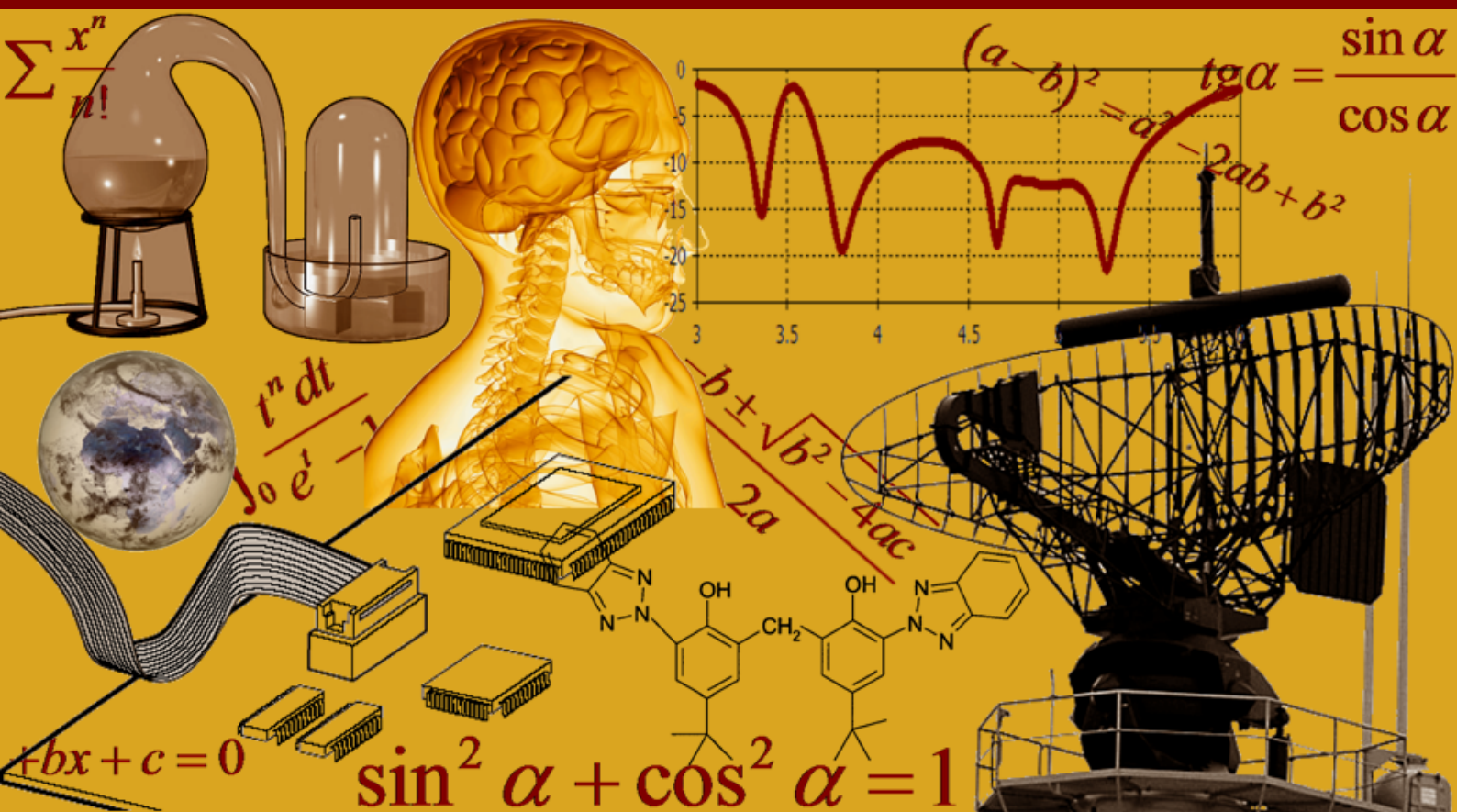


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 57 N. 2 November 2021



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Revenu et dépenses de soins des ménages en milieu urbain de Goma, à l'est de la République Démocratique du Congo	65-80
<i><u>Mahamba Nzanu, Mitangala Ndeba Prudence, Eric Tchouaket, Edgar Tsongo Musubao, Kavugho Kayenga Aminata, and Jean-Bosco Kahindo Mbeva</u></i>	
Contribution des réseaux sociaux numériques à la promotion de l'éducation à la citoyenneté en Côte d'Ivoire	81-91
<i><u>Ahou Florence Agney</u></i>	
Cartographie des établissements pharmaceutiques dans un pays subsaharien en contexte de crise: Cas de la ville de Goma à l'Est de la République Démocratique du Congo	92-102
<i><u>Edgar Musubao Tsongo, Mitangala Ndeba Prudence, Mahamba Nzanu, Ntabe Namegabe Edmond, Cyrille Ngandjo, Janvier Kubuya Bonane, Ghislain Bisimwa, Denis Porignon, and Jean-Bosco Kahindo Mbeva</u></i>	
Optimisation de la croissance en pépinière de Solanum Lycopersicon par l'utilisation de substrat biologique	103-116
<i><u>Aka Borel Junior Kevin, Boye Mambé Auguste-Denise, and N'Gonion Kouadio Serge</u></i>	
Etude d'impact prospective des débits de crues dans un contexte de changements climatiques en Afrique de l'Ouest: Cas du bassin versant du N'zo (Sassandra, Ouest de la Côte d'Ivoire)	117-131
<i><u>Amani Michel Kouassi, N'gangouin Asaph Yahot Joel, Yao Charles Armel, and N'Guessan N'Guessan Emilienne</u></i>	
Temps d'apprentissage et ralentissement psychomoteur: Cas des étudiants en sciences et techniques des activités physiques et sportives (STAPS)	132-142
<i><u>Martine-Bley Goudenon</u></i>	
The Image of Man in Stefan Zweig's Confusion	143-147
<i><u>Mohammed El Bah</u></i>	
Le management à distance: Genèse, outils phares et comportements organisationnels	148-159
<i><u>Khalil Cherki</u></i>	
Les Equipes Virtuelles: Enjeux et facteurs de réussite	160-168
<i><u>Khalil Cherki</u></i>	
Optimal reducing of harmonics in output voltage of multilevel single phase and three phase inverters	169-183
<i><u>Arzika Makaou Ali and Mamane Souleye Ibrahim</u></i>	
New SHE-PWM approach and model applied to Multilevel inverters	184-196
<i><u>Arzika Makaou Ali and Mamane Souleye Ibrahim</u></i>	
Typologie et rôle des arbres dans le milieu urbain et périurbain de la ville Korhogo	197-212
<i><u>N'Guessan Simon Andon</u></i>	
Caractères lithostratigraphiques des formations birimiennes de la zone Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fettekro, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)	213-222
<i><u>Aboubakar Sidik Ouattara, Allou Gnanzou, Inza Coulibaly, Yacouba Coulibaly, and Droh Laciné Gone</u></i>	
Optimization trial of rooting conditions of Moringa oleifera Lam. in vitro culture	223-228
<i><u>Justine Tshidibi Tshimbila, Hippolyte Nshimba Wa Malela, and Benoit Dhed'a Djailo</u></i>	
Prévalences et impacts économiques de huit (8) motifs de saisie de la viande bovine en Côte d'Ivoire: Cas de l'abattoir de Port-Bouët	229-237
<i><u>Komissiri Dagnogo, Adama Coulibaly, Mamadou Dosso, Ouattara Salifou Gboko, Atchoumtcho Sara Coulibaly, and Godi Henri Marius Biege</u></i>	

Revenu et dépenses de soins des ménages en milieu urbain de Goma, à l'est de la République Démocratique du Congo

[Household income and health care expenditure in Goma city, eastern Democratic Republic of Congo]

Mahamba Nzanu¹, Mitangala Ndeba Prudence¹⁻²⁻³, Eric Tchouaket⁴, Edgar Tsongo Musubao¹, Kavugho Kayenga Aminata⁵, and Jean-Bosco Kahindo Mbeva¹⁻²⁻⁶⁻⁷

¹ULB Coopération, PADISS, Bureau de Goma, RD Congo

²Université Officielle de Ruwenzori (UOR), Butembo, Nord Kivu, RD Congo

³Université Catholique de Bukavu (UCB), Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

⁴Université du Québec en Outaouais, Département des Sciences infirmières, Saint Jérôme, Québec, Canada

⁵Division provinciale de la santé du Nord Kivu, Goma, Nord-Kivu, RD Congo

⁶Université Catholique du Graben (UCG), Butembo, RD Congo

⁷Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL), Goma, Nord-Kivu, RD Congo

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

ABSTRACT: *Introduction:* In a national context of increasing urban populations and commitment to universal health coverage, this study aims to analyze the household income and health care expenditure in the city of Goma, Eastern DRC.

Methodology: This descriptive cross-sectional study was based on a 2017 survey of a sample of 1,000 households in the urban and suburban areas of the City of Goma on household income and health care expenditures during the last episode of illness. Data was analyzed by SPSS version 23.

Results: The median monthly household income was 140 Usd, with 89.9% of households living on less than 1.9 Usd per day. Only 9.1% of households were covered by a health insurance system and 91.6% of households experienced at least one illness episode in the past three months. The use of care were dominated by self-medication by purchasing drugs from the pharmacy (50.7%), with non-care cases (6.8%), and varied by income quartile and gender ($p < 0.001$). The median direct care expenditure was 10.7 Usd (0-2272.5 Usd), with catastrophic expenditures in 42.9% of cases and loss of working days and income, not varying according to income quartile ($p > 0.05$).

Discussion and conclusion: This level of income and catastrophic healthcare expenditure requires progress towards a better thought-out compulsory health insurance system that capitalizes on innovative financing.

KEYWORDS: Healthcare access, household income, catastrophic expenditures, health insurance, DRC.

RESUME: *Introduction:* Dans un contexte national d'accroissement des populations urbaines et d'engagement sur la voie de la couverture santé universelle, cette étude analyse le revenu et les dépenses des soins des ménages en milieu urbain de Goma, Est de la RDC.

Méthodologie: Cette étude transversale descriptive repose sur une enquête menée en 2017 auprès d'un échantillon de 1000 ménages de la ville de Goma portant sur le revenu et les dépenses des soins des ménages lors du dernier épisode maladie. Les données ont été analysées par SPSS version 23.

Résultats: Le revenu mensuel médian des ménages était de 140 Usd, avec 89,9% des ménages vivant avec moins de 1,9 Usd par jour. Seuls 9,1% de ménages étaient couverts par un système d'assurance maladie et 91,6% de ménages avaient connu au moins un épisode maladie au cours de 3 derniers mois. Le recours aux soins dominé par l'automédication par achat des médicaments à la pharmacie (50,7%), avec des cas non-soins (6,8%), variait selon le quartile de revenu et le genre ($p < 0,001$). Les dépenses médianes directes de soins étaient de 10,7 Usd (0-2272,5 Usd), avec des dépenses catastrophiques dans 42,9% des cas et des pertes de journées de travail et de revenus, non variables selon le quartile de revenu ($p > 0,05$).

Discussion et conclusion: Ce niveau de revenu et des dépenses catastrophiques des soins impose de progresser vers un système d'assurance maladie obligatoire qui capitalise les financements innovants.

MOTS-CLEFS: Accès aux soins, revenu de ménages, dépenses catastrophiques, assurance maladie, RDC.

1 INTRODUCTION

Au cours de deux dernières décennies l'Organisation mondiale de la santé a imprimé une vision forte pour la couverture santé universelle, en posant les bases du renouveau des soins de santé primaires [1] et du financement des systèmes de santé qui s'y engagent [2]. Avec l'impulsion de la déclaration d'Astana sur les soins de santé primaires, la couverture sanitaire universelle et le développement durable [3], nombreux pays s'activent, chacun selon ses contextes spécifiques, pour progresser sur la voie de la couverture santé universelle.

Le concept de couverture santé universelle suppose qu'aucune personne ne doit être laissée sur le côté et que tout individu doit accéder aux services de santé de qualité dont il a besoin, sans subir une quelconque difficulté financière [4]. Les efforts que sont sensés fournir les pays en vue de la couverture santé universelle (CSU) constituent un investissement dans le capital humain, l'un des principaux moteurs d'une croissance et d'un développement économiques durables et inclusifs [5]. Il est de plus en plus admis aujourd'hui que la notion de développement ne doit plus être uniquement appréciée en termes de recherche de la croissance et d'amélioration des indicateurs économiques, mais elle doit intégrer l'exigence d'équité dans l'accès pour chacun aux infrastructures sociales de base et notamment aux services de santé. C'est également dans cette optique d'équité et de lutte contre les inégalités qu'il convient d'apprécier la cohérence des politiques de santé [6].

Chaque pays qui veut s'engager en toute responsabilité sur la voie de la CSU, se doit de développer des services essentiels de santé de qualité [5], [7], selon un plan de couverture de toute sa population, tout en impulsant, au sein des secteurs autres que la santé, des politiques publiques saines, indispensables pour améliorer la prévention et réduire la charge de morbidité. En outre, des systèmes solidaires de prépaiement et d'assurance maladie doivent être mis en place afin de réduire les risques d'appauvrissement liés au paiement des soins, en particulier les risques des dépenses catastrophiques [5]. Les dépenses des soins sont considérées comme catastrophiques, quand elles dépassent 25% du revenu du ménage ou 10% de la consommation globale du ménage. Ces dépenses catastrophiques ont été documentées dans certains pays en développement. Des études récentes situent la proportion des personnes poussées à la pauvreté de suite du paiement du coût des soins entre 1,0% et 1,6% de la population au Swaziland, représentant 10.000 à 16.000 habitants [8], 1,19% de la population en Ethiopie, soit environ 957.169 habitants [9] et 3,8% de la population au Ghana [10].

Dès lors, cette situation porte à questionner les politiques et les pratiques de financement des services et des soins de santé, qui reposent essentiellement sur les contributions des ménages, au nom du principe de financement local des services de santé, selon l'Initiative de Bamako, sans un recul critique sur les conditions requises. Une analyse réalisée par Ridde [11] en Afrique de l'Ouest, a montré que les résultats de l'initiative de Bamako se sont éloignés du principe d'équité, qui est pourtant au cœur de la couverture santé universelle.

La République Démocratique du Congo (RDC), qui comme bien d'autres pays dans le monde, connaît un accroissement de sa population urbaine, s'est engagée sur la voie de la couverture santé universelle depuis les années 2016 [12]. La mise en œuvre de cet engagement, formalisée en 2020 par l'élaboration d'un plan stratégique 2020-2030 pour la couverture santé universelle en RDC, ne peut logiquement faire l'impasse sur les particularités du contexte urbain, au regard du poids croissant des populations urbaines, estimées à 50% en 2018 selon les Nations unies [13]. En outre, les problématiques d'exclusions dans l'accès aux soins et de précarisation des personnes de suite du paiement des soins sont présentes en RDC. Les comptes nationaux de la santé, montrent qu'environ 40% des dépenses de santé sont supportées par les ménages et que la part du budget national destiné n'a jamais dépassé la barre de 15% convenus dans la déclaration d'Abudja [14]. Dans ce contexte,

certaines études ont montré la récurrence et l'ampleur des dépenses catastrophiques encourus par les ménages en RDC, notamment dans 52 zones de santé rurales des anciennes provinces Orientale, de l'Equateur, Maniema, Kasai-Oriental, Kasai-Occidental [15], et celle de Katakombé [16]. En milieu urbain, notons que la ville de Lubumbashi a fait l'objet de quelques études intéressantes sur cette question cruciale. Deux études se sont respectivement penchées sur deux phénomènes déviants; celui de la marchandisation des soins en milieu urbain de Lubumbashi [17] et celui de la séquestration des mères, à la suite des difficultés de paiement des soins, au sein d'un grand hôpital [18]. Deux autres études ont particulièrement évalué les coûts des soins obstétricaux et néonataux ainsi que l'ampleur des dépenses catastrophiques des ménages liées à ces soins dans cette ville, au Sud-Est de la RDC [19], [20].

Il n'est pas certain que les résultats de quelques études réalisées permettent de cerner toute la complexité et l'ampleur des difficultés rencontrées par les ménages dans l'accès aux soins en RDC. Dans la ville de Goma, qui pourrait regorger un niveau de précarité élevé, à l'Est de la RDC, le phénomène n'est pas assez étudié. Dans ce contexte, la question posée est de savoir quels seraient le niveau de revenu des ménages et l'ampleur des dépenses catastrophiques de soins au niveau des ménages habitant la ville de Goma ? Tenant compte du phénomène d'exode rural quasi continu, consécutif aux troubles armés endémiques en milieux ruraux du Kivu, nous formulons la double hypothèse selon laquelle, le niveau de revenu des ménages serait globalement bas et que les ménages seraient exposés, dans leur grande majorité, à des dépenses catastrophiques, au cours de leur itinéraire thérapeutique.

L'étude du phénomène en milieu urbain de Goma pourrait permettre d'affiner les stratégies visant à développer un système d'assurance maladie basé sur les évidences et qui prenne en compte les particularités du contexte urbain du Kivu.

Dans ce contexte, cette étude a pour objectif d'analyser le niveau de revenu des ménages de la ville de Goma, ainsi que leurs dépenses des soins, au cours de leur itinéraire thérapeutique.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 TYPE D'ÉTUDE

Il s'est agi d'une étude transversale descriptive, réalisée sous forme d'enquête par questionnaire administré en septembre 2017 auprès d'un échantillon aléatoire de 1000 ménages de la ville de Goma.

2.2 LIEUX D'ÉTUDE

La ville de Goma, lieu d'étude, est le chef-lieu de la province du Nord Kivu à l'Est de la RDC. La province du Nord Kivu est en proie à des violences depuis plus de deux décennies. D'après une étude réalisée en 2014 et publiée en 2018 [21], la province du Nord Kivu et la ville de Goma sont confrontées depuis plus de 20 ans aux effets des rébellions de plusieurs groupes armés, ponctuées de paix violente. Jusqu'en 2019, la ville de Goma a continué à enregistrer une insécurité omniprésente, y compris dans certains quartiers de la ville de Goma. Cette insécurité urbaine impacterait négativement la cohésion et les dynamiques sociales [22].

Située entre le Parc de Virunga au Nord-Ouest, le lac Kivu au Sud et le Rwanda à l'Est, la ville de Goma comptait près d'un million d'habitants en 2017. Plus de 80% de sa population vivait du secteur informel et son niveau de précarité contribue à l'accroissement des bidonvilles dans certains quartiers périphériques.

Au plan sanitaire, au moment de la réalisation de l'enquête, la ville de Goma comptait deux zones de santé urbaines (Goma et Karisimbi). Une partie urbaine de la zone de santé urbano-rurale de Nyiragongo constituée de 3 aires de santé, qui fait partie de la ville de Goma, a été intégrée à l'enquête. La Zone de Santé de Goma couvre la partie strictement urbaine de la ville tandis que les Zones de Santé de Karisimbi et Nyiragongo comportent des quartiers urbains et des quartiers semi-urbains.

2.3 ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNÉES

Les données de cette étude avaient été collectées dans le cadre d'une étude plus large sur l'itinéraire thérapeutique des patients dans la ville de Goma, auprès d'un échantillon aléatoire de 1000 ménages, répartis sur les trois zones de santé selon le poids démographiques de chacune. La base de sondage était constituée des listes élaborées par les équipes cadre des zones de santé Goma, Karisimbi et Nyiragongo, en collaboration avec les relais communautaires. Les ménages à enquêter étaient tirés aléatoirement à l'aide d'un générateur des nombres aléatoires dans le quartier ou Village concerné. En cas d'absence, après deux visites, un autre ménage de remplacement était tiré au hasard.

