routes et sur le sol des champs de culture.

2.4 CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX ET DES SOLUTIONS

La caractérisation de nos échantillons a consisté à déterminer la répartition des éléments suivant leur granulométrie, l'acidité, ainsi que la présence des ETM notamment le plomb et le zinc. Il a été aussi nécessaire de déterminer les paramètres physico-chimiques et chimiques de différents échantillons prélevés sur la route et à quelques mètres de part et d'autre en suivant les protocoles des sols normalisés par l'AFNOR (pH) tel que stipulent [3] et [4].

2.5 PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

Elle a consisté à faire le séchage, le tamisage pour éventuellement éliminer les graviers. Précédée du quartage en vue de reconstituer un échantillon représentatif du matériel initial, l'analyse granulométrique du sol jusqu'au diamètre de 63 μm a été faite en utilisant une série de tamis de coupures respectives de 2000 μm , 1000 μm , 125 μm , 90 μm et 63 μm .

2.6 CARACTÉRISATION GRANULOCHEMIQUE DES SOLS

L'analyse granulochimique des échantillons C3 et C'3 a été réalisée au moyen d'une série de tamis de coupures de 1000 μm , 125 μm , 90 μm et 63 μm . Sur toutes les fractions obtenues, les principaux éléments ont été analysés afin de déterminer la répartition dans les différentes tranches granulométriques.

2.7 DÉTERMINATION DE L'ACIDITÉ DES ÉCHANTILLONS

Les mesures de pH ont été effectuées selon la méthode d'AFNOR et selon la norme NF ISO 10390 à l'aide du pH-mètre de marque Consort C732 pour appréhender la mobilité et la biodisponibilité des ETM dans le sol étudié.

2.8 ANALYSES CHIMIQUES DES ÉCHANTILLONS

Pour le sol, après séchage à 40 °C, le tamisage et le quartage afin d'avoir des échantillons plus représentatifs; la mise en solution s'est faite par les acides chlorhydrique (HCl), perchlorique (HClO₄) et nitrique (HNO₃) (norme NF X 31-147) [10], [11]. Les matériaux ont été analysés par spectrométrie d'absorption atomique de marque Analytik Jena AG Win AAS Version 3.13.0. Les valeurs en plomb et en zinc trouvées ont été comparées à celles de référence (norme NF T90-119).

2.9 ÉVALUATION DE LA POLLUTION MÉTALLIQUE DES SOLS

Pour bien évaluer la pollution métallique du sol dans cette étude, il a été considéré les normes hollandaises des sols en domaine routier et française des sols agricoles étant donné que la RD Congo n'en dispose pas. La norme française a été extraite de l'Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles en application suivant le décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 et relativement à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées (Tableau 2).

Le sol a été caractérisé par des analyses granulochimiques après les prélèvements de pH sur les fractions inférieures à 2000 µm selon la norme NF ISO 10390. Puis les teneurs en plomb et zinc dans les échantillons ont été déterminées.

Tableau 2. Références de teneurs en Pb et Zn des sols

Sources	Plomb (mg.kg ⁻¹)	Zinc (mg.kg ⁻¹)
Valeurs limites caractéristiques des sols pollués en bordure des chaussées (Pays Bas)	530	720
Valeurs pour la norme des sols agricoles (France)	100	300

3 RÉSULTATS

Lors de la campagne d'Août 2014, trente-deux prélèvements, trois de poussières et vingt-neuf de sols, ont été réalisés. Les différents résultats obtenus sont comparés aux valeurs limites caractéristiques des sols pollués en bordure des chaussées (Pays Bas) et celles des sols agricoles (France).

Dans le tableau 3 sont repris les résultats relatifs au pH des échantillons des sols et des poussières. Les séries S et P se rapportent respectivement aux prélèvements des sols en couche de surface et de profondeur.

Tableau 3. Valeurs de pH des échantillons des sols (Séries S et P) et des poussières

Lignes	Séries	Distance de prélèvement par rapport à la route (m)							
		0,5	2,5	5	7,5	10	15	20	25
A	S	7,28	7,60	7,33	7,58	7,22	7,48	-	-
	P	-	-	7,55	7,47	7,05	6,83	-	-
B	S	7,27	7,32	7,34	7,38	7,18	-	-	-
	P	-	-	6,83	7,02	7,18	-	-	-
C	S	7,46	7,49	7,28	7,56	7,23	7,19	6,71	6,60
	P	-	-	7,41	7,46	6,28	6,12	5,84	5,82

Les valeurs de pH diminuent légèrement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'axe de la chaussée. La diminution du pH favorise l'état ionique du plomb jusqu'à pH 5,9 et celui du zinc jusqu'à pH 6,9 [4]. Les valeurs des pH dans l'ensemble sont légèrement basiques, dont 75 % des valeurs trouvées sont légèrement basiques et 25 % des valeurs légèrement acides.

Les teneurs en éléments traces métalliques à la surface des sols et des poussières sont repris dans le tableau 4.

Tableau 4. Teneurs en Pb et Zn (ppm) dans les sols de surface et dans les poussières

Lignes	ETM	Distance de prélèvement par rapport à la route (m)								Normes	
		0,5	2,5	5	7,5	10	15	20	25	Pays Bas	NSA*
A	Pb	329	234	143	147	100	69	-	-	530	100
	Zn	11752	4101	2209	1610	687	515	-	-	720	300
B	Pb	230	112	85	45	40	-	-	-	530	100
	Zn	3411	1910	721	210	148	-	-	-	720	300
C	Pb	367	195	152	152	142	103	53	48	530	100
	Zn	12301	4099	2198	1502	1300	843	280	144	720	300

* NSA: Normes Sols Agricoles (France)

Légende: valeurs en rouge excèdent celles de la norme hollandaise des sols en bordure des chaussées

En surface, les résultats du tableau 4 ont montré que les teneurs en Zn sont relativement élevées dans les poussières déposées sur la chaussée (12301 ppm). Les teneurs en Zn sont aussi plus fortes dans les deux premiers centimètres du sol de

surface à proximité immédiate de la chaussée (4101 ppm). Le Pb présente des teneurs faibles, mais relativement élevées pour un sol agricole. La variation des teneurs en ces éléments traces par rapport à l'éloignement à la route indique que plus on s'écarte de la route plus les teneurs en Pb et Zn diminuent.

Tableau 5. Teneurs en Pb et Zn (ppm) des sols de profondeur

Lignes	ETM	Distance de prélèvement par rapport à la route (m)								Normes	
		0,5	2,5	5	7,5	10	15	20	25	Pays-Bas	NSA*
A'	Pb	-	-	145	154	72	24	-	-	530	100
	Zn	-	-	1511	1409	581	207	-	-	720	300
B'	Pb	-	-	35	31	23	-	-	-	530	100
	Zn	-	-	189	163	94	-	-	-	720	300
C'	Pb	-	-	174	153	142	67	64	41	530	100
	Zn	-	-	1710	1409	1312	495	197	116	720	300

* NSA: Normes Sols Agricoles (France)

Légende: valeurs en rouge excèdent celles de la norme hollandaise des sols en bordure des chaussées

Par ailleurs, en profondeur, les teneurs en Zn sont également élevées (1710 ppm) sur la ligne C. Le Pb présente des teneurs faibles comparativement au Zn, mais tout de même supérieures à la norme agricole (tableau 5). Les teneurs diminuent au fur et à mesure qu'on s'écarte de la chaussée et les teneurs en profondeur sont inférieures à celles en surface.

En observant les deux profils analysés, les teneurs des ETM identifiés aux abords de la chaussée diminuant de plus en plus qu'on s'éloigne de la chaussée ou de plus en plus qu'on descend en profondeur indiquent que l'origine du Zn et du Pb est exogène. Les résultats de treize échantillons de sols sont repris dans le tableau 5.

Sur toutes les fractions obtenues, les principaux éléments ont été analysés afin de déterminer la répartition dans les différentes tranches granulométriques. Les résultats de ces analyses sont repris dans le tableau 6.

Tableau 6. Evolution de la teneur en Pb et Zn en fonction de la distribution granulométriques des échantillons c3 et c'3

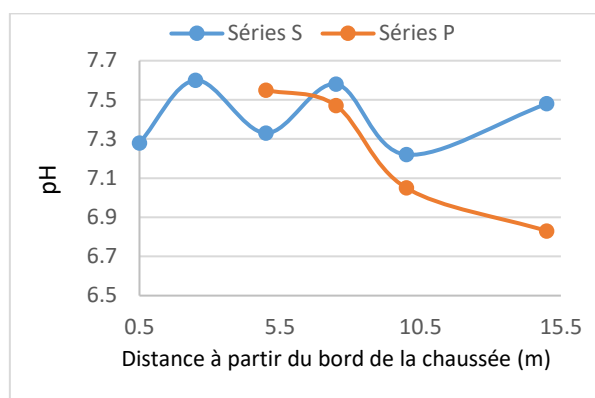
Tranches granulométriques (µm)	Fractions		Teneur en ETM (ppm)			
	Poids		Pb	Zn	Pb	Zn
	g	%	Série S (0-2 cm)		Série P (2-20 cm)	
1000	9,84	4,2	108	1411	107	1900
125	124,52	53,0	117	1910	115	2008
90	6,54	2,8	131	2012	185	2201
63	94,25	40,0	169	3100	190	2400
Total	235,15	100				

Légende: valeurs en rouge excèdent celles de la norme hollandaise des sols en bordure des chaussées

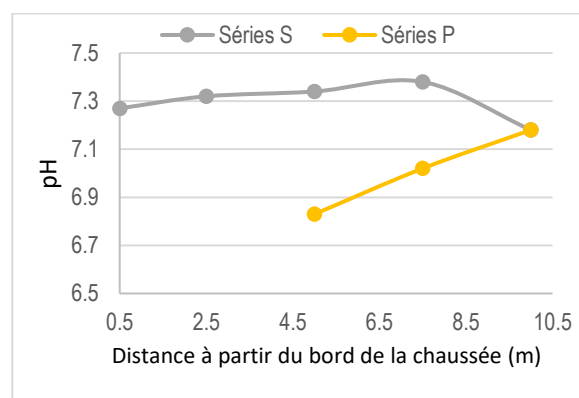
Les résultats (tableau 6) montrent que les concentrations varient selon les mailles. Comme pour les autres résultats, le zinc s'est révélé l'élément le plus abondant sur toutes les coupures de classification granulométrique en surface et en profondeur.

4 DISCUSSION

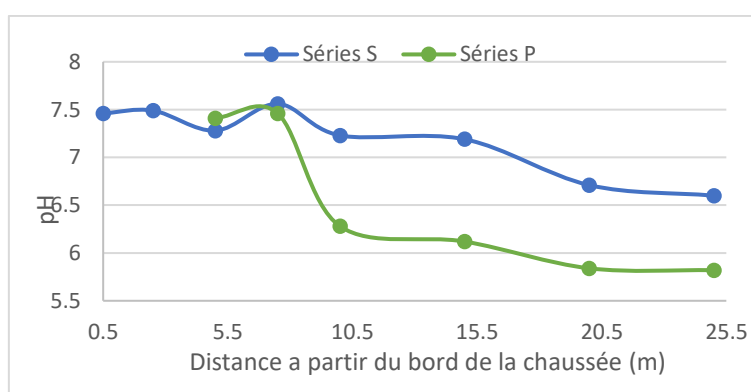
La variation du pH est le paramètre qui modifie facilement le comportement des éléments traces métalliques entre autre la mobilité et la biodisponibilité [12], [4]. Or, les sols analysés ont des valeurs comprises entre 5,82-7,68 avec 75 % des valeurs de pH légèrement basiques et 25 % des valeurs de pH légèrement acides, pour l'ensemble des sols et poussières. Les valeurs de pH en surface sont en général supérieures à celles en profondeur respectivement à 83,33 et 16,67% comme nous montre la figure 3 ci-dessous.



Sol sur la ligne A du côté gauche sur la route vers Likasi



Sol sur la ligne B du côté droit sur la route vers Likasi



Sol sur la ligne C du côté gauche sur la route vers Likasi

Légende: S: Sol de surface; P: sol de profondeur

Fig. 3. Evolution du pH des sols aux bords et des poussières déposées sur la route Lubumbashi-Likasi

La majorité des valeurs de pH trouvées (supérieures à 7,2), montrent d'après [7] que le Zn se trouve en grande quantité sous la forme d'hydrozincite ($\text{Zn}_5(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_2$) et en petite quantité sous forme de Zn^{2+} . Dans la même gamme, le Pb se trouve en grande quantité sous la forme $\text{Pb}(\text{OH})_2$ et en très petite quantité sous la forme Pb^{2+} [4], [7]. En effet, il existe, selon le métal considéré, un pH en dessous duquel les métaux sont brusquement relargués; ce qui entraîne leur mobilisation et leur biodisponibilité [12], [4]. Ce pH est de l'ordre de 4 pour le Pb et de 5,5 pour le Zn [13].

Le Zn, aux pH basiques, peut précipiter comme hydrozincite ($\text{Zn}_5(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_2$) entre les valeurs de pH 7,2 et pH 10 ou comme hydroxyde Zn ($\text{Zn}(\text{OH})_2$) au-delà du pH 10 [7]. Dans ce travail, les résultats des pH n'ont pas atteint des valeurs de plus de 10 pour nous permettre de déterminer le complexe Zn ($\text{OH})_2$ pouvant se former à 25°C. Les teneurs en Zn dans les sols sont presque partout supérieures à celles de la norme. Ce métal connaît une bonne adsorption, par chimisorption, lorsque les pH des sols varient entre 6 et 10 [14], [10], [15], c'est qui est le cas dans ce travail. Ceci favorise la migration de ce métal dans ces sols à texture essentiellement limono-argilo sableuse [10].

Des sols à pH inférieurs 6,8 tels que le montrent les échantillons C7, C8, C'5, C'6, C'7, C'8 dans ce travail, constituent une phase qui, avec la solubilité de l'hydrozincite vont contrôler l'équilibre du pH, par le sol [16], [17], [4], [7].

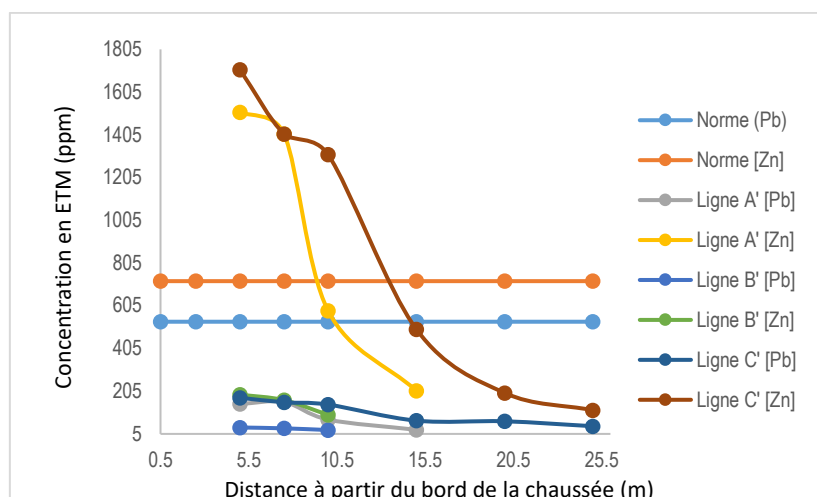


Fig. 4. Evolution de la concentration en ETM en s'éloignant de la distance en profondeur

Pour les sols de surface en bordure de la route de Likasi et les poussières sur la même route, l'analyse des résultats (tableau 4) montrent que pour les 19 échantillons étudiés, les teneurs en Zn sont à environ 68,42 % supérieures à la norme fixée par le Pays-Bas (720 ppm), alors qu'il apparaît clairement qu'aucune concentration de Pb n'excède cette de la norme (530 ppm) tout en ayant la concentration la plus élevée de 367ppm. Les teneurs en éléments traces métalliques (tableau 4) diminuent en s'éloignant de la chaussée, ce qui expliquerait l'apport du trafic d'automobiles: c'est qui corrobore les études antérieures qui ont signifiées que le trafic routier pollue généralement les sols à proximité immédiate des chaussées [5].

Sur toutes les lignes de prélèvement en surface, les concentrations du Zn excèdent à 100 % la norme (Pays Bas) jusqu'à 5 m, alors on peut dire sans aucun doute que le zinc provenant du trafic routier pollue d'une façon constante ce sol jusqu'à cette distance.

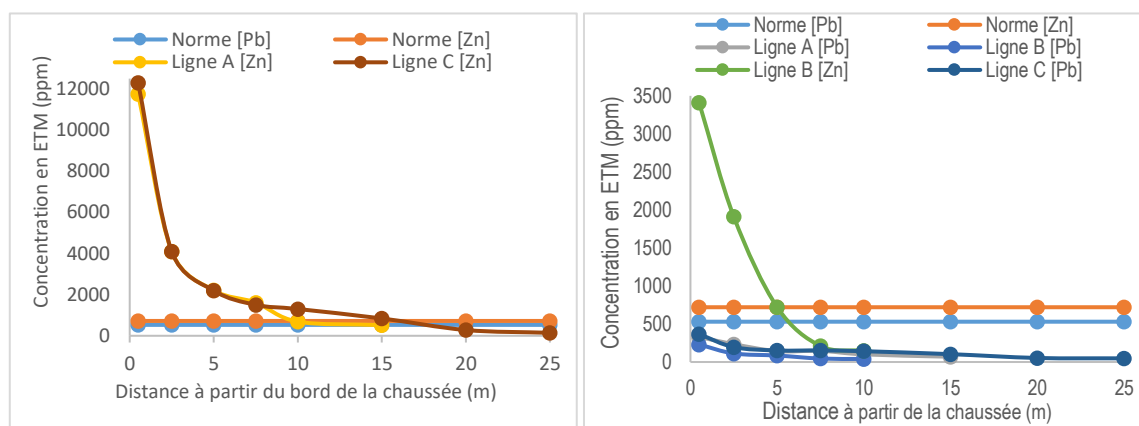


Fig. 5. Evolution de la concentration en ETM en s'éloignant de la distance en surface

La teneur du zinc dans les échantillons analysés corrobore les résultats de [4]. En effet, dans ses recherches, elle avait trouvé que les sols en bordure de la route nationale 12 à proximité de la ville de Houdan à environ 50 kilomètres de Paris contenaient le zinc à des concentrations de 2580 ± 150 ppm, valeurs plus élevées que la norme néerlandaise de 720 ppm.