La taille d'échantillon avait été calculée en s'appuyant sur les résultats d'une étude menée en 2015 au niveau de 6 zones de santé soutenues par la Banque Mondiale dans la province du Nord Kivu, étude qui situait le recours de la population aux services de santé à 39,6%. Le seuil de signification considéré était de 0,05.

La formule suivante avait été utilisée pour le calcul de la taille de l'échantillon:

$$n = t^2 \times p (1 - p) / m^2$$

n = taille d'échantillon requise; t = niveau de confiance à 95% (valeur type de 1,96); p = proportion estimative du recours aux soins (39,6%); m = marge d'erreur à 5% (valeur type de 0,05).

La taille de l'échantillon trouvée avec cette formule était de 368 ménages et pour prendre en compte l'"effet grappe", la taille retenue était de 1000 ménages. En prenant en compte le poids démographique de chacune de 2 zones de santé de la Ville de Goma et de la partie urbaine de la Zone de santé de Nyiragongo incluse dans cette étude, la taille de l'échantillon pour les trois zones de santé avait été répartie de la manière suivante: 213 ménages pour Goma, 642 ménages pour Karisimbi et 145 ménages pour Nyiragongo.

Les données avaient été collectées en septembre 2017, par dix enquêteurs de l'Institut National de la Statistique, Direction Provinciale du Nord-Kivu, préalablement formés, dont le profil était celui de statisticiens (N=3), démographe (N=1), infirmier (N=1) et gestionnaires (N=5). Pour cette partie de l'étude, le questionnaire, traduit en Swahili, la langue la plus couramment parlée à Goma, comportait les six thématiques reprises dans le tableau 1 ci-dessous:

Tableau 1. Thématiques et variables de l'étude

Thématiques	Variables de l'étude
1.Composition du ménage	Age, sexe, lien avec le chef de ménage, niveau d'étude, profession, couverture par une mutuelle de santé/autre système d'assurance maladie
2.Niveau socioéconomique du ménage	Type d'habitation (en dur ou autre), statut de l'habitation (propriétaire ou autre), nombre de pièces, type de toiture, type de pavé, source d'eau, types de bien possédés, types d'énergie pour cuisiner
3.Morbidité, mortalité au sein du ménage et recours aux soins	Nombre de cas d'épisode maladie les 12 derniers mois, nombre de décès enregistrés, cause du dernier décès, nombre d'épisode maladie les 3 derniers mois, type de maladie pour le dernier épisode maladie, premier recours aux soins, deuxième recours aux soins, troisième recours aux soins, satisfaction ou pas à chaque recours, raison de satisfaction, sinon raisons d'insatisfaction
4.Dépenses directes des soins au cours du dernier épisode maladie au sein du ménage	Montant déboursé par le ménage, appréciation par rapport au montant déboursé, sources mobilisées, intervention du système d'assurance maladie, conséquences de l'épisode maladie sur le ménage.
5.Revenu du ménage au cours du mois ayant précédé l'épisode maladie	Revenu du ménage au cours du mois ayant précédé le et les épisodes maladie, revenu par source de revenu, revenu total; dépenses réalisées au cours du mois ayant précédé le ou les épisodes maladies, dépenses alimentaires, dépenses autres que alimentaires, dépenses totales.
6.Effets de la maladie et des dépenses des soins sur le revenu du ménage, au cours du mois post épisode maladie	Revenu au cours du mois ayant suivi celui du dernier épisode maladie, revenu par sources, revenus totaux, perte d'emploi par le patient, perte de journées de travail par le patient, perte de journées de travail par le garde malade, autres pertes non financières occasionnées.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Les données avaient été saisies et analysées à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 23. Le revenu des ménages avait été présenté par quartiles. Les comparaisons des proportions avaient été faites avec le test du Chi-carré de Pearson ou le test exact de Fisher. Pour comparer les moyennes de revenus, le test d'analyse de variance (Anova) avait été utilisé. Le seuil de signification considéré était de 0,05.

2.5 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

L'étude avait été conduite selon un protocole de recherche préalablement soumis au comité d'éthique de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL) de Goma. Son approbation avait été accordée par la lettre du comité d'éthique du 13 août 2017. L'anonymat et la confidentialité avaient été observés tout au long du processus de collecte et d'analyse des données.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES ET ÉCONOMIQUES DES MÉNAGES ENQUÊTÉS

Au total, 1000 ménages avaient été enquêtés dont 16,5% avec un chef de ménage de sexe féminin. La profession et le niveau d'instruction du chef de ménage étaient significativement différents selon les sexes ($p < 0,001$); 39,9% de chefs de ménage de sexe masculin avaient un emploi formel dans le secteur public (20,6%) ou privé (19,3%) contre 11,5% des chefs de ménage de sexe féminin.

Plus de deux tiers (70,4%) des chefs de ménage de sexe féminin vivaient du « petit » commerce (29,7%), d'autres professions (25,5%) ou du travail informel (15,2%). Enfin, les chefs de ménage de sexe masculin étaient généralement plus instruits (76,9% avec un niveau d'instruction secondaire ou plus, versus 45,5% pour ceux de sexe féminin).

Tableau 2. Paramètres sociodémographiques et économiques des ménages, Goma, 2017

	Masculin	Féminin	P
Profession	% (n = 835)	% (n = 165)	
Chômeur	10,9	17,0	< 0,001
Salarié du secteur public	20,6	4,8	
Salarié du secteur privé	19,3	6,7	
Commerçant	13,1	29,7	
Informel	15,8	15,2	
Artisan	12,8	1,2	
Autres professions	7,5	25,5	
Niveau d'études	% (n = 835)	% (n = 165)	p
Pas été à l'école	5,4	27,9	< 0,001
Alphabétisé	0,8	3,6	
Ecole Primaire incomplet	10,3	16,4	
Ecole Primaire complet	6,6	6,7	
Ecole Secondaire	49,2	37,0	
Ecole Supérieure	9,0	3,0	
Universitaire	18,7	5,5	

3.2 NIVEAU DE REVENU DES MÉNAGES ET DE COUVERTURE PAR UN SYSTÈME D'ASSURANCE MALADIE

Le revenu mensuel médian des ménages était de 140 Usd, avec 89,9% des ménages vivant avec moins de 1,9 Usd par personne par jour.

Les ménages avaient été classés par quartiles selon leur niveau mensuel de revenu. Le premier quartile correspondait aux ménages avec un niveau de revenu inférieur à 70 USD, le deuxième quartile avec les ménages au revenu mensuel situé entre 71 USD et 140 USD, le troisième quartile regroupant les ménages avec un revenu mensuel situé entre 141 USD et 250 USD, et le quatrième et dernier quartile avec des ménages dont le revenu était supérieur à 250 USD.

Comme le montre le tableau 3, les ménages dont le chef était de sexe masculin avaient un revenu significativement plus élevé que les ménages tenus par un chef de ménage de sexe féminin. Les ménages dont le chef de ménage étaient de sexe féminin dominaient les deux quartiles dont le niveau de revenu était plus bas (66,8% des ménages versus 48,2% de ménages pour ceux dont le chef de ménage était de sexe masculin) ($p < 0,001$).

Tableau 3. Classement des ménages par quartiles de revenus et par sexe de chef de ménages, Goma, 2017

Revenu des ménages		Chef de ménage de sexe masculin (n=767)	Chef de ménage de sexe féminin (n=148)	p
		Proportions	Proportions	< 0,001
Q1	≤ 70 USD	23,60	45,95	
Q2	71 – 140 USD	24,64	20,95	
Q3	141 – 250 USD	27,25	14,86	
Q4	> 250 USD	24,51	18,24	

La couverture par un système d'assurance maladie, toutes formes confondues (n=1000) ne concernait que 9,1% de ménages avec au moins une personne couverte, parmi lesquels 1,6% étaient couverts par des mutuelles de santé. Par rapport aux sujets (n=6752), 8,5% étaient couverts. A noter que la proportion des ménages couverts était significativement plus élevée pour les ménages appartenant au quartile dont le niveau de revenu était plus élevé ($p < 0,001$), mais tout étant relativement basse (16,3%).

Tableau 4. Couverture par un système d'assurance maladie par quartile, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages		Ménages couverts par une forme d'assurance maladie (proportions)	p
Q1	≤ 70 USD (n = 249)	4,4	< 0,001
Q2	71 – 140 USD (n = 220)	10,9	
Q3	141 – 250 USD (n = 231)	6,9	
Q4	> 250 USD (n = 215)	16,3	

3.3 MORBIDITÉ ET MORTALITÉ AU SEIN DES MÉNAGES ET RECOURS AUX SOINS AU COURS DU DERNIER ÉPISODE MALADIE

Au total, les ménages avaient connu 6704 épisodes pour les 12 derniers mois précédant l'enquête. Le nombre moyen par épisode maladie était de 6,7 épisodes (ET=4,7) par ménage et de 1 épisode par personne. Au cours de 12 derniers mois précédant l'enquête, 98,8% de ménages avaient enregistré au moins un cas d'épisode maladie. En revanche, 91,6% de ménages, avaient enregistré au moins un épisode maladie au cours de 3 derniers mois précédant l'enquête.

Tableau 5. Nombres d'épisodes maladie au cours des trois derniers mois, Goma, 2017

Nombre d'épisodes maladies au cours des trois derniers mois		Proportions (n = 1000)
Aucun épisode maladie		8,4
1 épisode maladie		38,9
2 épisodes maladie		25,2
3 épisodes maladie et plus		27,5

Comme le montre le tableau 6, la proportion de ménages selon le nombre d'épisode maladie n'était pas significativement différente selon le quartile de revenu des ménages ($p=0,22$).

Tableau 6. Niveau de revenu et nombres d'épisodes maladie au cours des trois derniers mois, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages		Nombre d'épisodes au cours des trois derniers mois			p
		1 épisode	2 épisodes	≥ 3 épisodes	0,22
Q1	≤ 70 USD (n = 249)	39,8	25,3	34,9	
Q2	71 – 140 USD (n = 220)	41,4	32,3	26,4	
Q3	141 – 250 USD (n = 231)	43,7	29	27,3	
Q4	> 250 USD (n = 215)	45,6	23,7	30,7	

Par rapport aux décès, il avait été déclaré 64 décès au cours de 12 derniers mois au sein des ménages; ce qui avait représenté un taux brut de mortalité de 9 décès pour 1000 habitants l'année, en considérant l'effectif total de 6991 personnes retrouvées dans les ménages.

La proportion de ménages ayant enregistré au moins un décès semblait augmenter avec la diminution du niveau de revenu. Toutefois, la différence de proportions n'était pas statistiquement significative entre les 4 quartiles de niveau de revenu des ménages ($p=0,08$).

Tableau 7. Décès dans les ménages selon les quartiles de niveau de revenus des ménages, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages		Proportions de ménages avec au moins un décès rapporté	p
Q1	≤ 70 USD (n = 249)	9,6	0,08
Q2	71 – 140 USD (n = 220)	6,8	
Q3	141 – 250 USD (n = 231)	5,2	
Q4	> 250 USD (n = 215)	4,2	

Le premier recours aux soins au cours du dernier épisode maladie (n=916) était dominé par l'achat des médicaments dans une pharmacie (50,7%), suivi d'un recours à une structure de soins avec médecin (27,2%) ou un centre de santé (12,3%). Des cas de prise d'aucuns soins (6,8%) ou de recours à la prière ou à un guérisseur (3,1%) étaient également rapportés.

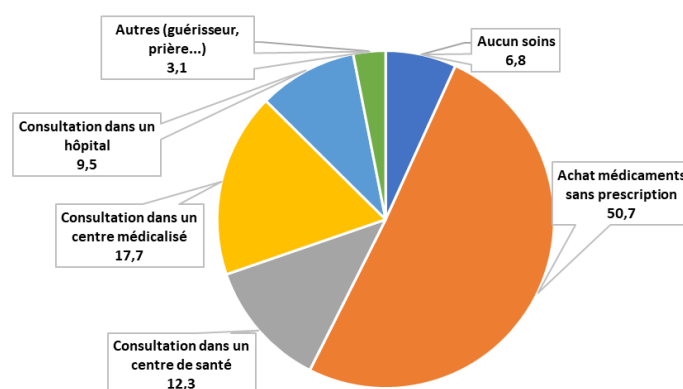


Fig. 1. Structures fréquentées en première intention, Goma, 2017

Le type de recours était significativement variables selon les zones de santé ($p=0,003$), avec un recours à l'achat des médicaments et d'aucuns soins, plus élevé au niveau de la zone de santé de Nyiragongo.

Tableau 8. Recours aux soins dans les trois zones de santé, Goma, 2017

Mode de recours aux soins	ZS Goma (n = 193)	ZS Karisimbi (n = 590)	ZS Nyiragongo (n = 133)	p
	Proportions	Proportions	Proportions	
Aucun soin % (n = 62)	4,1	6,9	9,8	0,003
Achat médicament sans prescription %	41,5	52,9	54,1	
Consultation dans un CS %	13,5	11,0	16,5	
Consultation dans un CS médicalisé %	24,5	17,1	9,8	
Consultation dans un hôpital	13,5	9,0	6,0	
Autres (Prière, guérisseurs ...)	2,6	3,1	3,8	

Ce type de recours aux soins était surtout variable selon les quartiles de revenus ($p < 0,001$), avec une proportion plus basse de recours à l'achat des médicaments sans prescription au sein du quartile de revenu le plus élevé.

Tableau 9. Premier recours aux soins par niveau de revenu des ménages, Goma, 2017

Mode de recours aux soins	< 70 (n=249)	70 – 140 (n=220)	141 – 250 (n=231)	> 250 (n=215)	p
Aucuns soins	9,6	6,8	4,3	6,0	< 0,001
Achats médicaments sans prescription	52,6	57,7	51,9	39,5	
Consultation dans un CS	14,5	9,5	15,6	9,3	
Consultation dans une fosa médicalisée	11,2	17,3	16,9	26,5	
Consultation hôpital	8,4	6,4	8,2	15,3	
Autres (guérisseurs, prière...)	3,6	2,3	3,0	3,3	

Dans l'ensemble, 71,3% des patients étaient satisfaits des soins reçus ($n = 853$). Le niveau de satisfaction n'était pas significativement variable selon les quartiles de revenu des ménages ($p = 0,19$).

Tableau 10. Satisfaction par rapport aux soins reçus par quartile de revenus, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages	Proportion de ménages satisfaits	p
Q1 ≤ 70 USD % (n = 225)	69,3	0,19
Q2 71 – 140 USD % (n = 205)	69,9	
Q3 141 – 250 USD % (n = 221)	71,9	
Q4 > 250 USD % (n = 202)	74,3	

3.4 DÉPENSES DES SOINS AU SEIN DES MÉNAGES AU COURS DU DERNIER ÉPISODE MALADIE

Globalement, le montant dépensé par le ménage pour les soins au cours du dernier épisode maladie se situait à une médiane de 10,67 USD. Comme le montre le tableau 11, la médiane des dépenses augmentait avec le niveau de revenu ($p = 0,001$).

Tableau 11. Dépenses au cours du dernier épisode maladie par quartile de revenu, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages	Médiane (Minimum – Maximum) USD	p
Q1 ≤ 70 USD (n = 176)	4 (0 – 420,0)	0,001
Q2 71 – 140 USD (n = 166)	5 (0 – 725,0)	
Q3 141 – 250 USD (n = 157)	7 (0 – 2272,5)	
Q4 > 250 USD (n = 124)	10 (0,13 – 1065)	

Pour faire face à ces dépenses, 68,8% des ménages avaient fait recours aux revenus des ménages et dans seulement 1,8% des cas, le système d'assurance maladie avait couvert le paiement d'une partie ou la totalité des dépenses des soins. Dans 12,5% des cas, les ménages avaient eu recours à l'aide d'un voisin, d'un ami ou d'un membre de famille et dans 2,8% des cas, le ménage avait dû mettre en gage ou vendre au moins un bien. Le recours au revenu des ménages était plus bas pour les ménages appartenant au quartile de niveau de revenu bas, avec, un niveau près de 30% des cas d'endettement.

Tableau 12. Moyen utilisé pour payer la facture des soins par quartile de revenus, Goma, 2017

Mode de paiement des soins	Q1: ≤ 70 USD % (n=224)	Q2: 71 – 140 USD % (n=204)	Q3: 141 – 250 USD % (n=220)	Q4 > 250 USD % (n=201)	Synthèse (n=849)	p
Recours au revenu du ménage	59,8	75,0	74,5	66,2	68,8	< 0,001
Aide d'un voisin/ famille/ami à qui on est redevable	21,4	11,3	9,5	7,0	12,5	
Autre endettement auprès des tiers	6,3	3,9	2,3	3,0	3,9	
Contracter une dette à la formation sanitaire	3,1	2,0	4,5	4,5	3,5	
Paiement par l'employeur	1,8	2,9	1,8	7,0	3,3	
Recours à l'épargne du ménage non-prévue pour les problèmes de santé	0,4	1,0	3,2	7,5	2,9	
Restriction de la consommation du ménage	2,2	2,0	2,7	0,0	1,8	
Intervention financière de la mutuelle/assurance	0,0	0,5	1,4	3,5	1,3	
Autres moyens	4,9	1,5	0,0	1,5	2,0	

De manière générale (n=849), 36% des chefs de ménages avaient trouvé les soins chers tandis que 45% estimaient que le cout des soins était abordable. Cette perception était variable selon le quartile de revenu (p<0,001).

Tableau 13. Perception du coût des soins par quartile de niveau de revenu, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages	Moins cher	Abordable	Trop cher	p
Q1 ≤ 70 USD % (n = 225)	19,6	37,8	42,7	<0,001
Q2 71 – 140 USD % (n = 203)	14,8	43,3	41,9	
Q3 141 – 250 USD % (n = 221)	14,9	52,5	32,6	
Q4 > 250 USD % (n = 200)	27,0	45,5	27,5	

3.5 DÉPENSES CATASTROPHIQUES DES SOINS ET AUTRES CONSÉQUENCES DE L'ÉPISODE MALADIE SUR LE MÉNAGE

Au cours du dernier épisode maladie, 42,9% de ménages (n = 623) avait réalisé une dépense catastrophique (dépenses totales liées au dernier épisode dépassant 25% des revenus du ménage ou 10% de la consommation).

La proportion de ménages ayant réalisé une dépense catastrophique semblait diminuer avec l'augmentation du niveau de revenu mais la différence n'était pas statistiquement significative (p=0,32).

Tableau 14. Dépenses catastrophiques en fonction du niveau de revenu, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages	Ménages avec dépenses catastrophiques (proportions)	p
Q1 ≤ 70 USD % (n = 176)	44,9	0,32
Q2 71 – 140 USD % (n = 166)	45,2	
Q3 141 – 250 USD % (n = 157)	43,9	
Q4 > 250 USD % (n = 124)	35,5	

Dans 1,5% des cas (n=915), il avait été rapporté une perte d'emploi à la suite de la maladie. La proportion de perte d'emploi augmentait jusqu'à 3,2% pour les ménages du quartile le plus bas au point de vue du niveau de revenu.

Tableau 15. Perte d'emploi en fonction du niveau de revenu, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages		Ménages avec perte d'emploi (proportions)	p
Q1	≤ 70 USD % (n = 249)	3,2	0,09
Q2	71 – 140 USD % (n = 220)	0,9	
Q3	141 – 250 USD % (n = 231)	0,9	
Q4	> 250 USD % (n = 215)	0,9	

La proportion des ménages avec perte de journées de travail pour le garde malade était globalement plus élevée pour le garde malade (31,1%) (n=915) et pour le patient (29,8%) (n=915).

Dans l'ensemble, la proportion de ménages ayant déclaré une perte de journées de travail pour le patient ou pour le garde malade se situait à 52,8%. Cette proportion n'était pas significativement différente selon le niveau de revenu des ménages.