Comme les vents dominants soufflent de l'Est vers l'Ouest et du sud-est vers le Nord pendant la plus grande partie de l'année, principalement en saison sèche [18], cela explique le fait que les éléments traces métalliques polluent à l'Ouest jusqu'aux environs de 15 m sur la ligne C comparativement à l'Est jusqu'à 5 m sur la ligne B de la chaussée.

Les concentrations du Zn sont largement élevées comparativement à celles du Pb, cela peut être dû au fait que le Zn a plusieurs sources en domaine routier (les pneus, les glissières de sécurité, ...). Les teneurs en ETM (tableau 4) montrent

également que les concentrations en Pb et en Zn sont respectivement à 53,85 % et à 69,23% supérieures aux valeurs de la norme de sols agricoles fixées à 100 ppm et 300 ppm respectivement pour le plomb et le zinc, ce qui ne donne pas une bonne qualification agricole à ce sol.

Il apparaît nettement qu'en profondeur, c'est-à-dire entre 2-20 cm (tableau 5) que les teneurs en Zn sont à 38,46 % supérieures à la valeur de la norme (Pays Bas) fixée à 720 ppm, alors que celle en Pb sont toutes inférieures à celle de la norme fixée à 530 ppm. En plus, 38,46 % des valeurs de Pb et 53,85 % des valeurs de Zn sont supérieures à celles de la norme des sols agricoles. En analysant le tableau 5, les concentrations du Pb et du Zn en profondeur diminuent horizontalement et verticalement partant de la source de pollution (la chaussée).

L'étude de la spéciation des polluants métalliques apporte des informations sur leurs interactions avec la phase solide et sur leurs forces de liaison avec cette dernière, donc sur leur mobilité. Le danger potentiel pour l'environnement étant directement lié à la mobilité et à la biodisponibilité des éléments polluants, il est conditionné par la nature des phases solides auxquelles ils sont associés [4].

L'adsorption des cations métalliques peut se présenter sous deux formes [19], la première correspond à des interactions de type ionique, dans lesquelles les cations jouent le rôle d'ions compensateurs dans la couche diffuse (adsorption non spécifique); la deuxième correspond à la formation de complexes métalliques de surface par la mise en jeu de liaisons covalentes entre le métal et certaines espèces (adsorption spécifique). Les différentes corrélations observées d'une part, entre les ETM, l'acidité et la basicité du sol, autorisent à ranger les résultats obtenus dans ces deux cas.

Les teneurs trouvées lors de l'analyse granulochimique (tableau 6) des échantillons C3 et C'3, montrent que les sols en surface (0-20 cm) tout comme en profondeur (2-20 cm) présentent 42,86 % des particules de dimension inférieure à 125 µm et 95,81 % des particules de dimensions inférieures à 1000 µm. Les teneurs en Pb et en Zn augmentent en fonction de la diminution des mailles des tamis. En effet, la taille des particules a une influence sur de nombreuses caractéristiques du sol (surface spécifique, perméabilité, ...) et donc sur le comportement des polluants par les phénomènes d'infiltration et de rétention des ETM [4].

La mobilisation du Pb et du Zn contenus dans ces matrices solides peut varier selon les variations des conditions physico-chimiques dans le milieu routier, comme une acidification du milieu lors des pluies acides ou le déversement accidentel de produits chimiques complexant [4].

5 CONCLUSION

Les résultats obtenus dans ce travail permettent de procéder à une évaluation de la pollution métallique des sols et des poussières sur un tronçon de la route Lubumbashi-Likasi. Ces résultats montrent que les concentrations en plomb et zinc dans les poussières tout comme dans les sols à proximité immédiate de la chaussée sont largement élevées par rapport à celles des normes fixées par le Pays-Bas pour les sols en domaine routier.

Les sols au-delà de 5 m, considérés comme sols agricoles sur cette contiennent également des concentrations élevées comparativement à celles de la norme fixée par la France pour les sols agricoles. Dans la majorité des échantillons, le pH étant majoritairement basique, il faut craindre une remobilisation des métaux lors des changements physico-chimiques. Ces résultats peuvent servir de base aux politiques environnementales nationales et autres qui visent à protéger le compartiment "sol" de l'environnement qui, suite aux changements brusques pourrait servir de vecteur des ETM dans la nappe phréatique.

Les concentrations élevées sur le site étudié, montre que le plomb et le zinc déposés à proximité immédiate de cette route peut avoir un impact sur les cultures alors, il serait judicieux d'éloigner les cultures au-delà de 25m de la chaussée de la route Lubumbashi-Likasi.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les personnels du laboratoire d'accueil l'Ingénieur Longwa Ngoy, technicien en Chef de notre laboratoire d'accueil, pour ses compléments d'information, pour les multiples services qu'il nous a rendus durant nos quatre semaines d'analyse.

REFERENCES

- [1] J. Carsignol et L. Calovi, "La pollution des sols et des végétaux à proximité des routes - Les éléments traces métalliques (ETM)," Note d'information du Sétra, Série Écon. Environ. Concept, 73, pp. 1-12, 2004.
- [2] C. Dierke and W. F. Geiger, "Pollution retention capabilities of roadside soils," *Water Science Technologie*, vol. 39, pp. 201-208, 1999.
- [3] C. Pagotto, "Etude sur l'émission et le transfert dans les eaux et les sols des éléments traces métalliques et des hydrocarbures en domaine routier," Thèse de doctorat, Université de Poitiers, pp. 115-139, 220-234, 1999.
- [4] G. C. Delmas, "Influence des conditions physico-chimiques sur la mobilité du plomb et du zinc dans le sol et un sédiment en domaine routier," Thèse de doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour, pp. 21-39, 68-78, 157-160, 2000.
- [5] D. François et M. Bouvet, "Transfert et spéciation de plomb et zinc issus de mâchefers d'incinération d'ordures ménagères dans un sol routier calcique," *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, pp. 51-63, 2009.
- [6] D. Baize, "Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France)," Edition INRA, pp. 258-260, 1997.
- [7] P. Hlavackova, "Evaluation du comportement du cuivre et du zinc dans une matrice de type sol à l'aide de différentes méthodologies," Thèse de doctorat, Science et Techniques du Déchet, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, pp. 57-70, 2005.
- [8] G. Sposito, "The chemistry of soil: New York," Oxford University Press Inc., pp. 159-160, 1989.
- [9] AFNOR, "Qualité des sols" Edition AFNOR, pp. 408-412, 1999.
- [10] R. Jeannot, B. Lemièrre, S. Chiron, F. Augustin et D. Darmendrail, "Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués," Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement de l'Etat Français, Edition BRGM, Document publique, pp. 19-21, 2001.
- [11] H. Ciesielski, A. Guérin-Lebourg, et N. Proix, "Effets du pH sur l'extraction des éléments traces métalliques dans les sols," *Etude et Gestion des Sols*, vol. 14, no. 1, pp. 7-30, 2007.
- [12] I. Martinelli, "Infiltration des eaux de ruissellement pluvial et transfert de polluants associés dans le sol urbain vers une approche globale et pluridisciplinaire," Thèse de doctorat, Spécialité Conception en bâtiment et techniques urbaines, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, pp. 158-163, 1999.
- [13] N. Touré, A. Yao-Kouamé, K. A. Alui, et T. P. Guety, "Evaluation en éléments majeurs et traces métalliques d'un environnement de production agricole dans la vallée du Niéki au Sud-Est de la Côte d'Ivoire," *Journal of Applied Biosciences*, 34, pp. 2134-2144, 2010.
- [14] A. Pichard, M. Bisson, R. Diderich, N. Houeix, C. Hulot, G. J. P. Lacroix, S. Lefevre, H. Leveque, A. Magaud, et G. Morin, "Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques: Zinc et ses dérivés," INERIS-DRC-01-25590-ETSC-API/SD, N°00df259, pp. 36-38, 2003.
- [15] N. W. Muyumba, K. V. Kapasi, M. E. Kalonda, K. M. Mbayo, T. P. Tshisand, K. F. Chipeng, K. E. Ngoy, and S. J-B Lumbu, "Contribution of trace metals in water from the underground mining of Kipushi in Kafubu river (DR Congo)," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 15, no. 4, pp. 864-871, 2016.
- [16] J. T. F. Ashley, "Adsorption of Cu (II) and Zn (II) by estuarine, Riverine and terrestrial humic acids," *Chemosphere*, vol. 33, no. 11, pp. 2175-2187, 1996.
- [17] M. El Zahaby, "Contribution à la définition d'une norme des sites pollués: Elaboration d'une méthodologie pour l'évaluation de la contamination d'un sol par les éléments traces," Thèse de doctorat, Institut National de Polytechnique de Lyon, p. 85, 1998.
- [18] I. Vranken, "Pollution et contamination des sols aux métaux lourds dues à l'industrie métallurgique à Lubumbashi: Empreinte écologique, impact paysager, pistes de gestion," Mémoire de Master inédit, Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire, Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, p. 3, 2010.
- [19] R. Calvet et J. J. Msaky, "Facteurs influençant la détermination expérimentale des quantités de cations métalliques traces adsorbées par un matériau," *Science du Sol*, vol. 28, no. 1, pp. 1-14, 1990.