Tableau 16. Perte de journées de travail pour le patient et/ou le garde malade en fonction du niveau de revenu, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages		Ménages avec perte de journées de travail pour le patient et/ou le garde malade (proportions)	p
≤ 70 USD % (n = 249)		46,2	0,07
71 – 140 USD % (n = 220)		52,7	
141 – 250 USD % (n = 231)		55,4	
> 250 USD % (n = 215)		57,7	

Notons que 31,4% des ménages (n=915) avaient perdu une partie de leur revenu, par la suspension ou l'arrêt des activités productives du patient, de l'aidant et/ou de l'accompagnant. Cette perte de revenu n'était pas significativement différente selon le niveau des revenus des ménages.

Tableau 17. Perte de revenus en fonction du niveau de revenu, Goma, 2017

Quartiles de niveau de revenu des ménages		Ménages avec perte de revenu du ménage causée par la suspension ou l'arrêt des activités productives du patient, de l'aidant et/ou de l'accompagnant	p
Q1	≤ 70 USD % (n = 249)	30,5	0,72
Q2	71 – 140 USD % (n = 220)	33,6	
Q3	141 – 250 USD % (n = 231)	29,0	
Q4	> 250 USD % (n = 215)	32,6	

Une baisse de revenu (-14%) était globalement observée à la suite de la maladie au niveau des ménages. Le revenu médian était globalement passé de 140 USD avant les épisodes maladie à 120 USD après les épisodes maladie. La baisse la plus importante (-20%) du revenu médian du ménage était enregistrée au niveau du premier quartile de revenu.

Tableau 18. Comparaison des revenus médians des ménages avant et après les épisodes maladie, Goma, 2017

Revenu en quartile	Premier quartile		Deuxième quartile		Troisième quartile		Quatrième quartile		Synthèse	
	n	Médiane	n	Médiane	n	Médiane	n	Médiane	n	Médiane
Revenu avant les épisodes maladie (USD)	249	50,0	220	100,0	231	200,0	215	353,3	915	140,0
Revenu après les épisodes maladie (USD)	73	40,0	65	100,0	74	180,0	71	300,0	283	120,0
Variation (%)		-20%		0%		-10%		-15%		-14%

4 DISCUSSIONS

La présente avait pour objectif d'analyser le niveau de revenu des ménages dans la ville de Goma, ainsi que leurs dépenses des soins, au cours de leur itinéraire thérapeutique. Les résultats de cette étude montrent un niveau globalement bas de revenu des ménages (une médiane de 140 Usd), avec 89,9% des ménages vivant avec moins de 1,9 Usd par personne par jour, un faible niveau de couverture par un système d'assurance maladie (9,1% des ménages; 8,5% de personnes), des dépenses catastrophiques encourues par 42,9% des ménages et un impact négatif de l'épisode maladie sur le revenu et le bien-être des ménages.

4.1 LIMITES DE L'ÉTUDE

Avant de discuter les principaux résultats de cette étude, qui indiquent des réelles difficultés de protection financière de la patientèle de Goma au cours de son itinéraire thérapeutique, il importe d'aborder au préalable les trois limites possibles que pourrait comporter cette étude. La première limite potentielle concerne le biais de mémoire. Certains chefs des ménages pourraient avoir eu difficile à se remémorer le nombre d'épisodes maladie, de même que les détails des revenus du ménage ainsi que les dépenses encourus au cours du dernier épisode maladie. Pour réduire ce risque de biais, le questionnaire était administré en présence d'autres membres de famille, qui contribuaient à préciser les données recherchées. La deuxième limite concerne le risque pour le ménage de minorer son niveau de revenu, dans un contexte d'une ville dans laquelle prévaut une insécurité rampante dans certains quartiers. La mise en confiance des ménages par les enquêteurs expérimentés qui ont collecté les données, leur méthodologie de croisement et de validation des données au sein du ménage, pourraient avoir contribué à réduire ce biais. Enfin, la troisième limite de l'étude, concerne la non prise en compte des types des maladies et des échelons des soins dans les analyses. Ces aspects pourront faire l'objet d'études ultérieures plus ciblées.

Nonobstant ces quelques limites, cette étude a le mérite, d'avoir mis en évidence l'important défi d'équité dans l'accès et les dépenses des soins, auxquels sont confrontés les ménages en milieu urbain de Goma. Nous proposons d'en discuter les principaux éléments, au regard de la volonté de la RDC de progresser sur la voie de l'assurance maladie et la CSU [23], [24].

4.2 REVENUS DES MÉNAGES ET COUVERTURE MALADIE: UNE PRÉCARITÉ URBAINE ET DES INÉGALITÉS DES GENRES EN VILLE DE GOMA

Le niveau de revenu des ménages très bas trouvé dans cette étude (revenu moyen de 202,46 Usd; Médiane de 140 Usd) et la forte proportion des ménages vivant en dessous du seuil de pauvreté (89,9%) traduisent un niveau très élevé de précarité urbaine dans la ville de Goma. Ce niveau de revenu des ménages, est certes relativement plus élevé que celui trouvé en milieu rural de Katakombé en RDC (72,11 usd) [16] ainsi qu'en milieu rural de Kasangulu et en milieu urbain de Kinshasa dans la commune de Limete, dont plus de 50% des ménages avaient un revenu mensuel de moins de 50 Usd [25].

La proportion des ménages vivant en dessous du seuil de pauvreté (moins de 1,9 Usd/personne/jour) trouvé à Goma (89,9%), semble plus élevée par rapport à la moyenne nationale des personnes vivant en dessous du seuil de pauvreté, estimée à 76,6% pour l'an 2017 par le PNUD [26]. Enfin, cette étude révèle des inégalités des genres au point de vue du revenu des ménages dans la ville de Goma. En effet, 66,8% des ménages dont le chef de ménage est de sexe féminin, appartiennent au premier et au deuxième quartile de revenu, versus 48,2% de ménages dont le chef de ménage est de sexe masculin ($p < 0,001$). Cette différence serait liée au niveau d'instruction des chefs des ménages et à l'accès à des emplois formels et rémunérateurs qui s'en suit. En effet, les chefs des ménages de sexe masculin étaient généralement plus instruits (76,9% de niveau d'étude secondaire ou plus, versus 45,5% des chefs de ménages de sexe féminin).

Le niveau de couverture par un mécanisme d'assurance maladie, trouvé dans cette étude est trop faible (9,1% de ménages avec au moins un sujet couvert et 8,5% de personnes couvertes). Des inégalités de couvertures selon le niveau de revenus des ménages ont été observées (4,4% pour les ménages du premier quartile, versus 16,3% pour les ménages du quartile le plus élevé). Ce niveau de couverture des ménages par un mécanisme d'assurance est légèrement plus élevé que celui trouvé par Laokri *et al.* [15] en RDC dans les anciennes provinces Orientale/ Maniema (1,4%), du Kasai Oriental/Occidental (0,2%) et de l'Equateur (3,8%). Ce niveau de couverture traduit globalement la situation à l'échelle nationale, qui avoisinerait les 1,2% [27], en dépit de certaines initiatives très localisées, comme la mutuelle de Bwamanda, de Idjui et la mutuelle des enseignants de Kinshasa, dont les taux de pénétration semblent exceptionnellement élevés.

4.3 MORBIDITÉ ET RECOURS DES MÉNAGES AUX SERVICES DE SANTÉ: INÉGALITÉS ET EXCLUSIONS EN MILIEU URBAIN DE GOMA

La présente étude montre que 98,8% des ménages avaient enregistré au moins un sujet malade au cours de 12 derniers mois, mais sans différence statistiquement significative selon les quartiles de niveau de revenu des ménages; cette proportion descendait jusque 91,6% au cours de trois derniers mois. Ces résultats semblent s'éloigner de ceux trouvés par Laokri *et al.* [15] dans quatre anciennes provinces de la RDC (Province orientale, Maniema, Kasai Oriental, Kasai occidental): les proportions des personnes malades au cours de quatre dernières semaines étaient plus basses, avec des différences significatives selon les quintiles de niveau de revenu. Notons qu'entre les deux études, les différences de périodes et de répartition des populations pourraient expliquer les différences observées. En outre, d'après Jusot (2003) [28], l'appréciation subjective par les individus de la limite entre l'état normal et l'état pathologique n'est pas toujours aisée, à tel point que les ménages à faible revenu sous estimerait la gravité de la maladie, selon une étude menée par Dieng *et al.* (2015) [29].

Dans cette étude, le premier recours aux services était dominé par l'achat des médicaments à l'officine pharmaceutique ou l'automédication (50,7%), suivi d'une structure de soins avec médecin (27,2%), un centre de santé (12,3%), le recours à la prière ou au guérisseur (3,1%) ou la prise d'aucuns soins (6,8%). Au vu des résultats trouvés par Bashi *et al.* [30] dans la ville de Bukavu en RDC auprès des mutualistes (50,4%) et Chenge *et al.* [31] dans la ville de Lubumbashi en RDC (54,6%), ce phénomène d'automédication ou recours à la pharmacie, semble de plus en plus répandu en milieu urbain en RDC. Comme argumenté par Kahindo *et al.* [32], dans une précédente étude plus ciblée sur l'itinéraire thérapeutique du patient à Goma, ce phénomène pourrait constituer un révélateur de la faible régulation du secteur pharmaceutique en RDC. Dans une étude menée à Dakar, Koné *et al.* [33] expliquent la pratique de l'automédication chez les plus pauvres par la volonté d'éviter le coût financier; chez les plus riches, ils l'expliquent par la volonté d'éviter le coût d'opportunité, lié au temps perdu par le recours aux services de santé.

Le recours aux services de santé, dans cette étude montre des différences statistiquement significatives selon le quartile de niveau de revenu des ménages. Ces résultats, qui traduisent les inégalités selon le niveau de revenu dans le recours aux soins, rejoignent ceux observés dans d'autres études réalisées en RDC [15] et dans bien d'autres pays en développement [29]. Dans une étude sur les inégalités d'accès aux soins médicaux selon le revenu dans les pays développés, van Doorslaer *et al.* [34] concluaient que ce phénomène semblait universel et était renforcé dans des contextes de prépondérance de l'assurance privée et l'offre privée des soins.

Le renoncement aux soins est un autre phénomène émergent de cette étude (6,8% des ménages, 9,8 des ménages de faible revenu). Dans l'étude réalisée par Laokri *et al.* [15], le taux de renoncement ou de report des soins montait jusqu'à 34%. Ces résultats diffèrent de ceux trouvés au Togo auprès des personnes couvertes par une assurance maladie, dont la proportion de ceux ayant renoncé aux soins était quasi nulle [35].

4.4 DÉPENSES CATASTROPHIQUES DES SOINS ET AUTRES CONSÉQUENCES DE L'ÉPISODE MALADIE SUR LES MÉNAGES

Les dépenses directes des soins des ménages lors du dernier épisode maladie, trouvées dans cette étude, s'étaient élevées à une médiane de 10,67 Usd (variant entre 4 Usd au premier quartile et 10 Usd au quatrième quartile) ($p=0,001$). Ce niveau de dépenses des soins semble plus élevé que celui trouvé en milieu rural de Katakombé en RDC (3,87 Usd) [16], mais assez proche de celui trouvé par Laokri *et al.* (2018) [15] (4,8 Usd, pour les usagers du quintile le plus pauvre et 9,9 Usd pour ceux du quintile le plus riche). En revanche, ce niveau de dépenses est bien plus faible, par rapport à celui trouvé à Lubumbashi, au Sud Est de la RDC pour la prise en charge des urgences néonatales et obstétricales, avec des dépenses médianes de soins de l'ordre de 77 usd pour les cas simples, 207 Usd pour les formes compliquées et 338 usd pour les cas complexes et de césariennes [19].

Les résultats de cette étude montrent, en outre, que 42,9% de ménages se sont retrouvés en situation des dépenses catastrophiques (plus de 25% du revenu du ménage). Ces chiffres sont largement plus élevés que ceux trouvés à Lubumbashi en 2015, en rapport avec les dépenses des soins de prise en charge néonatale et obstétricale (16% des cas des dépenses catastrophiques) [20]. Ils sont en revanche, proches de ceux trouvés dans la même ville en 2019, où 58,4% des mères étaient incapables de faire face aux dépenses des soins néonataux et obstétricaux [19]. Dans la même ville, face à cette incapacité de payer, il a été décrit des cas flagrants de détention entre 1 à 30 jours de 52% de mères ayant accouché dans une structure hospitalière [18]. Dans une étude menée en Éthiopie par Borde *et al.* [36], la proportion des ménages ayant encourus des dépenses catastrophiques (46%), est assez proches de celle trouvée dans notre étude. Des résultats quasi similaires ont été trouvés au Nigeria [37]. En revanche, dans certains autres pays, notamment ceux ayant mis en place des systèmes de prépaiement des soins et de protection sociale, les proportions des cas de dépenses catastrophiques sont plus faibles; cas d'une étude réalisée au Bangladesh avec seulement 14,2% des ménages [38] et au Chili, avec seulement 4% des ménages [39].

Outre les dépenses catastrophiques des soins, les résultats de la présente étude mettent en évidence, d'autres conséquences sur le ménage, notamment la perte des journées de travail non seulement pour le patient (29,8% des cas), mais aussi pour le garde malade (31,1% des cas). Enfin, le dernier épisode maladie avait occasionné une perte de revenu médian de 14% (jusque 20% pour les ménages appartenant au quartile le plus pauvre).

4.5 NÉCESSITÉ DE REPENSER L'ÉQUITÉ DANS L'ACCÈS ET LE FINANCEMENT DES SOINS EN RDC

En dépit du dynamisme reconnu à la population du Nord Kivu, les résultats de cette étude en milieu urbain de Goma, montrent un niveau très élevé de précarité urbaine, d'inégalités des genres et de revenus dans le parcours des soins et des dépenses catastrophiques des soins. Ces résultats mettent à rude épreuve le principe de recouvrement des coûts des soins auprès des usagers, tel que prôné par l'initiative de Bamako [11]. En outre, le niveau de couverture par le système d'assurance maladie, basée sur les mutuelles de santé est fort limité malgré les efforts déployés en lien avec la loi sur les mutualités promulguée en RDC en 2017 [40]. Cette loi, qui comporte un caractère obligatoire pour les congolais exerçant dans les secteurs formels et un caractère volontaire, pour les autres congolais, qui constituent plus de 80% de la population, semble en décalage avec la loi cadre sur la santé publique [41] qui s'inscrit dans la logique de la couverture santé universelle (CSU), ainsi qu'avec les objectifs du plan stratégique pour la CSU en RDC. En outre, avec le niveau de revenu et de pauvreté trouvé dans cette étude, il est illusoire d'espérer une contribution volontaire substantielle des ménages, dans un dispositif de prépaiement. Il importe donc d'explorer les possibilités de levée plus importante des financements nécessaires pour compenser, de manière différenciée en fonction du niveau de revenu de ménages, les contributions de ces derniers, bien limitées pour nombreux d'entre eux. Dans un contexte d'un budget limité de l'Etat, la voie des financements innovants mérite d'être sérieusement étudiée, comme suggéré dans deux études sur l'assurance maladie au Nord Kivu [42], [43] et tel qu'indiqué dans le plan stratégique pour la CSU en RDC [23]. Parallèlement, la gouvernance du secteur de la santé et du secteur des financements devrait évoluer pour être en phase avec cette volonté de rendre effectif le droit à la santé pour tout congolais vivant en milieu urbain et en milieu rural. Le législateur pourrait faire évoluer le cadre légal sur les mutualités, vers un nouveau cadre, qui favorise les options suggérées ci haut et qui permette aux instances exécutives du niveau national et du niveau provincial, de progresser sur la mise en place d'un système d'assurance maladie à même d'apporter des réponses aux défis d'équité dans l'accès à des services de santé de qualité, relevés dans la présente étude.

5 CONCLUSION

Cette étude sur le revenu des ménages et leurs dépenses des soins au cours de leur itinéraire thérapeutique dans la ville de Goma, met en évidence le niveau élevé de précarité des ménages, l'ampleur des dépenses catastrophiques des soins encourues, ainsi que les inégalités dans le parcours des soins en milieu urbain de Goma.

Ces résultats mettent à rude épreuve le principe de recouvrement des coûts auprès des usagers, tel que défendu par l'initiative de Bamako. En outre, ils mettent en exergue les limites d'un système de santé et d'un système d'assurance maladie basés sur les contributions volontaires des ménages vivant un tel niveau de précarité.

Dans ce contexte, le cadre législatif sur l'assurance maladie, la gouvernance, la régulation et le financement des services de santé en RDC, requièrent d'être repensés, au regard de la volonté exprimée par la RDC de progresser sur la voie de la couverture santé universelle.

CONFLIT D'INTÉRÊT

« Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de relation financière ni personnelle qui pouvait les avoir influencés de manière inappropriée en rédigeant cet article ».

CONTRIBUTION DES AUTEURS

Conception du protocole de l'étude: Jean-Bosco Kahindo Mbeva, Mitangala Ndeba Prudence Mahamba Nzanu

Coordination et suivi de la collecte des données: Jean-Bosco Kahindo Mbeva

Analyse des données: Mahamba Nzanu, Mitangala Ndeba Prudence, Jean-Bosco Kahindo Mbeva

Rédaction de l'article: Mahamba Nzanu, Jean-Bosco Kahindo Mbeva

Relecture et production de la version finale de l'article: Jean-Bosco Kahindo Mbeva, Mitangala Ndeba Prudence, Edgar Tsongo Musubao, Mahamba Nzanu, Aminata Kavugho, Eric Tchouaket.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Union Européenne et le Gouvernement Belge (DGD) pour le financement du PADISS (projet d'appui au développement intégré du système de santé au Nord-Kivu), projet dans le cadre duquel cette étude a été réalisée.

REFERENCES

- [1] OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2008: les soins de santé primaires - maintenant plus que jamais. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2008.
- [2] OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2010: Le financement des systèmes de santé. Le chemin vers une couverture universelle. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2010.
- [3] World Health Organization and the United Nations Children's Fund (UNICEF), Global conférence on primary health care. Astana, Kazakhstan, 25-26 October 2018. Geneva, World Health Organization, 2018.
- [4] OMS, Plaidoyer pour la couverture sanitaire universelle. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2013.
- [5] P. Vimard, A. Mohamed, P. Baudot, A. Lahman, B. Sabir, M. Zouini, M. Cherkaoui, "Mortalité des enfants, inégalités et vulnérabilités au Maroc et dans le monde", Université Cadi Ayyad, LPED, pp.73-93, 2010, <https://hal.ird.fr/ird-00577796>.
- [6] Organisation Mondiale de la santé et la Banque internationale pour la reconstruction et le développement/La Banque Mondiale, Rapport mondial de suivi 2017: la couverture-santé universelle: Résumé analytique [Tracking universal health coverage: 2017 global monitoring report]. Genève, Organisation mondiale de la Santé et la Banque internationale pour la reconstruction et le développement/ La Banque mondiale, 2018.
- [7] Organisation mondiale de la Santé, Organisation de Coopération et de Développement Économiques et la Banque internationale pour la reconstruction et le développement/ La Banque mondiale, La qualité des services de santé: un impératif mondial en vue de la couverture santé universelle. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2019.
- [8] C. Ngcamphalala, J. E. Ataguba, "An assessment of financial catastrophe and impoverishment from out-of-pocket health care payments in Swaziland", Global Health action, Vol. 11, pp.1428473, 2018 <https://doi.org/10.1080/16549716.2018.1428473>.
- [9] Amarech G., Obse, J. E. Ataguba, "Assessing medical impoverishment and associated factors in health care in Ethiopia", BMC International Health and Human Rights, Vol.20, no.7, pp. 2-9, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12914-020-00227-x>.
- [10] J. Akazili, J. Ele-Ojo Ataguba, E. Wedam Kanmiki, J. Gyapong, O. Sankoh, A. Oduro and Di McIntyre, "Assessing the impoverishment effects of out-of-pocket healthcare payments prior to the uptake of the national health insurance scheme in Ghana", BMC International Health and Human Rights, vol.17, no.3, pp. 1-8, 2017. DOI 10.1186/s12914-017-0121-7.
- [11] V. Ridde. L'initiative de Bamako, 15 après. Un agenda inachevé. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2004.
- [12] Ministère de la santé de la RDC. Plan national de développement sanitaire 2016- 2020. Vers la couverture sanitaire universelle. Kinshasa, Ministère de la santé de la RDC, 2016.
- [13] United Nations, Economic and Social Affairs, World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Available at <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>.
- [14] Ministère de la santé publique de la RDC, Rapport sur les comptes de la santé de la RDC 2018. Kinshasa, Ministère de la Santé publique de la RDC, Juin 2020.
- [15] S. Laokri, R. Soelaeman and D. R. "Hotchkiss, Assessing out-of-pocket expenditures for primary health care: how responsive is the Democratic Republic of Congo health system to providing financial risk protection? " BMC Health Services Research, vol.18, no.1, pp.2-19,2018. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3211-x>.
- [16] M. N. Shako, J. Kokolomani, Y. Kluyskens, "Mise en place d'une micro-assurance santé à Katako-Kombe, RDC: contraintes et défis, " Santé publique, vol. 30, no. 6, pp. 887-898, 2018.
- [17] A. M. Ntambue, F.K. Malonga, M. Dramaix-Wilmet, T.M. Ilunga, A.N. Musau, C.M Matungulu. et al. "Commercialization of obstetric and neonatal care in the Democratic Republic of the Congo: A study of the variability in user fees in Lubumbashi, 2014." PLoS ONE, vol. 13, no.10, pp.1-26, 2018. e0205082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205082>.
- [18] K. D. Cowgill, and A. M. Ntambue, "Hospital detention of mothers and their infants at a large provincial hospital: a mixed-methods descriptive case study, Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo." Reproductive Health, vol.16, no. 111, pp.2-15, 2019, <https://doi.org/10.1186/s12978-019-0777-7>.

- [19] N.A. Musau, A.M. Ntambue, O.J. Mungomba, M.H. Tshamba and K.F. Malonga, "Social and economic consequences of the cost of obstetric and neonatal care in Lubumbashi, Democratic Republic of Congo: a mixed methods study", *BMC Pregnancy and Childbirth*, vol. 21, no. 315, pp.2-13, 2021, <https://doi.org/10.1186/s12884-021-03765-x>.
- [20] A.M. Ntambue, F.K. Malonga, D. K. Cowgill, M. Dramaix-Wilmet and P. Donnen, "Incidence of catastrophic expenditures linked to obstetric and neonatal care at 92 facilities in Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo, 2015", *BMC Public Health*, vol. 19, no. 948, 2019.
- [21] L. Pech, K. Büscher, and T. Lakes, "Intraurban development in a city under protracted armed conflict : patterns and actors in Goma, DR Congo, " *Political Geography*, vol. 66, pp. 98-112, 2018.
- [22] M. Hendriks and K. Büscher. *L'insécurité à Goma: expériences, acteurs et réponses*. London, UK, Rift Valley Institute, 2019.
- [23] République Démocratique du Congo, Présidence de la République, Plan stratégique national pour la Couverture Santé Universelle en République Démocratique du Congo. Kinshasa, République Démocratique du Congo, Présidence de la République, 2020.
- [24] Ministère de la santé de la RDC. Plan national de développement sanitaire 2019- 2022. Vers la couverture sanitaire universelle. Kinshasa, Ministère de la santé de la RDC, 2019.
- [25] N.R. Ngatu, S. Kanbara, A. Renzaho, R. Wumba, E. P. Mbelambela, S.M. Muchanga, B. A. Muzembo, N.L. Kabamba, C. Nattadech, T. Suzuki, N.O. Luboya, K.Wada, M. Ikeda, S. Nojima, T. Sugishita and S. Ikeda, "Environmental and sociodemographic factors associated with household malaria burden in the Congo", *Malaria Journal*, Vol.18, no. 53, pp.2-9, 2019, <https://doi.org/10.1186/s12936-019-2679-0>.
- [26] PNUD (Programme des Nations Unies pour le développement). Rapport sur le développement humain 2019: Au-delà des revenus, des moyennes et du temps présent: Les inégalités de développement humain au XXI^e siècle. New York, PNUD, 2019.
- [27] B. Criell, M. Waelkens, F. K. Nappa, Y. Coppieters, S. Laokri, "Can mutual health organisations influence the quality and the affordability of healthcare provision ? The case of the Democratic Republic of Congo", *PLoS ONE*, vol.15, no.4, pp. 1-21, 2020. e0231660. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231660>.
- [28] F Jusot. *Revenu et mortalité: Analyse économique des inégalités sociales de santé en France*. Thèse de doctorat. Paris, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 2003.
- [29] M. Dieng, A. Mathonnat, J.Y Le Hesran, A. Ta Dial, Déterminants de la demande de soins en milieu péri-urbain dans un contexte de subvention à Pikine, Sénégal. Clermont-Ferrand, CERDI (Etudes et Documents du CERDI; 15), 2015. ISSN 2114-7957.halshs-01027504v2.
- [30] J. Bashi, S. Drissa, E. Tchouaket, S.J. Balegamire, H. Karemere, "Mutuelles de santé à Bukavu en République Démocratique du Congo: facteurs favorables à l'utilisation des services de santé par des adhérents", vol. 35, no. 100, pp. 1-11; 2020. doi: 10.11604/pamj.2020.35.100.20441.
- [31] M.F. Chenge, J. Van der Venet, N.O. Luboya, V. Vanlerberghe, M.A Mapatano, and B. Criel, "Health-seeking behaviour in the city of Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo: results from a cross-sectional household survey," *BMC Health Services Research*, vol.14, no.173, pp.1-12, 2014. doi: 10.1186/1472-6963-14-173.
- [32] M.J-B. Kahindo, N.P. Mitangala, E. T. Musubao, M. Nzanu, N.E. Namegabe, C. Kimanuka, H. Lambert, and D. Porignon, "Patient itinerary in Africa settings: Goma city case in the east of the Democratic Republic of Congo." *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 53 No. 1. Pp. 85-97, 2021.
- [33] G. Koné. *L'équité de l'accès aux soins dans un contexte de subvention des médicaments: Une analyse économétrique des déterminants du recours aux soins à Dakar*. Thèse d'économie. Dakar, Université Cheikh A. DIOP, 2012.
- [34] E. van Doorslaer, C. Masseria, X. Koolman, "Inequalities in access to medical care by income in developed countries", *CMAJ*, vol. 174, no.2, pp.177-183, 2006. DOI: 10.1503/cmaj.050584.
- [35] E. Atake et D. Amendah, "Porous safety net: catastrophic health expenditure and its determinants among insured households in Togo, " *BMC Health Services Research*, vol. 18, No. 175, pp. 1-12,2018. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-2974-4>.
- [36] M.T. Borde, E. Loha, K.A. Johansson and B. Lindtjorn, "Financial risk of seeking maternal and neonatal healthcare in southern Ethiopia: a cohort study of rural households," *International Journal for Equity in Health*, Vol. 19, no.69, pp. 2-16, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12939-020-01183-7>.
- [37] C.A.Onoka, O.E. Onwujekwe, K. Hanson, B.S. Uzochnikwu, "Examining catastrophic health expenditures at variable thresholds using household consumption expenditure diaries, " *Tropical Medicine & International Health*, vol. 16, pp. 1334-41, 2011.
- [38] C.A.M. Khan, S. Ahmed, T. G. Evans, "Catastrophic healthcare expenditure and poverty related to out-of-pocket payments for healthcare in Bangladesh—an estimation of financial risk protection of universal health coverage, " *Health Policy and Planning*, vol.32, pp.1102–1110, 2017. Doi: 10.1093/heapol/czx048.

- [39] J.K. Kira, C. C. Pedraza, A. Schmid, "Out-of-pocket expenditure and financial protection in the Chilean health care system -A systematic review", Vol. 121, no. 5, pp. 481-494, 2017.
- [40] République Démocratique du Congo, Présidence de la République, Loi organique N° 17/002 du 08 février 2017 déterminant les principes fondamentaux relatifs à la mutualité. Kinshasa, République Démocratique du Congo, Présidence de la République, 2017.
- [41] République Démocratique du Congo, Présidence de la République, Loi N° 18/035 du 13 décembre 2018 fixant les principes fondamentaux relatifs à l'organisation de la santé publique. Kinshasa, République Démocratique du Congo, Présidence de la République, 2018.
- [42] E.N. Tchouaket. Étude de faisabilité sur l'opérationnalisation de la loi nationale et l'édit provincial sur l'assurance maladie et les mutuelles de santé au Nord-Kivu. Goma, ULB Coopération- PADISS, 2019.
- [43] M.J-B. Kahindo, M. Nzanu, L. K. Nyavanda, O. B. Ngbape et G. Kasereka, "Fonds d'achat des services de santé: une expérience de renforcement de l'accessibilité aux soins et un pas vers l'assurance santé au Nord Kivu, " Annales de la Faculté de santé et développement communautaires de l'ULPGL de Goma. Revue Scientifique ISSN 1813-3886, vol.1. N°3, pp.1-15, 2020.

Contribution des réseaux sociaux numériques à la promotion de l'éducation à la citoyenneté en Côte d'Ivoire

[Contribution of digital social networks to the promotion of citizenship education in Côte d'Ivoire]

Ahou Florence Agney

Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Using functionalist theory, this article examines the contribution of digital social networks to the promotion of citizenship education in Côte d'Ivoire. It examines a corpus of ten videos from the Facebook pages of Prefect Vincent Toh Bi Irié, in the section « Allo ! Côte d'Ivoire », and of Maître N'Dri Claver, in « Le droit dit quoi ? ». The results of the content analysis show that the themes dealt with in these videos concern legal issues and moral values. The initiators of these broadcasts wish to participate, on the one hand, in the awakening of the population's conscience and, on the other hand, to give rise to a new generation of citizens who are aware of and subject to the values that underpin the rule of law.

KEYWORDS: Contribution, digital social networks, education to citizenship, Côte d'Ivoire.

RESUME: A partir de la théorie fonctionnaliste, cet article étudie l'apport des réseaux sociaux numériques à la promotion de l'éducation à la citoyenneté en Côte d'Ivoire. Il examine un corpus composé de dix vidéos provenant des pages Facebook du Préfet Vincent Toh Bi Irié, dans la rubrique « Allo ! Côte d'Ivoire » et de Maître N'Dri Claver, dans « Le droit dit quoi ? ». Les résultats de l'analyse de contenu démontrent que les thèmes traités dans ces vidéos portent sur des questions juridiques et des valeurs morales. Les initiateurs de ces émissions désirent participer ainsi, d'une part à l'éveil de conscience de la population et d'autre part, susciter une nouvelle génération de citoyens consciente et soumise aux valeurs qui fondent un État de droit.

MOTS-CLEFS: Contribution, réseaux sociaux numériques, éducation à la citoyenneté, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La question des usages des Réseaux Sociaux Numériques (RSN) dans la lutte politique, le militantisme et la mobilisation citoyenne (M. Triki, 2013; D. Cardon, 2012) ainsi que leurs effets sur l'opinion, intéressent la communauté scientifique depuis les événements du « Printemps arabe » (B. Abdallah, 2012; R. Lecomte, 2013). Mobilisés dans les révolutions arabes (S. Najar, 2013; F. Ahmar, 2013), ils sont devenus des outils incontournables de communication. Les RSN tels que Facebook et Twitter, se posent désormais comme de « nouveaux » moyens d'expression populaire. En effet, ils favorisent l'interaction, la participation, le partage et l'échange d'information (F. Millerand et al., 2010). Ils permettent également à tout individu ou à des groupements politiques et sociaux d'interagir avec leurs followers en temps réel sans le moindre filtre journalistique. Grâce à toutes ces fonctionnalités, ils supplantent ainsi les médias classiques.

En Côte d'Ivoire, les RSN semblent s'imposer dans les habitudes informationnelles des Ivoiriens devant des médias traditionnels. Nombre d'internautes Ivoiriens y ont recours continuellement pour s'informer, participer aux débats publics, et produire des contenus. D'autres s'en servent pour faire du militantisme et de la propagande politique. D'ailleurs, ces dernières

années, les plateformes numériques ont joué un grand rôle d'interactivité dans la mobilisation citoyenne notamment lors des élections présidentielles de 2010, 2015 et 2020. A ces occasions, ils ont servi de moyens d'expression. A ce sujet, il est loisible de relever sur Facebook et sur YouTube une prolifération de comptes créés par des « cybermilitants ». Rangés derrière des acteurs politiques, ceux-ci en font un usage intensif pour mener des campagnes de dénigrement contre leurs adversaires politiques (F. Agney, 2018). Cette façon de faire ne favorise pas la cohésion sociale ni le climat de paix tant recherché dans ce pays en proie à de nombreuses crises politiques et communautaires.

Depuis deux décennies, la Côte d'Ivoire connaît une rupture de la citoyenneté caractérisée par la perte des valeurs morales, civiques et comportementales. Cela a été causée par les crises multiformes (coup d'Etat 1999, rébellion armée 2002, crise postélectorale 2010-2011) qui ont laissé de nombreuses séquelles sur nombre d'Ivoiriens: violence, destruction de biens, haine, etc. Ces différents conflits révèlent d'ailleurs une certaine fragilité de l'unité nationale et mettent en évidence les clivages entre les populations. Ils démontrent également l'absence d'un véritable État de droit. De plus, les individus n'arrivent plus à s'identifier dans les règles communes encore moins à les respecter. Or, l'enjeu majeur pour cette nation est la recherche de la paix et de la stabilité socio-politique qui passe inéluctablement par la solidarité, le lien social, l'égalité, le respect des droits et des devoirs. En d'autres termes, la mise en place d'une sorte de « contrat social » (J.J. Rousseau, 1762) où chaque citoyen est respectueux des lois qui régissent la République.

C'est pourquoi, des voix vont s'élever pour réfléchir sur l'éducation à la citoyenneté des habitants de la Côte d'Ivoire afin de créer une nouvelle génération de citoyens respectueux de la loi et des valeurs qui fondent la vie en société. D'ailleurs, depuis la fin de la crise postélectorale de 2011, les questions d'éducation à la citoyenneté préoccupent les gouvernants à cause des comportements anti-sociaux de certains individus. Ainsi, au lendemain de la guerre civile de 2011, les autorités vont inscrire au nombre de leurs préoccupations l'Éducation aux Droits de l'Homme et à la Citoyenneté (EDHC) afin d'instaurer une culture de la paix dans le système éducatif. Malgré cela, le pays n'a toujours pas une démocratie manifeste, enracinée et soutenue par des démocrates convaincus. C'est dans ce contexte que vont naître des pages Facebook consacrées à l'éducation à la citoyenneté en plus de ce qui est fait en milieu scolaire et dans des centres d'alphabétisation. Ces supports numériques portent sur les droits et devoirs du citoyen, promeuvent des valeurs telles que le respect des autres, le pardon et la liberté d'expression. De cette façon, les auteurs de ces pages Facebook contribuent à l'éducation juridique, civique et morale de la population ivoirienne. Ils participent ainsi à la construction d'une nation plus unie et plus forte, faisant fi des clivages ethniques, politiques et religieux. C'est fort de ce constat que cette étude s'interroge sur l'apport des réseaux sociaux numériques dans la promotion de l'éducation à la citoyenneté en Côte d'Ivoire. Quels sont les enjeux de leur création ? Comment les notions de l'éducation citoyenne sont-elles véhiculées ? Quel est leur contenu ? Autrement dit, comment ces plateformes participent-elles à la construction des citoyens ?

Le travail vise à analyser la contribution des réseaux sociaux numériques notamment Facebook à la promotion des devoirs et des obligations juridiques, des valeurs morales et sociales qui soutiennent l'engagement des citoyens dans la gestion de la cité.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

Cette recherche s'appuie sur le fonctionnalisme qui est « *une démarche qui consiste à saisir une réalité par rapport à la fonction qu'elle a dans la société ou par rapport à son utilité.* » (N'Da, 2006, p. 70). En d'autres termes, cette théorie tente de comprendre les phénomènes sociaux en identifiant les fonctions qu'elles remplissent dans l'ensemble auquel ils appartiennent (Delas et Milly, 2015). Les réseaux sociaux numériques constituent un de ces phénomènes sociaux tout à fait pertinent à l'analyse fonctionnaliste. Tout comme pour les autres institutions, le fonctionnalisme envisage les réseaux sociaux numériques comme étant dépendants des désirs et des besoins individuels. Ainsi, si ces plateformes existent, c'est parce qu'elles répondent à des besoins. Ce qui peut expliquer l'utilisation que l'on en fait. Ce modèle théorique permet donc dans cette étude d'expliquer la fonction c'est-à-dire la contribution des réseaux sociaux numériques dans la promotion à l'éducation citoyenne.

Le choix de Facebook s'explique par sa grande popularité, et surtout parce qu'il est le réseau social le plus utilisé par beaucoup d'Ivoiriens. Selon les chiffres de l'Autorité de Régulation des Télécommunications de Côte d'Ivoire (ARTCI¹), sur 4.900.000 usagers des RSN, Facebook compte 4.700.000 utilisateurs.

Pour mieux appréhender cette étude, il importe de définir le concept de l'éducation à la citoyenneté.

¹ Autorité de Régulation des Télécommunications/TIC de Côte d'Ivoire - L'Autorité (artci.ci)

Déoulant du vocable citoyen, le concept de citoyenneté a traversé des époques depuis la Grèce antique, la Rome antique jusqu'à la Révolution française. Historiquement liée à la démocratie, Y. Alpes et al. (2010) définissent la citoyenneté comme « un ensemble des normes juridiques qui fondent le statut de citoyen » (p. 35). Pour J. Pitseys, la citoyenneté est « la capacité de reconnaître les valeurs requises pour la vie en commun, d'effectuer et d'agir avec la conscience d'appartenir à un corps social organisé » (Ibidem). M. Balabala (2017) se veut plus explicite quand il affirme:

« La citoyenneté est une vertu de la personne qui a une connaissance de sa place dans la société, des responsabilités que cela lui impose, des obligations et contraintes que son existence même impose aux autres et à la collectivité. Elle est de ce point de vue, une interpellation à la promotion des valeurs qui soutiennent le sens d'engagement des hommes dans la gestion de la cité » (p.15).

Au regard des définitions susmentionnées, nous retenons en substance que la citoyenneté est un ensemble de qualités morales, de devoirs juridiques et civiques considérés comme nécessaires à la bonne marche de la cité. Elle vise ainsi à définir les liens qui existent entre l'individu et l'État, à savoir la place que celui-ci occupe dans une démocratie.

Par ailleurs, la citoyenneté porte un ensemble de valeurs qui sont exprimées à travers la morale, le civisme, la solidarité, la liberté de conscience contribuant certainement au vivre ensemble. Pour faciliter ainsi la compréhension de ces valeurs par le citoyen, les sociétés modernes vont mettre en avant l'éducation à la citoyenneté.

Selon M. Musadila:

« L'éducation à la citoyenneté est une initiation au bien-vivre dans une cité donnée (État, pays, nation), dans le respect des droits et des devoirs de chacun et de tous, ainsi que des règles de vie commune, en veillant au sens du bien commun et de l'intérêt de tous, pour la paix, la prospérité et le développement de la cité » (Op. cit. p.19).