Qualité bactériologique des eaux du bassin versant de l’oued Inaouene en amont du barrage Idriss I^{er} (NE du Maroc)

[Bacteriological quality of the waters of the Oued Inaouene watershed upstream of the Idriss Ist dam (NE of Morocco)]

Mohamed Ben Abbou¹, Loubna Bougarne¹, and Mounia El Haji²

¹Laboratoire des ressources naturelles et environnement, Faculté Polydisciplinaire de Taza, Morocco

²Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique (ENSEM), Université Hassan II, Casablanca, Morocco

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

ABSTRACT: This present study was conducted during the period 2010-2012. The scope of this study was the characterization of the biological of surface quality in the Inaouen catchment. Also, we focused on the identification of any existing pollutants into its waters and their origins. For this, we have, on the one hand, the study area bounded to 26 stations for surface water and directed the spatio-temporal monitoring of bacteriological for two years (November 2010 - October 2012). The analysis results revealed a spatio-temporal difference between the two sides of Inaouen watershed, following the intervention of natural and anthropogenic factors. Over time, the waters of the Oued Inaouen enrich gradually with fecal contamination tests germs. This state of pollution is greater downstream in the stations that receive more releases. This is most often related to untreated domestic and industrial waters (especially liquid olive mill wastes OMW) discharged into rivers, and agricultural runoff which is a result of fertilizer use especially in summer and autumn. Besides the germs tests of faecal contamination. This pollution effect is greater in downstream stations that receive more releases. In addition to this fact, the climatic conditions of the region are characterized by very low flows wadis in upstream during the summer season.

KEYWORDS: Oued Watershed of Inaouen, surface water, microbiological quality, faecal contamination, spatio-temporal.

RESUME: Le présent travail, est le fruit d’une étude qui s’est étalée sur la période 2010–2012, dont l’objectif est de déterminer la qualité microbiologique des eaux de surface du bassin versant de l’Oued Inaouen, d’identifier les éventuels polluants existants dans ces eaux et leurs origines. Pour cela, nous avons, d’une part, délimité la zone d’étude à 26 stations pour les eaux de surface et réalisé le suivi spatio-temporel des paramètres bactériologiques pendant deux ans (Novembre 2010 - Octobre 2012). Les résultats des analyses ont fait ressortir une différenciation spatio-temporelle, le long du bassin versant de l’Oued Inaouen, à la suite d’intervention des facteurs naturels et anthropiques. Au fil du temps, les eaux de surface de l’Oued Inaouen s’enrichissent progressivement en germes tests de contamination fécale. Cet état de pollution est plus marqué en aval, dans les stations qui reçoivent plus de rejets. A cela se sont ajoutées les conditions climatiques de la région, qui se caractérisent par des débits des Oueds en amont très faibles à sec durant la saison d’été. L’origine de cette pollution est liée aux rejets ménagers et industriels (surtout les margines) déversés sans traitement dans les cours d’eau, et au lessivage des terres agricoles, à la suite de l’utilisation des engrais, avec un enrichissement d’autant plus important en été et en automne.

MOTS-CLEFS: Bassin versant d’Inaouen, Eaux de surface, qualité microbiologique, contamination fécale, spatio-temporelle.

1 INTRODUCTION

L'eau et la protection de l'environnement sont devenues actuellement deux préoccupations majeures pour tous les pays du monde, car l'eau représente un facteur primordial pour le développement durable. Actuellement, de nombreux pays connaissent des problèmes de pénurie en eau. Au Maroc, les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique du pays [1] et représentent une ressource vitale pour l'économie nationale par leur utilisation dans l'industrie, l'agriculture et l'alimentation en eau potable.

Les paramètres bactériologiques basés sur des descripteurs conventionnels de la qualité de l'eau [2] qui ont pour objectif de déterminer la présence dans l'eau des bactéries d'origine fécale (*E.coli*...) dont la présence indique non seulement une contamination par les matières fécales mais aussi la présence probable des microorganismes pathogènes [3].

De nombreuses bactéries pathogènes peuvent se trouver dans l'eau par souillure de cette dernière par des excréments animaux et humains ou par des eaux d'égouts. Le métabolisme de ces micro-organismes unicellulaires est étroitement lié au milieu ambiant (sels nutritifs, énergie, oxygène, température...). Les modifications introduites par l'Homme dans l'environnement des Oueds sont à l'origine de la présence des microorganismes indésirables au niveau des zones urbaines et rurales.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude, se limite au bassin versant de l'Oued Inaouen en amont du barrage Idriss I^{er} dont la superficie totale mesurée est de l'ordre de 3396 km² (Figure 1.1). Il constitue 8,3% du bassin de Sebou en amont du barrage Idriss I^{er}. Il se limite à l'Est par le bassin versant de la moyenne Mouloya, au Nord-Ouest par celui du haut Ouergha et au Sud par celui du haut Sebou. Ce bassin draine principalement des formations marneuses du relief Pré-rifain au niveau de la rive droite, alors qu'au niveau de la rive gauche, il draine principalement les formations carbonatées du Causse moyen atlasique.

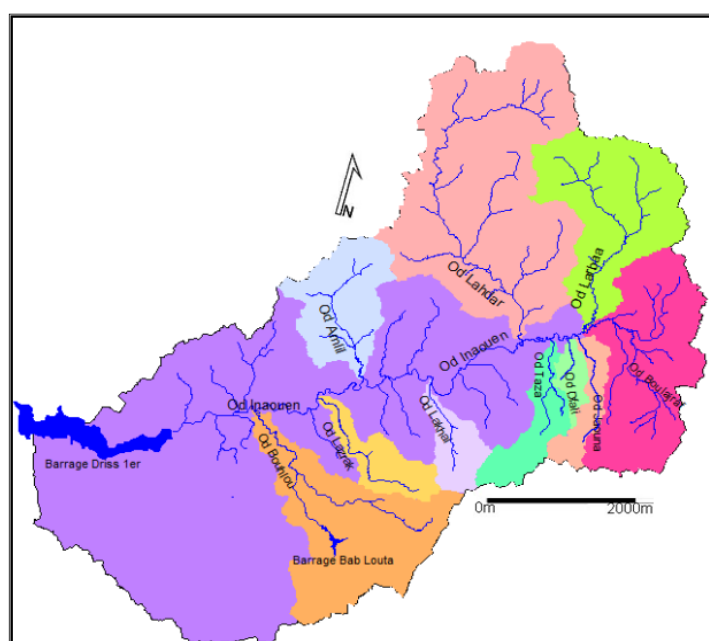


Fig. 1. Réseau hydrographique du sous bassin versant de l'Oued Inaouen

L'Oued Inaouen reçoit sur sa rive droite les débits des Oueds; Larbaa, Lahdar et Amlil. Ces affluents recueillent les ruissellements des collines pré-rifaines. Sur sa rive gauche, l'Oued Inaouen reçoit des affluents alimentés, en partie, par le massif primaire de Tazekka et par les calcaires du Moyen Atlas souvent karstiques dans cette région: Zerg, Bouhlou, Matmata et Bouzemlane.

La ville de Taza dispose de 52 rejets d'eaux usées répartis comme l'indique le tableau 1.6. La quantité des eaux usées rejetée dans les cours d'eau pourrait atteindre 5. 000. 000 m³/an [4]. Ce débit est en augmentation d'une année à une autre vu l'augmentation de la population de la ville de Taza [5].

Tableau 1. *Quantité des eaux usées rejetée dans les cours d'eau au niveau de la Province de Taza [4]*

Ville/Centre	Volume des eaux usées rejeté (m ³ /an)	Lieu de rejet
Taza	3.800.000	Oued Inaouen
Tahla	500.000	Oued Inaouen
Oued Amlil	200.000	Oued Inaouen
Zrarda	40.000	Oued Boukhaled – Inaouen
Oulad Zbair	60.000	Oued Inaouen
Taineste	15.000	Oued Lahdar– Inaouen
Matmata	35.000	Oued Inaouen
Total	4.650.000	

3 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Pour un échantillonnage plus représentatif des cours d'eau, nous avons retenu vingt six stations dans le bassin versant d'Inaouen. Six stations sur le lit de l'Oued Inaouen (O13, O14, O17, O18, O21 et O26) et vingt stations en aval des affluents de l'Oued Inaouen qui traversent la ville de Taza et les centres urbains et ruraux de cette dernière (O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8, O9, O10, O11, O12, O15, O16, O19, O20, O22, O23 O24 et O25) (1).