En d'autres termes, l'éducation à la citoyenneté est un ensemble de connaissances, d'attitudes et d'aptitudes visant à sensibiliser sur les valeurs requises pour la vie commune dans la société. En effet, dans les sociétés en proie à la perte du civisme et des valeurs morales, il y a une urgence à former les citoyens sur leurs droits et devoirs. L'éducation à la citoyenneté s'impose de ce fait comme un canevas de cet apprentissage des valeurs morales, des devoirs civiques, et de l'engagement citoyen pour la défense des droits de la personne pour mieux vivre ensemble. C'est pourquoi F. Audigier (2000) dira que l'éducation à la citoyenneté apparaît comme un moyen de pacifier les relations entre les humains et de rétablir le lien social.

L'instrument utilisé pour le recueil des données est l'étude documentaire. Il s'agit des vidéos diffusées exclusivement sur les pages Facebook de Maître N'Dri Claver dans la rubrique intitulée « Le droit dit quoi ? » et du Préfet Vincent Toh Bi Irié « Allô ! Côte d'Ivoire ». Ces productions portent sur la question de l'éducation à la citoyenneté. Le corpus analysé est composé d'un ensemble de dix (10) vidéos dont cinq (05) proviennent du compte de Maître N'Dri Claver et cinq (5) de Vincent Toh Bi Irié.

Le tableau ci-dessous présente le corpus.

Tableau 1. Présentation des 10 vidéos composant le corpus d'étude

	N°	Titre de la vidéo	Durée	Date de publication
Maître N'Dri Claver	1	« Qu'est-ce-qu' un député ? »	35, 48 min	19 /02/ 2021
	2	« Le licenciement abusif »	30, 59 min	05 /02/ 2021
	3	« La liberté d'expression: son étendue et ses limites ».	37, 51 min	1 ^{er} /01/ 2021
	4	« Les droits du locataire dans un bail à usage d'habitation »	38, 07 min	11 /12/ 2020
	5	« L'assignation à résidence surveillée »	18, 41 min	07 /11/ 2020
Préfet Vincent Toh Bi Irié	1	« Nous sommes tous sœurs et frères »	04, 50 min	19 /02/ 2020
	2	« Comprendre les conflits »	06, 14 min	18 /09/ 2020
	3	« Le pardon »	07, 39 min	21 /09/ 2020
	4	« Le pouvoir »	05, 54 min	14 /09/ 2020
	5	« Leadership »	04, 03 min	11 /09/ 2020

Ce corpus est adapté à cette recherche parce qu'il est en rapport avec le sujet étudié. Parmi la pléthore de pages sur Facebook traitant de la question de l'éducation à la citoyenneté en Côte d'Ivoire, le choix s'est porté sur celles de Maître N'Dri Claver et du Préfet Vincent Toh Bi Irié parce qu'elles comptent le plus d'abonnés et sont les plus suivies par les internautes.

Les investigations se sont déroulées sur une période de six (6) mois (septembre 2020 à février 2021), c'est-à-dire dès l'apparition des premières émissions consacrées à l'éducation citoyenne sur ces deux plateformes.

La recherche s'inscrivant dans une perspective qualitative, les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse de contenu thématique. La transcription des vidéos a permis d'identifier et de catégoriser les différents thèmes ayant trait à l'éducation à la citoyenneté. Il y a d'un côté ceux portant sur les droits et les devoirs des citoyens (des thèmes juridiques) et de l'autre des sujets relatifs aux valeurs morales (civisme, civilité, etc.) qui fondent la vie dans la collectivité. Cette démarche a permis d'obtenir des résultats.

3 RÉSULTATS

L'analyse des résultats est organisée autour de deux points. Le premier examine les vidéos de Maître N'Dri Claver qui aborde des questions juridiques. Le deuxième point est consacré aux vidéos du Préfet Vincent Toh Bi Irié qui traite des questions morales et comportementales.

3.1 MAÎTRE N'DRI CLAVER ET LES QUESTIONS JURIDIQUES

Maître N'Dri Claver est l'initiateur de l'émission « Le droit dit quoi ? » (voir image 1) qu'il diffuse sur son compte Facebook Maître N'Dri Claver ou Maître N'Dri Claver officiel. Avocat au barreau de Côte d'Ivoire et par ailleurs inscrit sur la liste des conseils de la Cour Pénale Internationale (CPI), il a créé son compte le 17 octobre 2018 et enregistre 100 691 abonnés au 07 avril 2021. Par cette émission, cet homme de droit s'engage « à éduquer la population à une culture juridique afin de créer un État dans lequel les citoyens n'ignorent pas leurs droits »², et ce, parce qu'une société qui ne respecte pas la loi n'est pas une société appelée à se perpétuer.



Image 1. Capture d'écran de l'émission « Le droit dit quoi ? »

Source: <https://www.facebook.com/Maître-Ndry-Claver-720857434959254/videos/488666315516145>

Dans la vidéo intitulée « Comprendre la place du député dans une nation », Maître N'Dri Claver aborde les fonctions réelles du député dans une nation. Il profite de l'approche des élections législatives du 6 mars 2021 pour éclairer les votants sur le rôle du député dans la nation. Le député est avant tout le représentant de la nation au sein du parlement. Il est choisi pour parler au nom du peuple. Premièrement, il participe au vote de la loi, expression de la volonté populaire. Deuxièmement, le député contrôle l'action du gouvernement; ce qui fait de lui un contre-pouvoir.

² Propos extraits de l'émission de Maître N'Dri Claver

Cette capsule explicative sur le rôle du député visait à éclairer les Ivoiriens afin qu'ils choisissent le candidat qui pourra les représenter valablement au parlement.

L'un des thèmes traités est « La liberté d'expression ». Dans cette vidéo, l'avocat débat de ce sujet d'actualité qui préoccupe nombre d'internautes. Qu'est-ce que la liberté d'expression ? Quelle est son étendue ? Quelles sont ses limites ?

Dans sa consultation, le juriste relève que la liberté d'expression n'est pas définie par un texte de loi. Elle a été consacrée à partir d'une lutte pour la liberté. Inhérente à l'homme, elle est perçue comme l'être humain qui doit être capable d'exprimer ses pensées et ses idées. Ainsi, les sociétés qui respectent les droits humains vont garantir aux citoyens l'expression de leurs idées. En substance, « *la liberté d'expression est tout ce qui participe à véhiculer ses idées, ses pensées, la caricature (...), les possibilités de dire ce qu'on pense* ». Elle participe à la vie de la société dans une démocratie. C'est la raison pour laquelle l'État va travailler à garantir cette liberté qui est précieuse pour chaque citoyen. C'est l'exemple de la république de Côte d'Ivoire qui a consigné cette liberté dans sa Constitution. Toutefois, le juriste a interpellé ses concitoyens à dépassionner le débat parce que la liberté d'expression n'est pas absolue. Elle a une limite. L'adage ne dit-il pas que la liberté des uns s'arrête là où commence celle des autres ? En d'autres mots, on est libre tant que notre liberté n'empiète pas sur celle des autres. Aussi le juriste cite-t-il l'article de référence de la Constitution de 2016³ qui stipule :

« Les libertés s'exercent sous la réserve du respect de la loi, des droits d'autrui, de la sécurité nationale et de l'ordre public. Toute propagande ayant pour but ou pour effet de faire prévaloir un groupe social sur un autre, ou d'encourager la haine raciale, tribale ou religieuse est interdite » (Art 19).

Par ailleurs, la diffamation, l'injure, les invectives sont des limites de la liberté d'expression.

Somme toute, tout individu est libre de parler et d'écrire. Cependant, en le faisant, le citoyen doit avoir en vue la loi, les droits d'autrui, la sécurité nationale et l'ordre public car la liberté d'expression est reconnue à chacun dans un objectif précis d'épanouissement de la personne. De plus, la liberté doit s'exprimer pour une cohésion sociale. Par exemple, tout ce qui va dans le sens de la fragilisation de la cohésion sociale, dans l'atteinte aux droits de l'autre, de la personne que l'on indexe va à l'encontre de la liberté d'expression. C'est pourquoi l'avocat a invité ses concitoyens à exercer avec responsabilité leur liberté d'expression.

Dans une autre vidéo ayant pour thème « *L'assignation à résidence* », Maître N'Dri Claver profite de l'actualité politique⁴ pour répondre aux préoccupations de la population sur cette question. L'assignation à résidence est un principe de la liberté, qui est un droit fondamental. Être assigné à résidence, c'est être dans un endroit, un domicile et limiter les mouvements. L'assignation à résidence trouve son cadre légal dans la démocratie. Concernant la Côte d'Ivoire, le juriste note qu'il trouve sa base légale dans la loi N° 634 du 17 janvier 1963 relative à l'utilisation des personnes en vue d'assurer la promotion économique et sociale de la nation. Autrement dit, tout homme dont l'action s'avère nuisible à la promotion économique et sociale peut être assigné à résidence par décret. Ce décret doit préciser le nom complet de l'assigné, le lieu d'assignation, les formalités, les conditions de contrôle et préciser la durée de la mesure. Tout ceci doit être notifié et transmis par la police à la personne qui doit être assignée. Au regard de cette loi, l'avocat fait observer que l'assignation à résidence est conditionnée par un décret d'application qui doit être pris dans le cadre de la promotion économique et sociale de la nation. En résumé, l'assignation à résidence existe en Côte d'Ivoire et doit se faire par décret pris par le Président de la République. Toutefois, en dehors du décret présidentiel, toute assignation à résidence apparaît contraire aux droits selon Maître N'Dri Claver.

Une autre vidéo est intitulée « *Les Rapports entre le bailleur et le locataire dans le bail d'habitation* ». Elle fait suite aux nombreux conflits existants entre les propriétaires et les locataires. En effet, le gouvernement ayant constaté avec les députés qu'il y avait des fixations illimitées des loyers d'avance, a pris de nouvelles lois afin de situer les responsabilités du propriétaire et du locataire. Pour mieux encadrer le locataire, Maître N'Dri Claver prodigue des conseils à la population en matière de location de maison et d'habitation. Dans son exposé, il énonce les références juridiques, c'est-à-dire la loi qui permet de résoudre les différents types de difficultés pouvant éventuellement se poser entre les deux parties. Il s'agit de la loi 2019 576 du 26 juin 2019 instituant le code de la construction et de l'habitat. Son article 408 stipule que le bail à usage d'habitation met deux personnes en relation. Il y a d'un côté le propriétaire d'une maison qui décide d'utiliser son appartement pour que des personnes viennent y dormir, et de l'autre, le locataire, celui qui loue la maison. L'article 414 de cette loi prévoit que le bail à usage d'habitation soit obligatoirement écrit. Il peut être soit à durée déterminée soit à durée indéterminée. Pour éviter des

³ Constitution de 2016 – Présidence de la république de Côte d'Ivoire (presidence.ci)

⁴ Le blocus devant le domicile de l'opposant Henri Konan Bédié en novembre 2020 après la création du Conseil National de Transition (CNT).

désaccords entre le propriétaire et le locataire, il est conseillé à ce dernier, avant d'entrer dans une maison, de faire l'état des lieux consistant à décrire l'état dans lequel était la maison au moment de la location.

Pour conclure, le juriste informe ses abonnés que la loi interdit au bailleur d'exiger plus de deux mois de loyers d'avance et deux mois de garantie locative (caution). Bien que le sujet sur « *Les rapports entre le bailleur et le locataire dans le bail d'habitation* » soit la préoccupation de nombre d'abonnés de sa page, Maître N'Dri Claver aspire à la construction d'une société soumise à la loi. Ainsi, le respect de la loi sur l'habitation pourrait lever les barrières à l'accès au logement à cause de l'inflation sur les loyers.

Dans une autre vidéo, Maître N'Dri Claver traite de la question du « licenciement abusif » sous forme de consultation. Parler de licenciement abusif, revient avant tout à aborder la question du contrat de travail. Ce sujet trouve son fondement juridique dans le code de travail, spécifiquement dans la loi N° 2015 532 du 20 juillet 2015 portant code du travail en Côte d'Ivoire. L'article 14 de ce code révèle que « Le contrat de travail est un accord de volontés par lequel une personne physique s'engage à mettre son activité professionnelle sous la direction et l'autorité d'une autre personne physique ou d'une personne morale moyennant numéraire ».

Explicitement, le contrat de travail met deux personnes en présence, une personne physique (un homme, une femme) qui va consentir à fournir un travail physique ou intellectuel (une prestation) à la disposition d'une autre personne qui est bénéficiaire de son activité. Cela peut être une personne physique ou une personne morale (société, institution). En contrepartie l'autre bénéficiaire acceptera de lui donner un salaire à la fin du mois. Le juriste indique l'existence de trois éléments fondamentaux qui caractérisent le contrat de travail. Ce sont: une prestation de travail, le salaire (ce que la personne décide de faire pour l'autre doit être rémunéré) et le lien de subordination. Une fois que ces éléments sont réunis, on peut alors parler de contrat de travail. Par ailleurs, le contrat de travail impose des obligations telles que la déclaration à la Caisse Nationale de Prévoyance Sociale (CNPS). Une fois que ces trois conditions sont réunies, l'employeur ne peut se séparer du salarié comme il le voudrait. Pour le faire, il est indiqué que l'employeur respecte les conditions de forme et de fonds parce que toute action contraire à la loi, entraîne le licenciement abusif. Le licenciement abusif est la rupture unilatérale du contrat de travail par l'employeur. Pour licencier une personne, l'employeur doit mettre en point de mire le caractère sérieux des motifs de renvoi. En d'autres termes, les faits ne doivent pas être inventés, ils doivent être exacts, objectifs, vérifiables et imputables au salarié. En clair, ce ne sont ni les émotions ni les ressentiments qui doivent légitimer une rupture du contrat de travail, mais plutôt le caractère réel des faits vérifiables et présentant une certaine gravité.

L'avocat achève sa consultation sur la lettre de licenciement qui fixe le contentieux. En effet, pour licencier un employé, il est demandé à l'employeur de tenir compte de la forme (la procédure) avant une quelconque rupture de contrat. Il a également profité de ce cas pratique pour répondre à la préoccupation de plusieurs de ses abonnés.

Qu'en est-il des émissions de Vincent Toh Bi Irié ?

3.2 ANALYSE DES PRODUCTIONS DE VINCENT TOH BI IRIÉ: LA POURSUITE DES VALEURS CITOYENNES EN CÔTE D'IVOIRE

Ex-préfet d'Abidjan, Vincent Toh Bi Irié a démissionné de son poste en août 2020. Depuis lors, il s'est assigné une nouvelle mission consistant à contribuer à l'éducation citoyenne de la population ivoirienne. Dans une vidéo publiée sur sa page Facebook suivie par 285 328 abonnés, il définit clairement ses ambitions pour ce pays: « *En tant que citoyen libre, je pense que mon devoir, c'est aussi d'éduquer une partie de notre population à la connaissance de certains principes civiques et citoyens* »⁵. Pour y arriver, il diffuse une série de petites vidéos, de capsules dans lesquelles il explique certaines notions importantes à comprendre dans les processus politiques et pour la vie civique des Ivoiriens. Comme mentionné ci-dessus, l'étude a porté singulièrement sur cinq thèmes répertoriés dans la rubrique « Allô ! Côte d'Ivoire » (voir image 2).

⁵ Après sa démission, voici la nouvelle mission de Vincent Toh Bi (afrique-sur7.fr) consulté le 30 mars 2021



Image 2. Capture d'écran de « Allô ! Côte d'Ivoire »

Source: <https://www.facebook.com/289907385134439/videos/3627053280674318>

Ainsi, dans la vidéo intitulée « Nous sommes tous frères et sœurs » d'une durée de 4,50 minutes, Vincent Toh Bi Irié aborde la question de la fraternité et de la cohésion sociale. Pour lui, pour bâtir un Etat, il importe d'arrêter de se déchirer, de faire des querelles, des conflits et des guerres. Pour ce faire, il interpelle ses compatriotes à arrêter les exclusions. Il les invite plutôt à relever le défi de la vie en communauté qui passe inéluctablement par l'acceptation de l'autre, de ses différences (ethniques, religieuses, politiques, classes sociales, etc.). Il exhorte ses concitoyens à faire la promotion de l'amour, de la fraternité et de la cohésion sociale afin de sauver la nation ivoirienne.

Dans le même ordre d'idées s'inscrit la vidéo intitulée « Le pardon ». Dans cette capsule de 7,39 minutes, l'administrateur civil explique pourquoi il est important de pardonner. Il s'agit pour lui d'entraîner les habitants de ce pays à s'accorder le pardon mutuellement afin de sauver la Côte d'Ivoire parce qu'il n'y a pas de vie sans pardon. Valeur prônée dans la plupart des religions, le pardon a une dimension très forte dans la vie de tout homme. C'est pourquoi il exhorte les communautés qui vivent en Côte d'Ivoire à cultiver et à offrir le pardon parce qu'il « *est une force qui détruit les murs* ». En clair, le pardon construit celui qui l'offre et celui qui le reçoit. Il libère le cœur des personnes à l'endroit desquelles les torts ont été commis. La civilisation de l'amour se bâtit toujours sur le pardon à donner et à recevoir. Parler de pardon implique nécessairement la compréhension des conflits.

Dans une autre vidéo de 6,14 minutes intitulée « Comprendre les conflits », l'ex-préfet d'Abidjan entretient son public sur la question des conflits. D'abord, il note que les conflits aussi négatifs qu'ils soient ont aussi des aspects positifs. En effet, ils permettent de structurer les Etats. C'est parce qu'il y a des conflits qu'il existe des systèmes de gestion administrative, des lois, des règles, des tribunaux, etc. Tout ceci contribue à trouver des pistes de résolution des crises. C'est pourquoi, il incite les populations à s'accepter mutuellement, car dit-il, « *les différences ne doivent pas être des socles de destruction de notre humanité. Il faut accepter les autres, apprendre à écouter, à prendre du recul vis-à-vis des situations* ». Il conclut sa vidéo en invitant ses concitoyens à « *se mettre dans l'esprit de compréhension et d'amour* », à faire preuve de tolérance, d'altruisme, d'acceptation de l'autre exige de la part du citoyen une dose de leadership.

Une autre vidéo d'une durée de 4 minutes trois secondes est consacrée au « Leadership ». Ici, Vincent Toh Bi Irié explique longuement cette notion qu'il qualifie de « civique ». Le leadership est selon lui, l'état de direction, la capacité de diriger. Le leader est le chef, celui qui impulse, incite la communauté à adopter et à respecter les règles qui la régissent. Ainsi, à tous les niveaux de la société, a-t-on besoin des personnes, des dirigeants qui ont la capacité d'appliquer sans complaisance les règles dans le souci de développer la communauté. En diffusant cette formation, Vincent Toh Bi Irié veut amener toute la population, surtout la jeunesse, à développer en elle cette valeur qu'il qualifie de citoyenne. Cela permettra aux jeunes d'assurer la direction de leur vie et de bâtir une « *communauté forte car on ne bâtit pas une communauté avec une fébrilité, un renoncement à ses droits, à ses principes avec une tergiversation sur l'action* » dit-il. Il s'agit pour lui, de contribuer par devoir à la naissance d'un citoyen authentique, mature, capable de dire « oui » ou « non », d'accepter les critiques, les regards des autres et de vendre ses idées pour l'émergence d'une nouvelle société ivoirienne. En somme, le leadership doit entraîner l'affirmation de la personnalité du citoyen nouveau pour le bien de toute la nation « ivoire ». Dès lors, cet individu, une fois

guidé par un bon leadership, peut prétendre à la gestion du pouvoir, thème sur lequel il revient d'ailleurs dans la prochaine vidéo analysée.