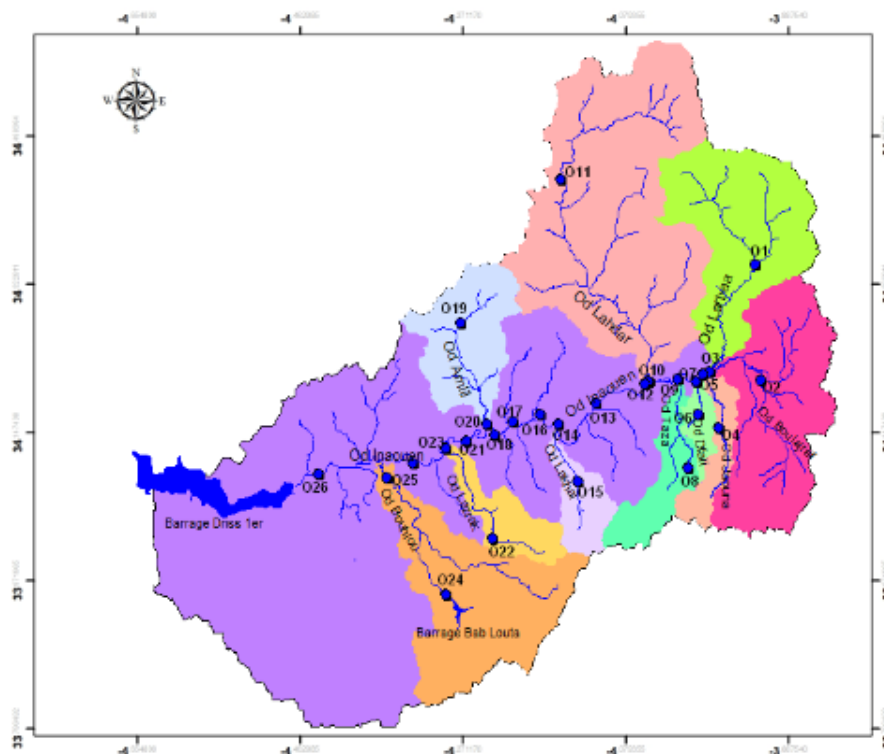


Fig. 2. *Situation des stations au niveau du bassin versant de l'Oued Inaouen*

La période des prélèvements s'est étalée sur deux années: Du mois de Novembre 2010 jusqu'au mois d'Octobre 2012 avec une fréquence mensuelle pour l'année 2010-2011 et une saisonnière pour l'année 2011-2012. Il s'agissait, donc, de 16 échantillons pour chaque station.

3.1 ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Les échantillons d'eau sont prélevés soigneusement dans des flacons stériles de 500 ml en verre à bouchon rodé. Ces prélèvements sont effectués aseptiquement avec un chalumeau à gaz portatif et en laissant dans le flacon un espace d'air (2/3) afin de faciliter la remise en suspension des microorganismes par agitation avant l'ensemencement dans les milieux de culture appropriés [6, 7, 8].

Les prélèvements sont acheminés au laboratoire dans une glacière à une température $\pm 4^{\circ}\text{C}$ afin d'effectuer des analyses bactériologiques, et ceci selon des Normes Marocaines (NM) appropriées (Tableau 2).

L'étude des paramètres bactériologiques a porté sur la quantification des paramètres d'origine fécale: coliformes fécaux (CF), coliformes totaux (CT) et streptocoques fécaux (SF). Le dénombrement des CF, CT et SF a été effectué selon la méthode indirecte de fermentation en tube multiple dans un bouillon lactosé; le nombre a été ensuite déduit statistiquement suivant la méthode du nombre le plus probable [9].

Tableau 2. Méthodes d'analyses des différents paramètres bactériologiques

Germes	Milieux utilisés	Température et temps d'incubation	Référence
CT (Coliformes)	Bouillon Lauryl sulfate de tryptose;	37°C + 1 °C/48H	NM 03.7.060 (2012)
	Bouillon lactosé bilié au vert brillant		
CF (Escherichia coli)	Bouillon Lauryl sulfate de tryptose;	37°C + 1 °C/48H;	NM 03.7.060 (2012)
	EC medium	44°C + 0.5 °C/24H	
SF (Entérocoques intestinaux)	Bouillon glucosé à l'azoture;	37°C + 1 °C/48H; 44°C $\pm$ 0.5 °C / 48H	NM 03.7.252 (2012)
	gélose biliée à l'esculine et à l'azoture (BEA)		

4 RESULTANTS ET DISCUSSIONS

La variabilité de la charge bactérienne dans les eaux prélevées a été étudiée selon la variation spatio-temporelle.

4.1 COLIFORMES TOTAUX (CT)

L'évolution temporelle des Coliformes Totaux le long de l'Oued montre des fluctuations durant les deux années d'étude. Les Coliformes Totaux présentent des teneurs élevées en été et en automne, principalement dans les stations situées dans la ville de Taza et les centres ruraux. La période d'hiver est caractérisée par la chute des charges de ces germes, cette diminution est suivie d'une élévation au printemps.

La comparaison des charges moyennes en CT dévoile l'existence d'un gradient croissant de l'amont (sec en O1) vers l'aval (2900 N/100 mL en O26) avec des valeurs maximales au niveau des agglomérations. En enregistrant des valeurs de 1,1 109 N/100 mL en amont et 44100 N/100 mL en aval pour l'année 2011-2012 contre 107,25 N/100 mL en O1 en amont et 1335 N/100 mL en O26 en aval pour l'année 2010-2011.

L'augmentation de la concentration bactérienne pourrait être le résultat de l'augmentation de la température qui provoque la croissance et la multiplication des CT, à l'inverse du froid qui inhibe la prolifération bactérienne. La période d'hiver est caractérisée par une augmentation accidentelle des bactéries dans l'eau. En fait, le lessivage des sols par les eaux de ruissellement peut être une raison principale pour la mobilisation des biomasses des sols [10] durant les prélèvements de la saison humide.

La variation spatiale des CT (et 4), a montré l'existence d'un gradient croissant amont-aval. Le nombre des Coliformes Totaux durant la période 2011-2012 a été multiplié par un coefficient égal à 2 par rapport à la période 2010-2011.

Une chute des charges des Coliformes Totaux est notée dans les stations O1 et O12 situées respectivement en amont de l'Oued Larbaa et en aval de l'Oued Lahder. Ces stations étant loin des agglomérations, la contamination bactérienne, ce qui pourrait être lié à l'apport en matière organique et à l'apport des bactéries du sol ou à l'utilisation du fumier sur les terres agricoles au niveau de ces points.

Les écarts types présentent des valeurs importantes au cours de la période 2010-2011, au niveau des stations O5, O7, O10, O13 et O18, ce qui est due vraisemblablement aux variations alternatives saisonnières, par la sécheresse observée durant cette période, en amont des cours d'eau. En outre, ces stations constituent le réservoir des déchets de la population de la ville de Taza et des centres ruraux. Ces écarts types restent presque les mêmes durant la période 2011-2012.

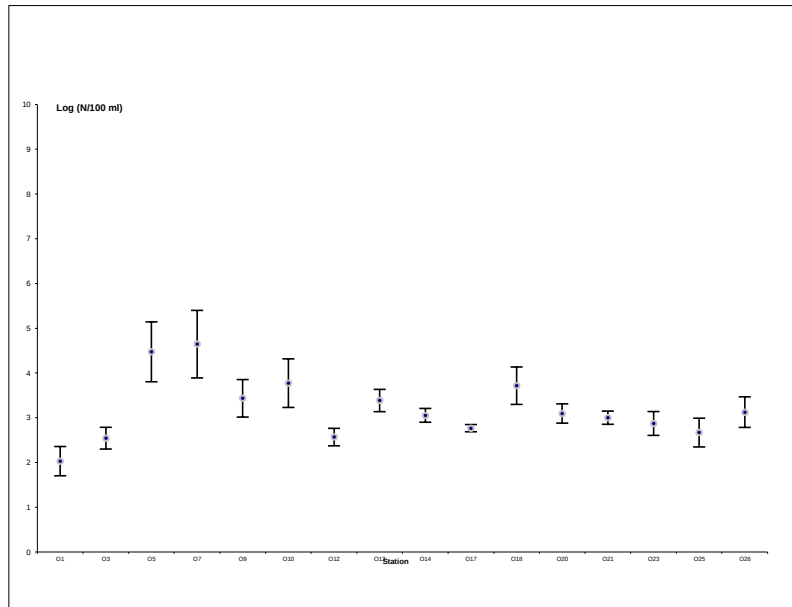


Fig. 3. Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des Coliformes Totaux (N / 100 mL) dans les eaux analysées durant la période 2010 – 2011

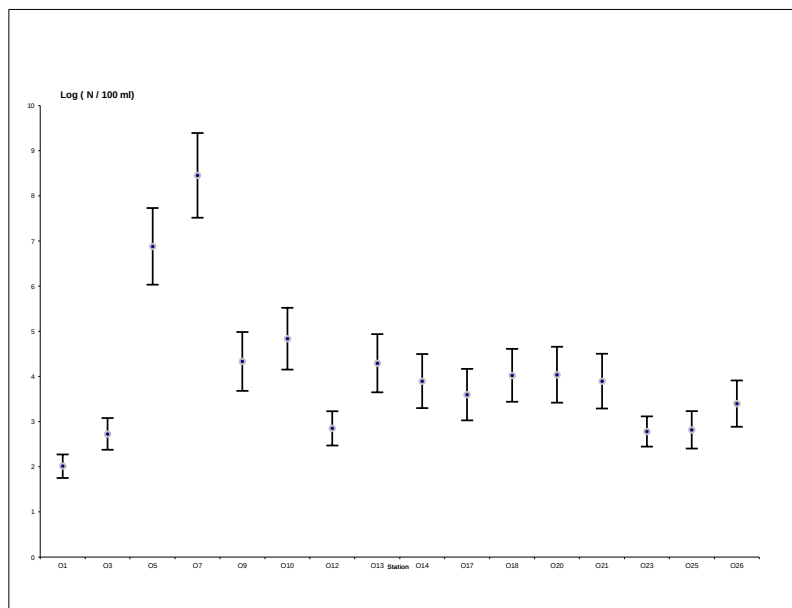


Fig. 4. Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des Coliformes Totaux (N / 100 mL) dans les eaux analysées durant la période 2011-2012

4.2 COLIFORMES FÉCAUX

L'évolution temporelle de la teneur en Coliformes Fécaux est peu différente de celle des Coliformes totaux. Les teneurs en Coliformes Fécaux varient entre 0 et 2900 N / 100 mL. Les résultats obtenus montrent une augmentation du nombre de Coliformes Fécaux durant la période 2011-2012 en enregistrant des valeurs multipliées par un coefficient égale à 2 par rapport

à celles enregistrées au cours de la période 2010-2011. Les teneurs sont plus élevées en été et en automne, elles diminuent en mois Janvier- Février et augmentent en automne spécialement pendant le mois de Novembre, puis chutent progressivement au cours de la période de l'hiver et du printemps.

L'évolution spatiale des CF (Figures 5 et 6), a montré l'existence d'un gradient croissant de l'amont vers l'aval.

Durant la période 2010-2011, les écarts types témoignent d'une variation saisonnière importante dans les stations O5, O17, O21 et O22. Par contre, la période 2011-2012, est caractérisée par des variations saisonnières, comme le montrent les écarts types calculés, importantes pour la station O5. Le déclin observé dans les stations O12, O25 peut s'expliquer de la même manière que celui des Coliformes totaux.

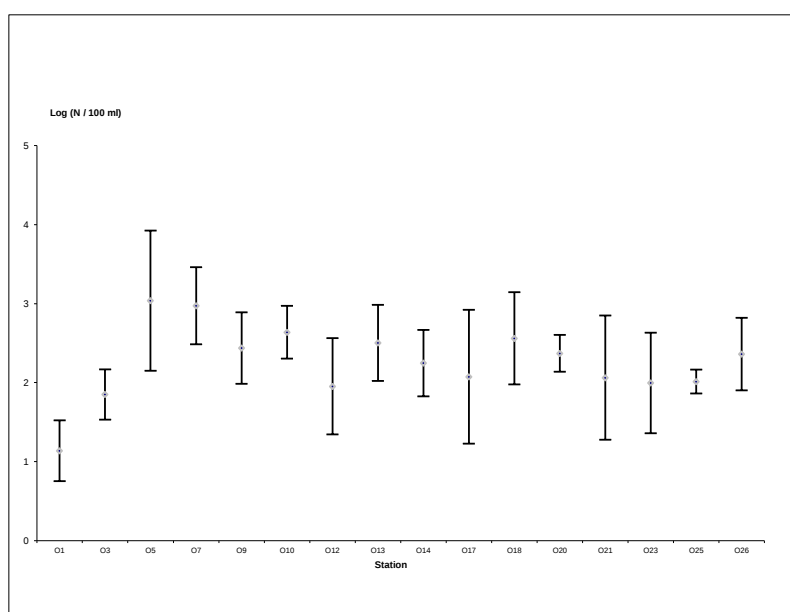


Fig. 5. Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des Coliformes Fécaux (N / 100 mL) dans les eaux analysées durant la période 2010 – 2011

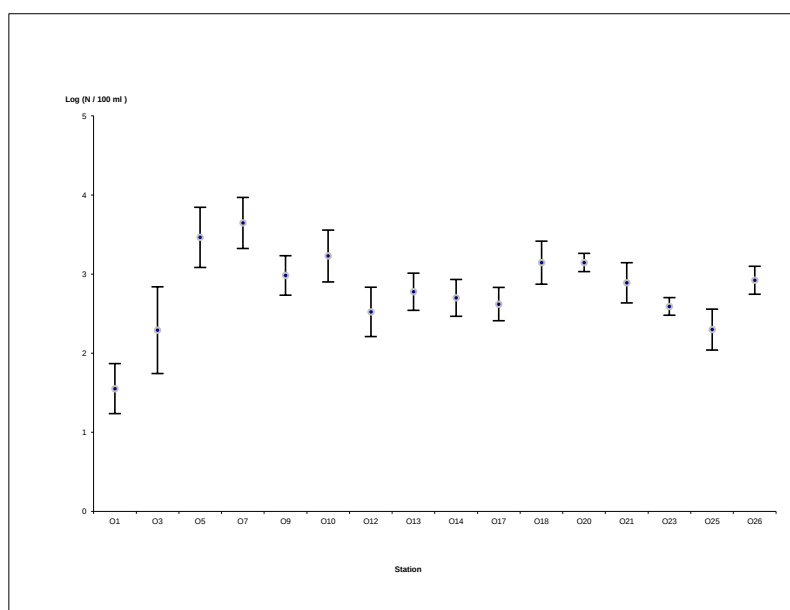


Fig. 6. Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des Coliformes Fécaux (N / 100 mL) dans les eaux analysées durant la période 2011- 2012

L'augmentation des Coliformes Fécaux pourrait être un résultat de l'abondance des nutriments, de l'oxygène dissous et d'autres éléments nécessaires au développement bactérien.

4.3 ENTÉROCOQUES INTestinaux

Les Streptocoques Fécaux présentent une évolution temporelle irrégulière. Le développement maximal est noté en été et en automne. En effet, après les crues, on assiste à une augmentation bactérienne: le nombre atteint 95 000 N /100 mL en été (2011-2012) et 4600 N/100 mL en été (2010-2011) au niveau des stations O5, O7, O9, O10 et O18. En hiver, on constate une diminution du nombre de Streptocoques Fécaux. Par contre, en printemps on assiste à une ré- augmentation du nombre de ces bactéries.

Durant les deux années d'étude, on a remarqué des fluctuations saisonnières dans les charges des Streptocoques Fécaux en relation avec l'apport du bassin versant et les variations de la température. Le taux de précipitation dans la période 2010-2011, caractérisée par une pluviométrie maximale à la station de Taza (1102,4 mm / an), est plus faible que celui obtenu durant les dernières campagnes de la période 2011-2012.

La variation spatiale des Streptocoques Fécaux au niveau du bassin versant de l'Oued Inaouen (et 8), a montré:

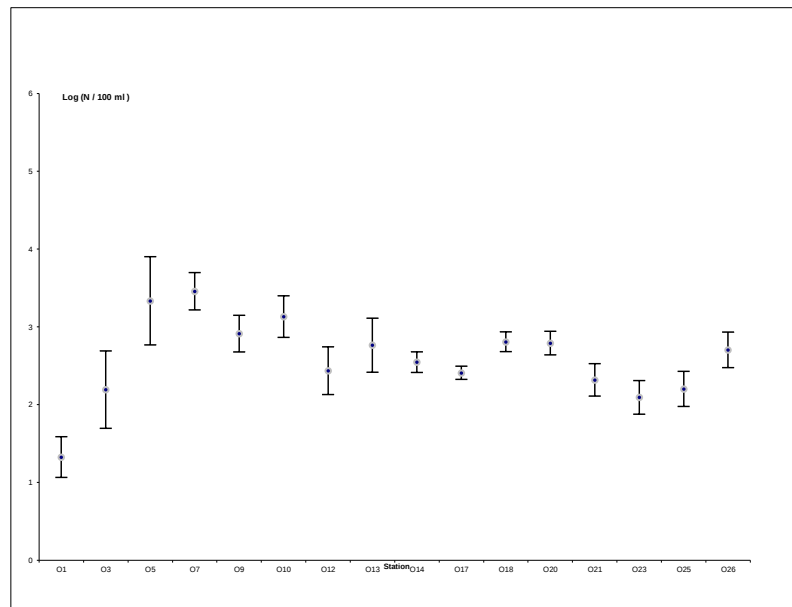


Fig. 7. Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des Streptocoques Fécaux (N / 100 mL) dans les eaux analysées durant la période 2010 – 2011

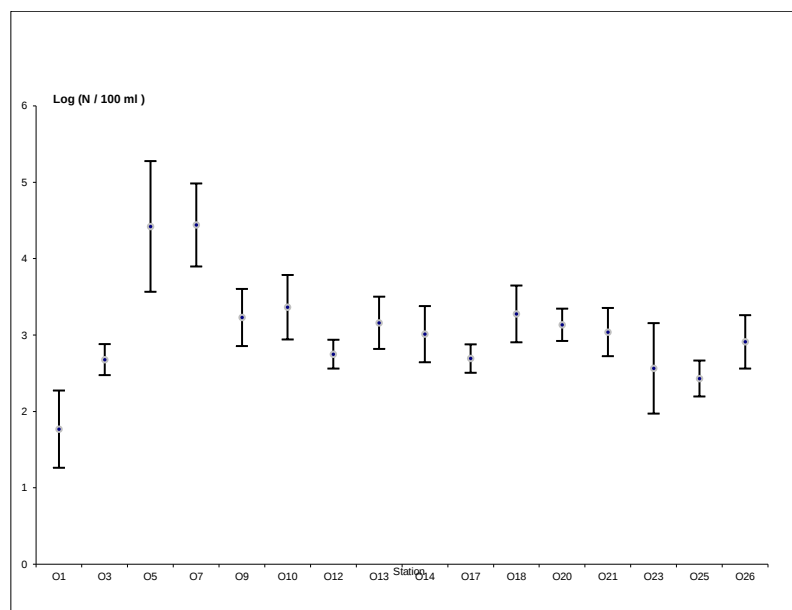


Fig. 8. Evolution spatiale des moyennes et des écarts types des Streptocoques Fécaux (N / 100 mL) dans les eaux analysées durant la période 2011 – 2012

- Au cours de la période 2011-2012, on note des écarts types importants dans les stations O5, O7 et O23. Ceci est la conséquence des variations saisonnières importantes dans les trois points.
- La chute du nombre de Streptocoques aux stations O13, O14, O17, O23 et O26 laisse admettre l'existence d'un pouvoir auto-épurateur au niveau de ces points.