Cette vidéo intitulée « Le pouvoir », dure 5,55 minutes. L'administrateur civil y définit ce concept de pouvoir comme « *la capacité civile conférée à un individu, à un groupe d'individus, à des institutions pour gérer la communauté* ». Le pouvoir influence aussi bien la vie sociale que la vie politique. Il a des aspects éthiques qui permettent une gestion qui défend l'humain. Or, force est de constater que nombre de pays africains ont exclu l'humanité du pouvoir; ce qui a conduit à des déchirements, à des génocides, à des massacres, à des guerres, à des chaos et à bien d'autres maux. Aujourd'hui, le rapport de l'Africain en général et de l'Ivoirien en particulier avec le pouvoir est conflictuel, révèle Toh Bi Irié. Comment peut-on arriver à une démocratie apaisée ? s'interroge-t-il.

Cette publication vise alors à inculquer à ses concitoyens une nouvelle conception du pouvoir qui est juste un mode de gouvernance et non de destruction de notre monde et de notre environnement. A travers cette émission, l'ex-préfet invite les internautes à comprendre que le pouvoir n'est pas une question de vie ou de mort mais plutôt une question de gestion, de « qui est compétent ? », de « qui choisir ? ». C'est pourquoi, il appelle la population à concevoir le pouvoir comme un lieu symbolique où s'affrontent les idées, une confrontation de forces opposées. Ce devoir incombe selon lui à la jeune génération qui doit avoir une nouvelle approche et une nouvelle conception du pouvoir qui doit s'exercer avec sagesse, calme et souplesse.

3.3 ANALYSE DES RÉACTIONS DES INTERNAUTES

Les émissions consacrées à l'éducation à la citoyenneté ont fait leur apparition sur les pages Facebook de maître N'Dri Claver (« Le droit dit quoi ») et du préfet Vincent Toh Bi (« Allo ! Côte d'Ivoire »). Il s'agit pour ces deux éducateurs d'inculquer des valeurs citoyennes à la population afin de susciter une génération de rupture, respectueuse des lois et des valeurs qui fondent la société. Qu'apportent concrètement ces vidéos éducatives à leurs auditeurs ?

La diffusion de ces différentes vidéos présente beaucoup d'intérêts auprès des internautes Ivoiriens comme on peut déjà s'en apercevoir à travers les nombreuses vues et des milliers de partages. Par exemple, l'émission de Maître N'Dri Claver qui a porté sur « Les droits du locataire dans un bail à usage d'habitation » a enregistré plus de 122 000 vues et a été partagée par des milliers d'internautes. C'est également l'exemple de la vidéo « Nous sommes tous sœurs et frères » produite par le préfet Vincent Toh Bi. Cette capsule a été visionnée par 182 400 internautes avec plus 11 000 partages. De plus, ces émissions éducatives dans leur majorité ont été beaucoup commentées par des milliers d'abonnés. Ces réactions peuvent être classées en deux catégories. Il y a d'un côté des commentaires portant sur l'action des formateurs, et de l'autre, sur le contenu de leurs propos.

D'abord, nombre d'internautes saluent l'initiative des deux éducateurs comme en témoignent leurs propos: « *Merci Mr le préfet hors grade c'est avec immense plaisir que nous vous écoutons, nous nous faisons enseigner par vous* ». « *Merci mon commandant vos interventions nous rassurent* », renchérit un autre. C'est également l'avis de cet autre internaute: « *Merci pour tous efforts que vous vous donnez pour influencer positivement notre génération* ». Abondant dans le même sens, un autre auditeur exprime sa reconnaissance à l'endroit de Maître N'Dri Claver: « *Merci Maître pour l'initiative louable d'informations juridiques* ». Il en est de même pour cet autre abonné: « *Merci Maître. Je vous suis toujours avec un grand plaisir. Merci pour la connaissance que vous que vous donnez gratuitement au peuple ivoirien et même aussi au monde francophone* ». Telle est également l'opinion de cet autre abonné: « *Merci à vous cher maître ! Quand le droit est expliqué par la pratique pour nous qui n'avons pas suivi des études en droit, on arrive à comprendre et à trouver satisfaction à notre lanterne sur certains faits, certains vécus de notre société !* »

Réagissant au contenu des émissions, des internautes se réjouissent des bénéfices qu'ils en retirent. D'ailleurs, ils expliquent comment ces capsules explicatives façonnent leur esprit comme le démontrent leurs discours: « *Ces émissions éclairent mes lanternes* », « *Elles influencent positivement notre génération* », « *chaque citoyen s'approprie ces valeurs simples de vie en société* », « *Ces vidéos aideront la jeunesse à prendre le bon cap* », « *Cette série de conscientisation que vous entamez aura nécessairement de l'impact sur notre pays* », « *J'ai retenu une seule chose, élevons notre conception de la vie en communauté* », « *C'est ça la vraie Côte d'Ivoire, celle qui porte des valeurs* ». Les réactions pourraient être multipliées. A la lumière des commentaires exprimés, les auditeurs, dans leur ensemble, apprécient ces séances de formation dispensées par le préfet Vincent Toh Bi Irié et par Maître N'Dri Claver.

Cependant, quelques récepteurs de ces émissions éducatives déplorent tout de même le niveau de langue des formateurs qui selon eux est trop soutenu comme l'attestent leurs propos. « *Le niveau est plus élevé et la majorité de la population ivoirienne ne comprend pas ce langage soutenu* ». Cette préoccupation est également partagée par cet autre auditeur de l'émission du préfet: « *Je viens de suivre la première capsule et j'aimerais que notre Préfet hors grade nous parle avec le langage ivoirien pour mieux sensibiliser la jeunesse. Mon vieux gros français nous on ne comprend pas ça bien hein... Merci* ». C'est

pourquoi, pour y remédier, des abonnés préconisent que soit « *intégrées dans les capsules un volet nouchi⁶ pour avoir plus de portée...toucher les non scolarisés et ceux qui se débrouillent en français* ».

Par ailleurs, ces séances éducatives ont entraîné des interactions entre les abonnés mais surtout entre les promoteurs de l'éducation à la citoyenneté et les internautes. Pour preuve, la plupart des thèmes traités par Maître N'Dri Claver sont suggérés le plus souvent par des abonnés de sa page. Ceux-ci posent à travers des cas pratiques, des problèmes juridiques qu'ils rencontrent. C'est l'exemple de cet internaute: « *Maître, je souhaiterais avoir plus de détails sur la conduite à tenir face aux agents immobiliers individuels qui nous forcent à payer leur commission lorsqu'on cherche un local. Est-il légal qu'ils prennent un mois de loyer lors de la conclusion du bail ?* ». La préoccupation de ce dernier a été prise en compte par l'avocat qui a interagi aussitôt avec ce follower.

L'analyse des commentaires et des interactions démontrent qu'en dépit du niveau de langue soutenu, relevé comme un obstacle pour certains, ces émissions éducatives sur les réseaux sociaux numériques contribuent réellement à l'éducation à la citoyenneté des Ivoiriens. En effet, ceux-ci soulignent que les sujets abordés sont d'une importance avérée pour la construction effective d'un Etat de droit, d'une société soumise à la loi et respectueuse des valeurs éthiques. Ce qui participera certainement à construire l'Ivoirien nouveau comme le prône les dirigeants politiques.

4 DISCUSSION

D'une façon générale, l'effondrement moral ou celui de la perte des valeurs comportementales dans la société ivoirienne découle d'une crise démocratique. En effet, les multiples difficultés à asseoir une véritable démocratie, fragilisent le vivre ensemble. Le pays a indubitablement besoin des citoyens responsables, solidaires, insérés dans la société, capables d'un esprit critique et de discernement dans leurs actions. L'apprentissage des valeurs morales, des devoirs civiques, et de l'engagement citoyen pour la défense des droits de la personne s'avère donc indispensable.

Il y a dès lors une urgence à former des personnes au droit et au devoir, en un mot des citoyens. L'éducation à la citoyenneté, en effet, favorise l'engagement de tous et de chacun pour la paix et le développement axés sur la promotion de l'intérêt commun et du vivre ensemble. Cela a d'ailleurs suscité des débats et de multiples réflexions en Côte d'Ivoire sur l'éducation civique, en milieu scolaire. Ces débats organisés par Konrad Adenauer Stiftung (KAS)⁷ ont été le cadre pour engager l'école dans le projet d'une éducation à la citoyenneté depuis la formation de base. Les gouvernants, certains que le système éducatif peut contribuer au développement des compétences citoyennes chez les individus, ont ainsi positionné l'école comme un instrument de socialisation par rapport aux normes du vivre ensemble (G. Insiata, 2013). Le projet est de former des citoyens nouveaux qui épouseront des valeurs individuelles et sociales, capables de garantir le respect des droits de l'homme et le respect des libertés individuelles.

Mais qu'en est-il de ceux qui ne sont pas dans l'institution scolaire ou dans des centres d'alphabétisation ? C'est là tout le sens de ces plateformes numériques qui se consacrent à l'éducation et à la citoyenneté pour la construction d'une Côte d'Ivoire plus juste et plus démocratique. La création de « Allo ! Côte d'Ivoire » et « Le droit dit quoi ? » répondent par leur contenu à un objectif spécifique: celui de l'éducation citoyenne des Ivoiriens. Comme tel, les vidéos et les capsules explicatives de Maître N'Dri Claver ont pour but de contribuer à la formation juridique (connaissances des droits et des devoirs du citoyen). Celles de Vincent Toh Bi Iirié participent à l'acquisition des valeurs morales et civiques, en vue de mener une vie paisible dans la cité.

L'éducation à la citoyenneté sur les Réseaux Sociaux Numériques (RSN) est un usage citoyen utilitariste dans un pays où il faut reconstruire les normes comportementales. Les plateformes numériques étudiées participent ainsi à un engagement citoyen se référant aux valeurs sociales, mais plus encore aux valeurs que prônent la Côte d'Ivoire à travers sa devise nationale: union, discipline et travail. Cette devise résume l'idéal commun et la volonté d'œuvrer ensemble à la construction de la Côte d'Ivoire. En mobilisant Facebook, les initiateurs des émissions consacrées à l'éducation à la citoyenneté contribuent ainsi à travers leurs vidéos et capsules explicatives à impulser le changement de mentalité de la population ivoirienne. Ils rappellent le rôle du citoyen dans un pays, en lui faisant comprendre son statut juridique et politique. Il s'agit donc de susciter, de favoriser, de valoriser cet engagement citoyen qui s'avère un facteur essentiel pour créer les conditions *sine qua non* de la

⁶ Le nouchi est l'argot ivoirien.

⁷ Éducation civique en milieu scolaire : Outil pour la cohésion sociale et la réconciliation nationale en Côte d'Ivoire ? Actes de la Table Ronde organisée par Konrad-Adenauer-Stiftung (KAS) en collaboration avec Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)

fondation d'un État de droit et d'une nation démocratique. Cela passe également par l'initiation aux valeurs civiques et au sens du bien commun qui pourraient éventuellement contribuer à gérer les crises communautaires.

A cet effet, l'usage du numérique dans cette éducation s'avère fort utile. Les RSN sont devenus des outils puissants dans la participation citoyenne car «leur déploiement s'accompagne de pratiques sociales et politiques sinon inédites, du moins renouvelées, qui bousculent et enrichissent la recherche, ne serait-ce que par l'apparition de terrains numériques inexplorés» (F. Greffet & S. Wojcik, 2014, p.3). A ce titre, les RSN servent désormais de supports à toute action sociale, politique, éducative.

5 CONCLUSION

L'usage des plateformes numériques a des enjeux sociaux, culturels, économiques et éducatifs grâce aux opportunités qu'elles offrent. La présente recherche a porté sur la contribution des réseaux sociaux numériques à la promotion de l'éducation à la citoyenneté en Côte d'Ivoire. A partir des vidéos et des capsules, des utilisateurs de Facebook ont su initier des émissions d'éducation citoyenne destinées à la population. Deux pages ont été analysées dans ce travail. Il s'agit de la page Facebook de Maître N'Dri Claver abritant l'émission « Le droit dit quoi ? » et celle du préfet Vincent Toh Bi Irié, dénommée « Allo ! Côte d'Ivoire ». Ces émissions sont nées dans un contexte de crise marqué par la chute des valeurs morales et comportementales au sein de la société ivoirienne. Face à cette situation, la Côte d'Ivoire ne peut émerger que par l'instauration d'un véritable Etat de droit qui passe inévitablement par l'éducation à la citoyenneté.

L'analyse a révélé que l'émission de Maître N'Dri Claver porte singulièrement sur les droits et les obligations du citoyen, c'est-à-dire la connaissance de la loi afin de donner à chaque personne les moyens d'affronter tout acte d'injustice avec des arguments juridiques solides. Il se sert de sa plateforme, pour créer selon lui, la génération de rupture, une société soumise à la loi et un pays de droit. Quant à Vincent Toh Bi, ses interventions sont orientées spécifiquement vers la promotion des valeurs civiques et sur le sens du bien commun. En outre, ces émissions suscitent un intérêt manifeste auprès des internautes comme le démontre leur réaction.

Au regard de ces résultats, nous observons que les réseaux sociaux sont donc une aubaine pour accentuer la sensibilisation sur les valeurs morales.

Les études futures pourraient éventuellement porter sur l'effet de ces émissions sur la population.

REFERENCES

- [1] Agney, A. F., (Juin/juillet 2018), L'activisme des groupes de soutien politique pour la présidentielle de 2020 sur Facebook en Côte d'Ivoire, *Communication en Question*, 10,100-123, En ligne <http://www.comenquestion.com/COM%20EN%20QUESTION%2010/ARTICLES%20PDF%2010/5%20AGNEY.pdf>.
- [2] Ahmar, F. (2013). Diffusion télématique et réseaux sociaux dans la révolte syrienne. In Najjar Silhem et col. (2013), *Les réseaux sociaux sur Internet à l'ère des transitions démocratiques*. Partis: Karthala. Voir p.193-208.
- [3] Alpes, Y., Lambert, R-J., Parayre, S. (2010). *Lexique sociologique*. Paris: Dalloz, 3ème éd.
- [4] Audigier F. (2000). Concepts de base et compétences-clés pour l'éducation à la citoyenneté démocratique. Une troisième synthèse. Strasbourg: Conseil de l'Europe DGIV/EUD/CIT.
- [5] Balabala, M. (2017). *Être citoyen*, Kinshasa: Edition René Descartes.
- [6] Ben A. C. (2012). Le cyberactivisme tunisien postrévolutionnaire: enjeux de l'engagement et de l'exercice de la citoyenneté. In Galabov Antony et col. (2012), *Participations et citoyennetés depuis le Printemps arabe*. Paris: L'Harmattan. Voir p. 83-106.
- [7] Breton P.& Proulx S. (2012). *L'explosion de la communication Introduction aux théories et aux pratiques de la communication*. Paris: La découverte.
- [8] Cardon, D. (2012). Réseaux sociaux numériques et mobilisation d'individus In Galabov Antony et col. (2012), *Participations et citoyennetés depuis le Printemps arabe*. Paris: L'Harmattan. Voir p. 21-35.
- [9] Delas, J. & Milly, B. (2015). Chapitre 6 - Les fonctionnalismes. Dans: J. Delas & B. Milly (Dir), *Histoire des pensées sociologiques* (pp. 293-322). Paris: Armand Colin. <https://doi.org/10.3917/arco.delas.2015.01.0293>.
- [10] Greffet, F., Wojcik, S. (2014). La citoyenneté numérique: Perspectives de recherche. *Réseaux*, 2 (2-3), 125-159. En ligne <https://doi.org/10.3917/res.184.0125>, consulté le 13/03/2021.
- [11] Insiata, G. O. (2013). Les notions du vivre-ensemble dans les manuels scolaires de l'enseignement de base en Côte d'Ivoire et leurs perceptions par les acteurs. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill*, 48 (1), 115-129. En ligne <https://doi.org/10.7202/1018404ar>.

- [12] Lecomte, R. (2013), Expression politique et activisme en ligne en contexte autoritaire. Une analyse du cas tunisien, *Réseaux*, n°181, p. 51-86.
- [13] Millerand F., Proulx, S., Rueff, J. (2010). *Web social: mutation de la communication*. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- [14] Musadila, M. L. (2019). *Éducation à la citoyenneté Fondement du bien vivre-ensemble dans une cité*, Congo: L'Harmattan.
- [15] Najar, S. (2013). Le cyberspace et la lutte pour la liberté citoyenne en Libye. In Najar Silhem et col. (2013), *Les réseaux sociaux sur Internet à l'ère des transitions démocratiques*. Paris: Karthala. Voir p. 209-252.
- [16] N'Da, P. (2006). *Méthodologie de la recherche. De la problématique à la discussion des résultats*. Abidjan: EDUCI, 3ème éd.
- [17] Pitseys, J. (2017). Démocratie et citoyenneté. *Dossiers du CRISP*, 1 (1), 9-113. <https://doi.org/10.3917/dscrip.088.0009> consulté le 20 février 2021.
- [18] Rousseau J J. (1762). *Du contrat social*, Amsterdam, Hollande.
- [19] Triki, M. (2013). Réseaux sociaux et enjeux sociopolitiques. Etude des pratiques et usages politiques sur Facebook après la révolution du janvier. In Najar Silhem et col. (2013), *Les réseaux sociaux sur Internet à l'ère des transitions démocratiques*. Paris: Karthala. Voir p. 334-343.

Cartographie des établissements pharmaceutiques dans un pays subsaharien en contexte de crise: Cas de la ville de Goma à l'Est de la République Démocratique du Congo

[Mapping of pharmaceutical establishments in a sub-saharan country in a crisis context: Case of the city of Goma in the east of the Democratic Republic of Congo]

Edgar Musubao Tsongo¹⁻²⁻³, Mitangala Ndeba Prudence¹⁻⁴⁻⁵, Mahamba Nzanzu¹, Ntabe Namegabe⁶, Cyrille Ngandjo⁷, Janvier Kubuya Bonane⁷, Ghislain Bisimwa⁵, Denis Porignon⁸, and Jean-Bosco Kahindo Mbeva¹⁻⁴⁻⁶

¹ULB Coopération, PADISS, Bureau de Goma, Nord-Kivu, RD Congo

²Institut supérieur des techniques médicales de Goma, RD Congo

³Institut supérieur d'enseignement et des techniques médicales de Virunga, RD Congo

⁴Université Officielle de Ruwenzori, RD Congo

⁵Université Catholique de Bukavu (UCB), RD Congo

⁶Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL), Goma, Nord-Kivu, RD Congo

⁷Division Provinciale de la Santé, Goma, Nord-Kivu, RD Congo

⁸Université de Liège (ULG), Liège, Belgium

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

ABSTRACT: *Introduction:* The study was about the mapping of health care Organization in urban areas. It aims is to show the apportionment, appurtenance, and profile of the pharmaceutical pharmacies in the Goma city, in eastern DRC. Goma city is served in medicine by the public and private sector. *Methodology:* The study is cross-sectional and descriptive. It was carried out by an exhaustive census of pharmacies. Data entry and analysis was done using SPSS version 23 software. *Results:* The inventory of pharmacies is 723 in the city of Goma, whether one pharmaceutical office for 1.314 habitants. Almost 70% of them have set up in the last 5 years, with 31% in 2017 alone. One third of pharmacies have official authorization minutes from the Ministry of Health. All of the pharmacies are private for profit and are supplied by the private sector. More than 90% of pharmacies operate in non-standard premises and are run in 92.1% of cases by healthcare providers. *Conclusion:* Private pharmaceutical pharmacies play a major role in the supply of medicines in urban areas of Goma. Their functioning far from the standards, seems to indicate a lack of regulation, which exposes the population to the consumption of drugs of a potentially non-optimal quality.