L'évolution spatio-temporelle des Streptocoques Fécaux, au niveau des eaux de l'Oued Inaouen, durant les deux campagnes d'analyses, a montré que:

- Il y a une tendance aux variations saisonnières importantes;
- La contamination de l'eau par les Streptocoques Fécaux est de plus en plus élevée en passant de l'année 2010 à 2012.
- L'existence d'un gradient croissant amont-aval du degré de la contamination par les Streptocoques Fécaux.

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux du bassin versant de l'Oued Inaouen ont révélé une contamination importante de ces eaux par les 3 groupes de germes indicateurs d'une contamination fécale. Une augmentation de la contamination bactériologique est observée pendant la saison chaude de la période d'étude (2010-2012) (été, automne), alors qu'une diminution de l'abondance bactérienne est notée durant la saison froide (hiver) avec une faible ré-augmentation au printemps. Le degré de cette contamination présente aussi un gradient croissant en allant de l'amont vers l'aval du bassin versant.

La contamination bactériologique des eaux de l'Oued Inaouen est due aux rejets des déchets solides, des eaux usées domestiques et agricoles en provenance de la ville de Taza et des centres ruraux avoisinants ainsi que des agglomérations situées au bord de l'Oued. En effet, les points les plus contaminés sont ceux situés à proximité des unités d'habitations des riverains.

La chute des concentrations en Coliformes totaux, Coliformes Fécaux et Streptocoques Fécaux en hiver par rapport à la période chaude pourrait être due à un effet de dilution des eaux. En effet, la teneur en polluants rejetés régulièrement dans un cours d'eau diminue et se trouve diluée dans un plus grand volume d'eau suite à la chute des pluies [11]. Les pluies, entraînent alors une dilution de la contamination bactérienne et augmentent le débit de la rivière ce qui défavorise la prolifération bactérienne.

La période de crue peut aussi être à l'origine d'un phénomène de lessivage des sols, pendant les premiers instants de pluies, les eaux de ruissellement mobilisent les dépôts sur les sols [10], ce qui peut expliquer les fortes charges bactériennes en automne. Le reste de la période de crue se comporte ainsi comme agent de dilution pour le milieu récepteur [12]. Cette variation temporelle des charges des bactéries indicatrices de contamination fécale évoquée par les résultats de notre étude concorde avec les conclusions de [13] qui ont affirmé une forte contamination fécale en période d'étiage où la multiplication

bactérienne est plus favorisée par la température, le pH basique et le milieu alcalin ce qui était appuyé par d'autres travaux [14, 15, 16].

La contamination fécale des eaux du bassin versant de l'Oued Inaouen présente aussi une variation spatiale avec un gradient croissant en allant de l'amont vers l'aval. La même constatation évoquée par [16]. Cette variation semble être liée au rejet des eaux usées issues des différentes activités domestiques et agricoles le long de l'Oued. En effet, la présence des bétails et des animaux qui ont un accès facile au cours d'eau, ainsi qu'elle est influencée par la proximité des agglomérations et des terres agricoles du cours d'eau. Par ailleurs, une relation causale entre la qualité bactériologique de l'eau qui arrive au cours d'eau et le changement de sa concentration en CF a été mise en évidence par [17].

La comparaison des résultats obtenus lors de la période 2010-2011 et ceux obtenus lors de la période 2011-2012 montre une altération de la qualité bactériologique des eaux analysées d'une année à l'autre, particulièrement en été. Ceci peut constituer une menace sanitaire pour les riverains qui puisent de ces eaux pour le breuvage des bétails et l'irrigation de leurs cultures.

4.4 ORIGINE DE LA CONTAMINATION FÉCALE

La variation spatio-temporelle des rapports Coliformes Fécaux sur Streptocoques Fécaux, au niveau du bassin versant de l'Oued Inaouen, a montré:

✓ Au cours de la période 2010-2011 (Figure 9):

- En été: La contamination fécale est d'origine incertaine au niveau des stations O17, O18 et O21, alors qu'elle est d'origine strictement animale et mixte à prédominance animale au niveau des autres stations.
- En automne: L'origine de la contamination fécale est mixte à prédominance animale au niveau des points O17, O18, O23 et O26 et entièrement animale au niveau des points restants.
- En Hiver: Toutes les stations présentent une contamination fécale d'origine strictement animale à l'exception de la station O3 qui présente une contamination fécale d'origine incertaine.
- Au printemps: On assiste à une contamination d'origine incertaine au niveau de la station O23, une contamination d'origine mixte à prédominance animale au niveau de la station O25 et une contamination d'origine strictement animale dans les autres stations.

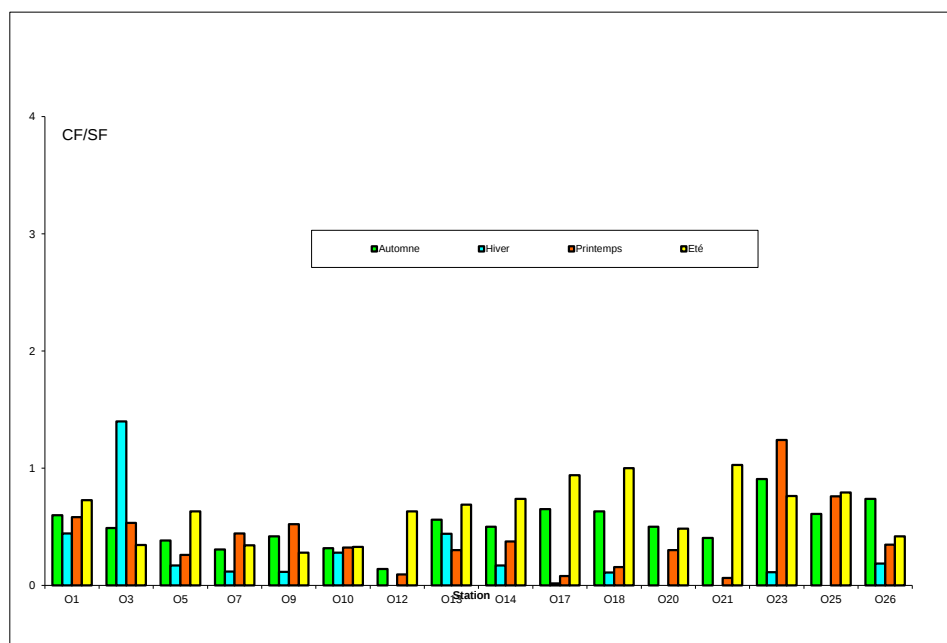


Fig. 9. Evolution spatio-temporelle du rapport des Coliformes Fécaux (CF) sur les Streptocoques Fécaux (SF) dans les eaux durant la période 2010-2011

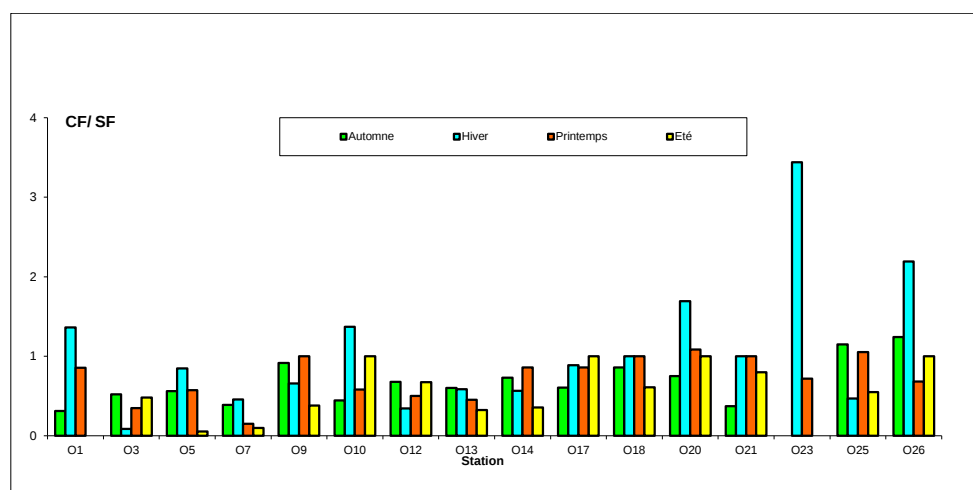


Fig. 10. Evolution spatio-temporelle du rapport des Coliformes Fécaux (CF) sur les Streptocoques Fécaux (SF) dans les eaux analysées durant la période 2011-2012