KEYWORDS: Pharmaceutical dispensary, essential drugs, regulation, Urban environment, DRC.

RESUME: *Introduction:* L'étude s'inscrit dans le cadre de la recherche sur l'organisation des soins de santé en milieu urbain. Elle a pour objectif de décrire la répartition, l'appartenance et le profil des officines pharmaceutiques dans la ville de Goma, à l'Est de la RDC. *Méthodologie:* L'étude est transversale et descriptive. Elle a été menée par recensement exhaustif des officines pharmaceutiques. La saisie et l'analyse de données ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 23. *Résultats:* L'inventaire

des officines pharmaceutiques montre un effectif de 723 dans la ville de Goma, soit une officine pour 1.314 habitants. Près de 70% d'entre-elles se sont implantées au cours de 5 dernières années, avec 31% pour la seule année 2017. Le tiers d'officines dispose d'un procès-verbal d'autorisation officielle du ministère de la santé. L'entièreté des officines pharmaceutiques sont privées lucratives et approvisionnées par le secteur privé. Plus de 90% d'officines fonctionnent dans des locaux hors normes et sont tenues dans 92,1% des cas par des prestataires de soins. *Conclusion:* Les officines pharmaceutiques privées jouent rôle majeur dans l'approvisionnement en médicaments en milieu urbain de Goma. Leur fonctionnement loin des normes, semble indiquer une régulation limitée, qui expose la population à une consommation de médicaments d'une qualité potentiellement non optimale.

MOTS-CLEFS: Officine pharmaceutique, médicaments essentiels, régulation, Milieu urbain, RDC.

1 INTRODUCTION

Dans tout système de santé, le médicament est un traceur indispensable à la prestation des soins tant préventifs que curatifs. Garantir la disponibilité continue des médicaments essentiels de qualité, des vaccins et des technologies, constitue une des six composantes clés du système de santé selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [1]. Le point 3.8 des objectifs de développement durable souligne l'importance de l'accès pour tous à des médicaments essentiels de qualité et aux vaccins, comme un élément central de la Couverture Sanitaire Universelle [2]. La marche des pays sur la voie de la Couverture Sanitaire Universelle, ne pourrait être envisagée efficacement sans aborder la question des politiques et des systèmes d'approvisionnement et de distribution des médicaments essentiels.

En effet, la disponibilité des médicaments essentiels de qualité doit être garantie, afin d'espérer la prestation de qualité des services et des soins centrés sur la personne, tel qu'indiqué dans le renouveau des soins de santé primaires depuis l'an 2008 [3].

L'efficacité des systèmes d'approvisionnement en médicaments est intégralement liée à la robustesse des systèmes de soins de santé. Une étude publiée en 2018 par S. Ozawa et collaborateurs a estimé l'ampleur des médicaments contrefaits et falsifiés dans les pays en développement à 13,6% en général, 18,7% en région africaine; respectivement 19,1% pour les antipaludiques et 12,4% pour les antibiotiques [4]. La même étude a évalué l'impact économique de ces médicaments, potentiellement nocifs à la santé, entre 10 et 200 milliards de dollars américains. Au regard de ces données, garantir la disponibilité des médicaments essentiels de qualité constitue en soi un défi colossal, en particulier en milieu urbain. Une étude menée dans la ville Kinshasa en République Démocratique du Congo (RDC) en 2018 par B.Schiavetti et collaborateurs en est illustrative [5]. Cette étude a révélé que sur 239 échantillons de médicaments vendus par des grossistes sur le marché local, 27,2% étaient des médicaments de mauvaise qualité et que 59,5% d'échantillons d'Arteméther étaient sous-dosés [5].

En vue de relever cet important défi, l'OMS a recommandé de renforcer les politiques et la régulation du secteur du médicament en vue de réduire les risques sanitaires au niveau individuel et collectif [6]. Un cadre de référence de régulation du secteur du médicament a ainsi été mis au point par l'OMS. Ce cadre s'articule sur les douze fonctions de régulation suivantes: (i) l'évaluation de la production et l'enregistrement des médicaments, (ii) l'octroi des licences, (iii) l'inspection, (iv) le contrôle de qualité, (v) la pharmacovigilance, (vi) le contrôle de la promotion de production, (vii) le contrôle clinique des effets indésirables, (viii) le contrôle d'importation et d'exportation des médicaments, (ix) le contrôle des prix des médicaments, (x) la régulation des sources de production, (xi) le contrôle des principes actifs et d'excipients, (xii) l'harmonisation des enregistrements des médicaments [7]. En 2017, l'OMS estimait à seulement 30% la proportion des pays qui ont mis en place des systèmes bien structurés et efficaces de régulation du secteur du médicament [8]. En outre, une étude plus récente dans treize pays en développement en Afrique subsaharienne, a montré que les établissements locaux de distribution des médicaments sont loin de respecter les standards édictés par l'OMS en la matière et qu'ils nécessitent une forte régulation [9].

Pour la RDC, depuis l'année 1997, le Ministère de la Santé Publique a mis en place une politique pharmaceutique nationale. Cette politique révisée en 2008 et en 2015, est en lien avec la Stratégie de renforcement du système de santé en RDC [10]. Elle prévoit un système centralisé d'acquisition des médicaments au niveau national et un système décentralisé de distribution des médicaments au niveau provincial, basé sur les centrales distribution régionale des médicaments essentiels (CDR) [10; 11]. Cette politique intègre une logique de valorisation du partenariat public-privé, et prévoit de maintenir l'acquisition et la distribution des médicaments par d'autres établissements pharmaceutiques privés en dehors des CDR. Les établissements

pharmaceutiques privés autorisés à distribuer des médicaments sont régis par un arrêté ministériel datant de l'année 2000¹. Selon cet arrêté, l'officine de pharmacie est un établissement affecté à la dispensation en détails des médicaments dont la préparation et la vente aux formations sanitaires et à la population. Elle est sous la responsabilité exclusive du pharmacien, assisté d'un ou plusieurs assistants en pharmacie. Notons que cet arrêté reconnaît l'organisation au sein des formations sanitaires des officines pharmaceutiques internes, comme l'indiquent les normes de la zone de santé en RDC [12]. L'ensemble de ces éléments montre que le système d'approvisionnement et de distribution des médicaments est fortement libéralisé en RDC, au travers des acteurs privés non lucratifs et des acteurs privés lucratifs.

Face à ce constat au niveau international et national et dans une perspective de garantir une disponibilité continue des médicaments de qualité, une double question se pose, à savoir: (i) quel est l'ampleur réelle de cette libéralisation du secteur du médicament, surtout dans le contexte urbain; (ii) la régulation du secteur de distribution des médicaments est-elle réellement opérante en milieu urbain ?

Cette double question est importante, au vu de l'accroissement des populations vivant en milieu urbain au niveau global et en RDC et des problématiques particulières d'organisation des services de santé en milieu urbain [13]. En effet, selon les estimations d'ONU-Habitat, la proportion de la population urbaine représente 55,3% de la population mondiale, 42,5% de la population africaine et 40,5% de la population congolaise [14]. Une étude réalisée dans la ville de Lubumbashi au Sud-Est de la RDC a montré que l'urbanisation était accompagnée d'une prolifération des services de santé [15]. On pourrait supposer que les établissements pharmaceutiques suivent la même tendance, étant donné que la prestation des services de santé nécessite une disponibilité continue des médicaments. La stratégie de renforcement du système de santé en RDC a relevé que le secteur du médicament demeurerait problématique en RDC. De plus en 2010, une étude cartographique des acteurs du secteur du médicament a relevé que nombreux acteurs opérant dans ce secteur le font en toute illégalité exposant ainsi les populations à des médicaments de qualité douteuse [16; 17]. Très peu d'études formelles se sont spécifiquement intéressées aux établissements pharmaceutiques dans les villes de la RDC. Une étude menée par l'inspection provinciale de la santé du Nord-Kivu en RDC dans les structures des soins intégrées les plus fréquentées de la ville de Goma, a montré après analyse qualitative et pharmacocinétique que 9 sur 75 échantillons d'items prélevés étaient de mauvaise qualité soit 12%.

La présente étude a pour objectif de déterminer le profil des établissements pharmaceutiques dans la ville de Goma, à l'Est de la RDC. Cette étude part de l'hypothèse que la prolifération des établissements pharmaceutique pourrait suivre la même tendance que la prolifération des établissements des soins en milieu urbain.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 LIEU D'ÉTUDE

Cette étude transversale a été menée dans la ville de Goma dans la Province du Nord-Kivu, à l'Est de la RDC du 08 janvier au 02 février 2018.

Limitrophe avec l'agglomération rwandaise de Gisenyi, la ville de Goma, chef-lieu de la province du Nord-Kivu est bâtie en bordure nord du lac Kivu et au sud du volcan Nyiragongo entre le 1° 41' 36" sud et 29° 13' 31" Est.

Goma connaît une urbanisation accélérée et peu contrôlée depuis que l'insécurité sévit dans l'ensemble de la province et qu'il s'en suit un exode rural. En 2017, la population de la ville était estimée à 956.600 habitants.

Dans la ville de Goma, fonctionnent trois zones de santé dont deux zones de santé urbaines (Goma et Karisimbi) et une partie urbaine de la zone de santé urbano-rurale de Nyiragongo. La partie urbaine de 2 principales zones de santé est subdivisée en 29 aires de santé, correspondant aux centres de santé intégrés du système des soins de santé primaires qui constitue la politique nationale de la RDC.

¹ Arrêté ministériel n° 1250/CAB/MIN/AJ/001/2000 du 14 mars 2000 portant octroi des autorisations d'ouverture et de fonctionnement des établissements pharmaceutiques

2.2 CADRE DE RÉFÉRENCE ET CHAMP D'INVESTIGATION DE L'ÉTUDE

Cette étude menée sous forme de recensement exhaustif auprès des établissements pharmaceutiques s'est inscrite dans la logique d'analyse de type carte sanitaire, en référence aux normes de l'OMS sur les ressources humaines de santé et aux normes congolaises en matière d'infrastructures, d'équipements, de ressources humaines et de prestations des établissements pharmaceutiques [10; 12; 18].

D'après les textes normatifs sur le secteur pharmaceutique en RDC [18], le concept d'établissement pharmaceutique couvre un éventail large d'institutions. Certains rendent des services d'acquisition, de production, de stockage et de distribution des produits pharmaceutiques (laboratoire de fabrication des médicaments, officine pharmaceutique, pharmacie hospitalière interne, établissement de vente en gros, centrale de distribution régionale, centrale d'achat des médicaments). En revanche, d'autres établissements sont dans les missions de contrôle (laboratoire de contrôle de qualité des médicaments), dans le marketing (Agence de représentation des firmes pharmaceutiques), dans la médecine vétérinaire (pharmacie vétérinaire) ou dans d'autres dispositifs médicaux (maison optique et de lunetterie).

Cette étude ne couvre qu'un champ limité d'établissements pharmaceutiques, à savoir les officines pharmaceutiques. Ces dernières doivent répondre à des normes de ressources humaines, d'infrastructures et d'équipements nécessaires pour garantir les bonnes pratiques de stockage et de distribution des médicaments. Le tableau 1 donne un aperçu des données collectées et des normes de référence.

Tableau 1. Normes de références et données collectées au cours de l'enquête pour la cartographie des établissements pharmaceutiques dans la ville de Goma, RDC, janvier 2018

Domaines	Données collectées	Normes de référence
Identification	Dénomination, année d'ouverture, appartenance, localisation (adresse, longitude, latitude), documents normatifs attestant d'une existence légale	Documents normatifs d'existence légale: (1) Demande d'exploitation, (2) Procès-verbal d'enquête sanitaire, (3) Procès-verbal d'enquête Commodo incomodo, (4) Avis d'exploitation, (5) Autorisation d'ouverture, (6) Permis d'ouverture, (7) preuves de paiement des taxes. Implantation: 1 officine pour 10.000 habitants (ville), pour 3.000 habitants (milieu rural); 500 m à 1.000 m entre 2 officines.
Infrastructure de l'officine	Structure du bâtiment, nombre de locaux, taille des locaux	Bâtiment: Murs en briques ou bloc ciment, plafond à 3 m de hauteur, 45m ² minimum de superficie, électrifié, avec point d'eau et équipement anti-incendie Locaux: minimum 3 locaux (Salle de délivrance des médicaments de 20m ² , salle de stockage de 16m ² , bureau du pharmacien de 9m ²) et des sanitaires.
Équipement minimum de l'officine pharmaceutique	Équipement de rangement, équipement de conservation des médicaments.	Climatisation (si température de plus de 20°C), frigidaire, armoire fermant à clé pour des médicaments psychotropes et stupéfiants, étagères, palettes, thermomètre mural, hygromètre mural, dispositif de lutte contre les rongeurs.
Personnels de l'officine pharmaceutique	Qualification du personnel, effectifs du personnel	Minimum: Un pharmacien inscrit au tableau de l'ordre des pharmaciens ou un assistant en pharmacie.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données avait été réalisée en janvier 2018, selon un protocole de recherche élaboré par une équipe mixte composée des experts la Direction Provinciale de l'Institut National des Statistiques du Nord-Kivu (INS Nord-Kivu), pour les données autres que géographiques, et la Direction de l'Institut Géographique du Congo du Nord-Kivu (IGC Nord-Kivu) pour les données géographiques, sous la guidance de l'équipe technique d'ULB Coopération. Cette collecte a été facilitée par l'appui du Projet d'Appui au Développement Intégré du Système de Santé (PADISS) en collaboration avec la Direction Provinciale de Santé du Nord-Kivu.

L'IGC Nord-Kivu est passé en premier pour identifier les officines et encoder les données spacio-géographiques sur tablettes. Sur cette base, une équipe de l'INS est passée ensuite pour administrer le questionnaire.

La collecte des données avait été réalisée par 10 enquêteurs incluant trois gestionnaires, trois infirmiers, deux statisticiens, un démographe et un médecin conjointement recrutés pour le compte de l'INS et l'IGC Nord-Kivu. La formation des enquêteurs s'est tenue pendant une journée. Le contrôle de qualité a été assuré par l'expertise d'un assistant technique. Pour les données autres que géographiques, les données ont été collectées par entretien avec le responsable de l'officine ou son délégué, l'examen des documents administratifs et les rapports d'activités, par l'observation visuelle et par la prise des mensurations des locaux.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 23. Pour tester la dépendance de deux caractères représentés dans un tableau de contingence, recours a été fait au test Chi-carré ou au test exact de Fisher. Le seuil de signification statistique considéré était de 0,05.

2.5 ASPECTS ÉTHIQUES

Avant la réalisation de l'enquête, le protocole de recherche avait été soumis au comité d'éthique de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL) et avait reçu son approbation par sa décision contenue dans sa lettre du 04 aout 2017.

3 RESULTATS

3.1 CHRONOLOGIE DE CRÉATION DES OFFICINES DE PHARMACIE DANS LA VILLE DE GOMA

Sur toute l'étendue de la ville de Goma un effectif total de 723 officines pharmaceutiques avait été dénombré et enquêté, soit une officine pharmaceutique pour 1 314 habitants.

La chronologie de création de ces officines est reprise sur la figure 1.

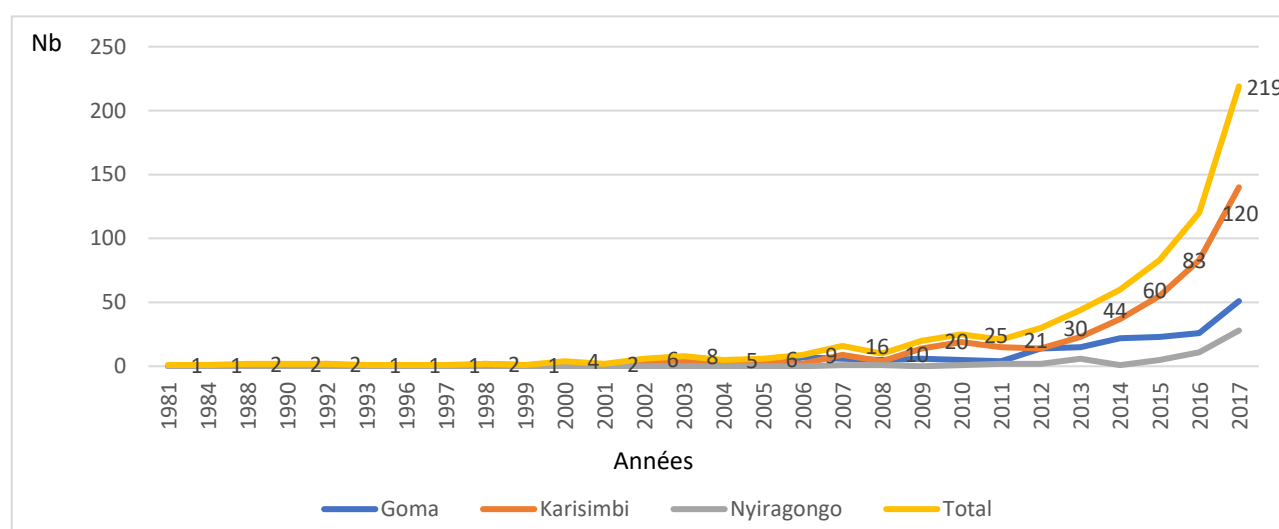


Fig. 1. Chronologie de création des officines de pharmacie par zone dans la ville de Goma, RDC, janvier 2018

La date d'ouverture de la plus ancienne officine pharmaceutique encore fonctionnelle remontait à l'année 1981. Tous les dix ans, le nombre d'officines pharmaceutiques ouvertes à nos jours est passé respectivement de 6, 12, 107 et 598.

Près de 75% (n=547) d'officines pharmaceutiques fonctionnelles en janvier 2018 dans la Ville de Goma avaient été créées entre 2013-2018. Au cours de l'année 2017, 30% (n=219) d'officines pharmaceutiques avaient été ouvertes dans la ville.

3.2 RÉPARTITION DES OFFICINES PHARMACEUTIQUE PAR ZONE DE SANTÉ

Tableau 2. *Distribution des officines pharmaceutiques par zone de santé dans la ville de Goma, Est de la RDC, janvier 2018*

Zone de santé	Population	Officines existantes	Ratio d'habitants par officine
Goma	267 947	206	1 301
Karisimbi	537 647	455	1 182
Nyiragongo	144 136	62	2 325
Total	949 730	723	1 314

Les officines pharmaceutiques étaient inégalement réparties selon les zones de santé urbaines de la ville de Goma (tableau 2). Leur répartition était inégale avec une grande concentration dans la partie Nord-Est où sont concentrées les activités commerciales de la ville. L'implantation des officines suit les axes routiers les plus fréquentés par la population et les activités commerciales comme le montre la répartition des officines pharmaceutiques sur la carte de la ville de Goma, représentée sur la figure 2.