*Au cours de la période 2010-2011 (Figure 10):

- En été: La contamination fécale est d'origine incertaine aux stations O10, O17, O20 et O26, alors qu'elle est d'origine mixte à prédominance animale au niveau du O21 et strictement animale au niveau des autres stations.
- En automne: Les eaux des différentes stations étudiées présentent une contamination fécale d'origine incertaine au niveau du O25 et O26, une contamination mixte à prédominance animale au niveau des stations O9, O14, O18 et O20, alors qu'elle est d'origine strictement animale au niveau des autres stations.
- En hiver: La contamination fécale révélée au niveau des différentes stations échantillonnées présente une origine incertaine au niveau du O1, O10, O18, O20 et O21, une origine mixte à prédominance animale au niveau du O5 et O17, ainsi qu'une origine mixte à prédominance humaine au niveau du O23 et O26 et une origine animale au niveau du reste des stations.
- Au printemps: On assiste à une contamination fécale d'origine incertaine dans les stations en aval de l'Oued Inaouen O9, O18, O20, O21, et O25. Une contamination d'origine mixte à prédominance animale au niveau des stations O1, O14, et O17, alors que les autres stations présentent une contamination fécale d'origine strictement animale.

Il ressort de ces résultats; la dominance des caractères strictement animale et mixte à prédominance animale. En effet, on assiste à une contamination fécale des eaux du bassin versant de l'Oued Inaouen avec une apparition de certaines contaminations dont l'origine est incertaine au niveau de certaines stations surtout celles situées en aval du bassin versant telles que O10, O18, O20, O21, pendant l'hiver et le printemps de la période 2011-2012, et une contamination mixte à prédominance humaine au niveau du O23 et O26 pendant l'hiver de la même période.

L'origine exclusivement animale et mixte à prédominance animale de la contamination fécale des eaux étudiées témoigne de l'intensification des activités agricoles au niveau de la zone d'étude et de l'impact négatif de ces activités (rejet des eaux usées agricoles ou des déchets des bétails, utilisation des matières fécales des animaux comme fertilisants....) sur la qualité bactériologique des eaux de cet Oued.

L'origine incertaine ou mixte à prédominance humaine de la contamination fécale, évoquée au niveau de certaines stations situées en aval du bassin versant ou autres stations qui traversent la ville de Taza et les centres ruraux, est attribuable au rejet des déchets solides ou liquides provenant de différentes activités quotidiennes, comme elle témoigne l'impact de ces rejets sur la qualité des eaux étudiées.

4.5 SALMONELLES ET VIBRIONS CHOLÉRIQUES

Malgré la forte charge des bactéries indicatrices de contamination fécale, la recherche des bactéries du genre Salmonella et Vibrions cholériques s'est révélée négative dans tous les échantillons prélevés, à l'exception de quelques moisissures détectées au niveau des stations O5, O7, O9 et O10,. L'existence probable de ces germes à l'état viable non cultivable remettrait

en question les techniques de culture classique utilisées. Cette absence a été mentionnée dans d'autres études similaires en dépit de la présence d'une forte charge bactérienne d'origine fécale [14, 18].

Les eaux étudiées ne présentent pas de contamination par le vibron cholérique, bien que les vibrions cholériques (forme pathogène ou non) fassent partie de la flore bactérienne normale de l'environnement aquatique.

5 CONCLUSION

Les résultats de l'étude bactériologique du bassin versant de l'Oued Inaouen montrent que les germes tests de la contamination fécale présentent des teneurs variables au cours des campagnes d'analyses. Les fortes teneurs sont notées essentiellement en été et en automne.

Les eaux du bassin versant de l'Oued Inaouen sont plus riches en germes avec un gradient croissant de l'amont vers l'aval. Les valeurs maximales enregistrées au niveau de la ville de Taza et des centres ruraux, témoignent un accroissement progressif de la charge en matières organiques et de sa dégradation effective par autoépuration.

Cependant, la chute du nombre des germes dans les stations O1, O2, O12, O17 et O25 pourrait s'expliquer par l'emplacement de la station O1 en amont de l'Oued et loin des agglomérations. Alors que cette chute au niveau des stations O12, O17 et O25 permet d'avancer l'existence d'un pouvoir d'auto épuration qui est dû vraisemblablement à la dilution des eaux de l'Oued par des sources pour les stations O3, O12 et des affluents qui sortent des montagnes comme l'Oued Lakhel pour les stations O17 et O25, ainsi que leur éloignement des zones rurales et urbaines. De même, la diminution de la teneur en bactéries tests de contamination fécales, observée dans les stations O3, O14, O21, O24 et O26, pourrait s'expliquer par la dilution de l'eau et par le faible apport en matières organiques et en suspension.

L'analyse des rapports Coliformes Fécaux sur Streptocoques Fécaux au niveau des différentes stations a permis de mettre en évidence une dominance d'origine exclusivement animale et mixte à prédominance animale de la contamination fécale des eaux étudiées.

La comparaison des résultats des deux campagnes (2010-2011) et (2011-2012) a montré une tendance à l'augmentation du nombre des germes et des indices de contamination fécale qui ont été multipliés par un coefficient égale à 2 par rapport à la campagne (2010-2011).

Du fait de la cohabitation des autres germes pathogènes avec les indicateurs de contamination fécale dénombrés, et qu'il est suggéré de ne pas consommer une eau souterraine dans laquelle des entérocoques ont été identifiés. La consommation de ces eaux expose la population qui les utilise à des risques sanitaires graves.

REFERENCES

- [1] MEMEE, (2012): Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'environnement. Revue de presse National.
- [2] Hébert S., (1997): Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico chimique de l'eau pour les rivières du Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, enviro doq nEN/970102, Québec, Canada.
- [3] Santé Canada, (2006): Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: document technique – Les Coliformes totaux. Bureau de la qualité de l'eau et de la santé Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario).
- [4] Service technique de la municipalité de Taza STMT, (2005): Etude de choix d'un site pour l'implantation d'une décharge contrôlée des déchets ménagers et assimilés de la ville de Taza. Mission I, et 2. p: 1-19.
- [5] Minute du rapport définitif de l'étude du schéma directeur de l'assainissement du centre de Guerif (SDACG) (1994) Mission A-.
- [6] Abouzaid et Duchesne. (1984) Direction contrôle qualité des eaux. ONEP.
- [7] ONEP. Procédure de prélèvement des eaux naturelles, traitées et usées. (2007) Direction contrôle qualité des eaux.
- [8] ONEP. Modes opératoires normalisés. (Janvier 2008) Direction contrôle qualité des eaux.
- [9] Rodier J. (2009) L'analyse de l'eau – eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition, Paris, Dunod, 1475 p.
- [10] BouSaab H., Nadine N., El Samrani A. G, Rosette D., Medawar S., et Ouaini N., (2007): Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface (rivière Nahr Ibrahim, Liban). Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 20, n° 4, p: 341-352.
- [11] Hébert S., et Légaré S., (2000): Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, enviro doq No ENV-2001-0141, rapport N° QE-123, 24 p. et 3 annexes.

- [12] El samrani A.G., Lartiges B.S., Yvon J. et Ghanbaja J., (2004): Trace element carriers in combined sewer during dry and wet weather: an electron microscope investigation. *Water Res.*, 38, p: 2063-2076.
- [13] Larif M., Soulaymani A., Elmidaoui A., (2013): Evaluation spatio-temporelle du degré de la pollution industrielle oléicole sur les cours d'eaux de l'Oued Boufekrane dans la région de Meknès-Tafilalt (Maroc). *J. Mater. Environ. Sci.* 4 (3) (2013) 432-441. ISSN: 2028-2508 CODEN: JMESCN.
- [14] Aboulkacem A., Cahlaoui A., Soulaymani F., Rhazi-Filali et Benali D., (2007): Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des Oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* N°1, p: 10-22.
- [15] El Addouli J., Chahlaoui A., Berrahou A., Hafi A., Ennabili A., (2011): Approche de la qualité biologique de l'Oued Ouislane, au voisinage des effluents bruts de la région de MEKNES. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 09, 2011, p: 21-33.
- [16] Lamrani H., Chahlaoui A., El addaoui J., Ennabili A., (2011): Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de l'Oued boufekrane au voisinage des effluents de la ville de Meknès (MAROC). *Science Lib*, Editions Mersenne: Volume 3, N ° 111112, ISSN 2111-4706.
- [17] Hunter C., Perkins J., Tranter J., et Gunn J., (1999): Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire peak district in the U.K. *Water Res.* 33 (17), p: 3577-3586.
- [18] Schaffter N., et Parriaux A., (2002): Pathogenic-bacterial water contamination in mountainous catchments. *Water Res.* 36 (1), p: 131-139.