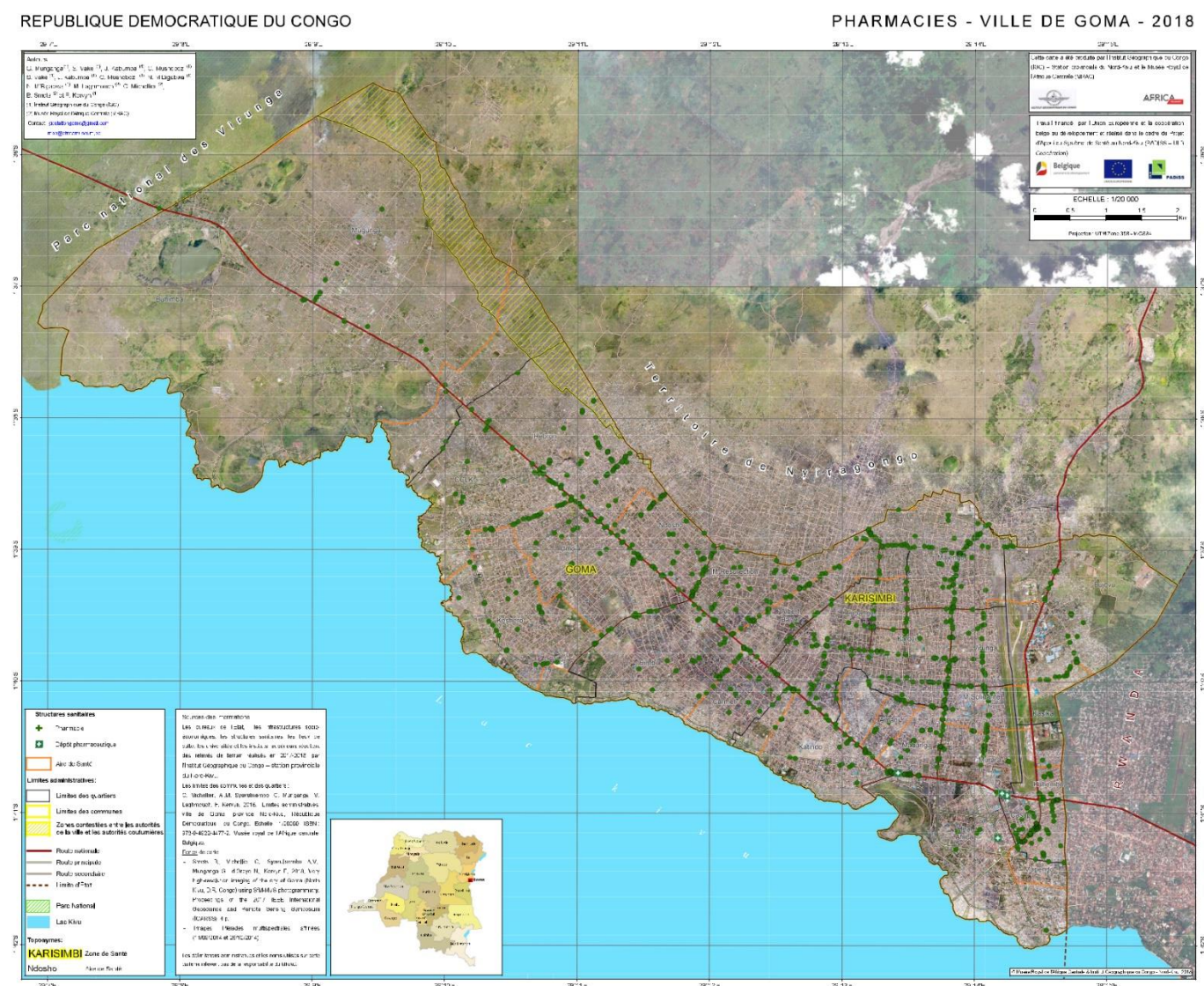


Fig. 2. *Cartes des officines pharmaceutiques dans la ville de Goma, Est de la RDC, janvier 2018 (Source: [19])*

3.3 RESPECT DE LA RÉGLEMENTATION DES OFFICINES PHARMACEUTIQUES DANS LA VILLE DE GOMA

Tableau 3. *Quelques caractéristiques normatives et gestionnaires des officines pharmaceutiques par zone de santé dans la ville de Goma, Est de la RDC, 2018*

Caractéristique	Zone de santé			p
	Goma	Karisimbi	Nyiragongo	
<u>Appartenance du bâtiment</u>	(n=206)	(n = 455)	(n = 62)	
Propriétaire	7%	5%	5%	0,29
Locataire	93%	95%	94%	
Cogestion	0%	0%	2%	
<u>Statut gestionnaire</u>	(n=206)	(n = 455)	(n = 62)	
Privé Lucratif %	98,1	99,1	98,4	0,22
Privé confessionnel %	0,9	0,0	0,0	
Privé associatif %	0,9	0,9	1,6	
<u>Profil du tenancier</u>	(n=184)	(n = 424)	n = 58)	
Pharmacien ou Assistant en pharmacie	4,9%	6,6%	10,3%	0,74
Infirmier	80,4%	80,7%	77,6%	
Médecin	0,5%	1,2%	0,0%	
Autre	14,1%	11,6%	12,1%	

Les officines pharmaceutiques fonctionnelles dans la ville de Goma étaient en majorité implantées dans des locaux en location (n=680) (tableau 3).

La majorité des tenanciers sont les prestataires de soins (infirmiers dans la plupart des cas). La répartition des qualifications des tenanciers utilisés dans la gestion des officines était quasiment comparable dans les trois zones de santé qui constituaient la ville de Goma (tableau 3).

La majorité d'officines pharmaceutiques fonctionnelles dans la ville de Goma sont du secteur privé lucratif (tableau 3).

Tableau 4. *Répartition d'officines pharmaceutiques avec documents administratifs par zone de santé*

Documents administratifs	Goma (n=206)	Karisimbi (n=455)	Nyiragongo (n=62)	Ville Goma (n=723)
Permis d'ouverture (DPS)	35%	32%	10%	31%
Permis d'exploitation (Environnement)	32%	32%	8%	30%
Avis au public (Environnement)	16%	27%	31%	24%
Demande de permis d'exploitation (Environnement)	12%	15%	40%	16%
Procès-verbal de clôture d'enquête sanitaire	13%	15%	35%	16%
Commodo et Incommodo (Environnement)	50%	44%	34%	45%
Installation classée de l'environnement	10%	4%	6%	6%
Autres documents	58%	34%	34%	41%

En rapport avec le respect de la réglementation, de manière générale, il avait été noté une carence des documents administratifs recommandés par le Ministère de la Santé pour attester de l'existence légale des officines pharmaceutiques (tableau 4).

Tableau 5. Proportion d'officines pharmaceutiques avec des locaux normés

Disponibilité de locaux	Goma (n=206)	Karisimbi (n=455)	Nyiragongo (n=62)	Ville Goma (n=723)
Local de vente	100%	100%	100%	100%
Local de stockage	3%	1%	2%	2%
Bureau du Pharmacien	1%	1%	0%	1%
Respect des dimensions des locaux	1%	1%	0%	1%

Au point de vue des locaux des officines, les locaux destinés à la vente étaient disponibles dans toutes les officines. En revanche, les locaux de stockage et le bureau du pharmacien manquaient dans plus de 95% des cas. Pour la salle de vente, habituellement présente, les normes de dimensions étaient respectées dans seulement 10% des cas.

En considérant au minimum un seul document administratif qui était le permis d'ouverture délivré par le Ministère de la Santé (Division Provinciale de la Santé), la proportion d'officines pharmaceutiques ayant ce document était plus élevée dans la zone de santé de Goma. La majorité d'officines (n=600) était en mesure de présenter au moins un document administratif. De tous les documents légalement exigés pour l'ouverture d'une officine, deux étaient les plus présents. Il s'agit du procès-verbal commodo et incommodo (n=316) soit 43% délivrés par la Division de l'environnement et le procès-verbal de clôture d'enquête sanitaire (n=224) soit 31% délivrée par la Division Provinciale de la Santé.

4 DISCUSSION

Cette étude menée sur la cartographie des officines pharmaceutiques avait pour hypothèse de déterminer si la prolifération des établissements pharmaceutique pourrait suivre la même tendance que la prolifération des établissements des soins en milieu urbain. Les résultats de cette étude montrent une pléthore d'officines pharmaceutiques, avec un ratio d'une officine pour 1 314 habitants. Ce ratio représente une couverture cinq fois plus que celle attendue selon la norme du Ministère de la santé de la RDC [14]. Cette pléthore, couplée aux carences en termes de respect des documents légaux et à l'éloignement des normes d'infrastructures et de ressources humaines, semble indiquer un déficit profond de régulation du secteur du médicament dans la ville de Goma.

Notre étude comporte certaines limites qui méritent d'être soulignées. La première limite est que cette étude n'a pas intégré les officines pharmaceutiques internes aux formations sanitaires; ces officines sont pourtant présentes dans toutes les structures publiques et privées. La seconde limite porte sur les standards de qualité étudiés qui ne portaient que sur les aspects architecturaux et des ressources humaines. La troisième limite porte sur la non-intégration de l'analyse des sources d'approvisionnement et surtout le contrôle de la qualité, le contrôle des principes actifs et d'excipients des médicaments; ce qui aurait permis de se prononcer sur la qualité réelle des médicaments servis à la communauté.

En dehors de ces limites, notre étude a un mérite. A notre connaissance, elle est l'une des rares études à avoir porté un regard de santé publique sur le secteur pharmaceutique des villes dans ce pays aux dimensions continentales qu'est la RDC.

Les résultats obtenus semblent globalement indiquer que l'ouverture des pharmacies répond plus à une logique commerciale qu'à une logique de santé publique.

La cartographie des officines pharmaceutiques observée dans notre étude suit les axes routiers où sont logées les activités commerciales de la ville de Goma. Ces axes sont régulièrement empruntés par une importante proportion de la population de la ville de Goma qui représente une clientèle potentielle. En outre le ratio de populations par officine est quasi deux fois plus élevé dans la zone de santé de Goma, où résident des habitants d'un niveau de vie un peu plus élevé, par rapport aux zones de santé de Karisimbi et de Nyiragongo. Ces constats rejoignent partiellement les résultats d'une étude menée en Afrique du Sud [20], qui avait montré une forte concentration des officines pharmaceutiques communautaires dans les zones urbaines. Mais nos observations semblent s'en éloigner en ce qui concerne la concentration des officines dans la zone de santé de Goma qui héberge une bonne majorité des ménages d'un niveau de vie beaucoup plus élevé.

La dynamique de création des officines semble récente, car près de 75% d'entre elles datent de 6 dernières années et 30% de la seule année 2017. Cette tendance a été observée aussi pour les formations sanitaires [24], l'accroissement de la population et l'expansion géographique de la ville. En revanche, cette dynamique ne semble pas s'accompagner d'un

renforcement de la régulation. Cette tendance est observée dans nombreux pays en développement, comme l'ont mentionné d'autres études [6; 7].

Les officines pharmaceutiques sont tenues, dans plus de 97% des cas par des acteurs privés lucratifs. Cette tendance si elle traduisait la volonté du Ministère à privilégier le partenariat public-privé, devrait offrir l'opportunité à l'Etat de se concentrer sur la régulation par le respect des normes en termes d'autorisations d'implantation assorties de documents d'existence légale, en termes d'infrastructures et de présence d'au moins un pharmacien par officine pharmaceutique.

La régulation semble inopérante et représente un risque majeur pour la population. En effet, une étude publiée en 2018 sur l'assurance qualité pharmaceutique auprès des distributeurs privés des médicaments l'a démontré dans 13 pays en développement [9]. Il est difficile d'espérer une distribution des médicaments de qualité, tant que la régulation n'est pas effective. La question qui demeure, serait de savoir pourquoi la régulation est si peu opérante. Plusieurs hypothèses pourraient être évoquées, notamment, la complicité de certains agents de l'état moins rémunérés, commis au contrôle des officines pharmaceutiques, la difficulté d'appliquer les pénalités, dans un contexte de crise et d'insécurité urbaines et le fait de privilégier les nombreuses officines comme sources génératrices de recettes de l'Etat. Cette dernière raison pourrait expliquer la hausse dans l'ouverture des officines pharmaceutiques observée à partir de l'année 2010-2011. Ces années correspondent à la mise en œuvre effective de la nouvelle constitution de la RDC, avec la mise en place des gouvernements provinciaux.

En 2016, le Ministère de la Santé, au travers du plan national de développement sanitaire 2016-2020 de la RDC [21], avait déjà fait le constat d'une certaine anarchie dans l'octroi des autorisations d'ouverture des officines pharmaceutiques, la vente illicite des médicaments au travers des circuits non autorisés et les risques de consommation des médicaments dont l'acquisition n'est pas contrôlée. D'après les résultats de cette étude, cette problématique semble toujours d'actualité en 2017, dans la ville de Goma, au regard de la proportion élevée d'officines ne disposant pas de l'entièreté des documents attestant de leur existence légale. Pourtant comme l'ont indiqué Sidibé M. *et al.* en 2014 [22] et Rafaella *et al.* en 2016 [23], la qualité des médicaments n'est pas un sujet négociable; elle doit être assurée par la stricte application des bonnes pratiques de distribution et d'autres systèmes d'assurance qualité, sur l'ensemble de la chaîne de valeur pharmaceutique.

Le dernier résultat interpellateur de cette étude, concerne le profil du tenancier des officines de pharmacies dans la ville de Goma, constitué dans plus de 75% des cas du personnel infirmier. Ce profil, bien que faisant partie du personnel soignant, ne dispose pas des connaissances minimales requises sur les préparations magistrales, la cinétique des médicaments, les interactions médicamenteuses et la conservation des médicaments. Il s'agit des connaissances indispensables pour analyser les prescriptions médicales et ainsi mettre les clients à l'abri de tout risque lié aux interactions médicamenteuses et aux médicaments de qualité douteuse. En revanche, ce profil expose à une déviation des fonctions assignées aux officines pharmaceutiques, dans un environnement où la tendance à l'automédication semble accentuée par la précarité de l'accès aux services de santé. En effet comme l'ont montré deux études récentes sur l'itinéraire thérapeutique des patients dans la ville de Goma, environ 51% des patients recourent en premier lieu à l'automédication ou à l'officine pharmaceutique [24; 25]. Cette ruée vers les officines pharmaceutiques par la patientèle interpelle sur la nécessité de repenser l'organisation des services de santé en milieu urbain et de s'assurer du respect de la réglementation dans la délivrance des médicaments autorisés en vente libre ou soumis à la présentation d'une prescription délivrée par un personnel habilité.

5 CONCLUSION

La prolifération des établissements pharmaceutique suit la même tendance que la prolifération des établissements des soins en milieu urbain. Cette étude, bien que partielle, sur la cartographie des officines pharmaceutiques dans la ville de Goma aura montré combien ces établissements fonctionnent bien loin des normes établies par le Ministère de la Santé en rapport avec les infrastructures et les ressources humaines. Ce profil semble traduire un déficit de régulation qui expose la population à des risques de consommation de médicaments d'une qualité non optimale. Aussi, à moyen terme, il pourrait être exploré la stratégie d'accréditation des officines pharmaceutiques, le contrôle qualité et le contrôle des principes actifs et d'excipients des médicaments approvisionnés par ces établissements privés.

En attendant qu'une régulation forte advienne selon le cadre de référence de l'OMS, les centrales régionales des médicaments essentiels, constituent une alternative crédible d'approvisionnement. Toutefois, des études plus ciblées sur les officines des formations sanitaires et la qualité réelle des médicaments délivrés en milieu urbain de Goma sont requises.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de relation financière ni personnelle qui pouvait les avoir influencés de manière inappropriée en rédigeant cet article.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

EMT a participé à toutes les phases (formulation du protocole de recherche, collecte des données, analyse des données, rédaction de l'article). MNP, MZ, NN, CN, JKB, GBB, DP, et JBK ont participé à l'analyse des données et à la révision de l'article.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Union Européenne et le Gouvernement Belge (DGD) pour le financement du PADISS (Projet d'Appui au Développement Intégré du Système de Santé au Nord-Kivu), projet dans le cadre duquel la collecte des données de cette étude a été réalisée.

REFERENCES

- [1] D. de Savigny et T. Adam, Pour une approche systémique du renforcement des systèmes de santé. Alliance pour la recherche sur les politiques et les systèmes de santé, Genève, OMS, 2009.
- [2] V. J. Wirtz, H. V. Hogerzeil, A. L. Gray, M. Bigdeli, C. P. de Joncheere, M. A. Ewen, M. Gyansa-Lutterodt, S. Jing, V. L. Luiza, R. M. Mbindyo, H. Möller, C. Moucheraud, B. Pécou, L. Rago, A. Rashidian, D. Ross-Degnan, P.N. Stephens, Y. Teerawattananon, E. F. M 't Hoen, A. K. Wagner, P. Yadav, M. R. Reich, "Essential medicines for universal health coverage," *Lancet*, Vol.389, pp.403–476, 2017.
- [3] OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2008: les soins de santé primaires - maintenant plus que jamais. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2008.
- [4] S. Ozawa, D.R. Evans, and J. E. Herrington, Prevalence and Estimated Economic Burden of Substandard and Falsified Medicines in Low- and Middle-Income Countries, *JAMA Netw Open.*, Vol.1, No.4, 2018: 181662.
- [5] B. Schiavetti, E. Wynendaale, B. De Spiegeleer, G. J. Mbinze, N. Kalenda, R. Marini, V. Melotte, E. Hasker, B. Meessen, R. Ravinetto, J. Van der Elst, and D. M. Ngeleka, "The Quality of Medicines Used in Children and Supplied by Private Pharmaceutical Wholesalers in Kinshasa, Democratic Republic of Congo: A Prospective Survey," *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, Vol. 98, no.3, 2018, pp. 894–903, 2018.
- [6] World Health Organization, Assessment of medicines regulatory systems in sub-Saharan African countries. Geneva, World Health Organization, 2010.
- [7] J. Guzman, E. O'Connell, K. Kikule K, and T. Hafner, "The WHO Global Benchmarking Tool: a game changer for strengthening national regulatory capacity," *BMJ Global Health*, Vol.5.: e003181. doi: 10.1136/bmjgh, 2020.
- [8] WHO, WHO essential medicines and health products annual report 2017: towards access 2030 Geneva, WHO 2018. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272972/WHO-EMP-2018.01-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [9] K. Van Assche, A.N. Giralt, J.M. Caudron, B. Schiavetti, C. Pouget, A. Tsoumanis, B. Meessen, R. Ravinetto, "Pharmaceutical quality assurance of local private distributors: a secondary analysis in 13 low-income and middle-income countries," *BMJ Glob Health*. 2018; 3 (3): e000771. Published online 2018 Jun 9. doi: 10.1136/bmjgh-2018-000771.
- [10] Ministère de la santé de la RDC, Politique pharmaceutique nationale. Kinshasa, Ministère de la Santé de la RDC, 2008.
- [11] Ministère de la santé de la RDC, Stratégie de renforcement du système de santé en République Démocratique du Congo. Première édition. Kinshasa, Ministère de la Santé de la RDC, 2006.
- [12] Ministère de la santé de la RDC, Normes de la zone de santé en République Démocratique du Congo. Kinshasa, Ministère de la Santé de la RDC, 2006.
- [13] D. Grodos, R. Tonglet, "Maîtriser un espace sanitaire cohérent et performant dans les villes d'Afrique subsaharienne: le district de santé à l'épreuve," *Trop Med Int Health.*, Vol.7, pp. 977-992, 2002.
- [14] United Nations, Department of Economics and Social Affairs, World urbanization prospects. The 2018 revision. New York, United Nations, 2019.
- [15] M.F. Chenge, J. Van der Venet, D. Porignon, N. Luboya, I. Kabyla et B. Criel, "La carte sanitaire de la ville de Lubumbashi, République Démocratique du Congo: Partie I: problématique de la couverture sanitaire en milieu urbain congolais," *Global Health Promotion*, Vol.17, no. 3, pp. 63-74, 2010.

- [16] Ministère de la santé de la RDC, Stratégie de renforcement du système de santé en République Démocratique du Congo. Deuxième édition. Kinshasa, Ministère de la Santé de la RDC, 2010.
- [17] Ministère de la santé de la RDC, Programme national d'approvisionnement en médicaments, Cartographie des systèmes d'approvisionnement et de distribution des médicaments et autres produits de santé en RDC. Kinshasa, Ministère de la santé de la RDC et OMS, 2010.
- [18] Ministère de la santé de la RDC, Arrêté ministériel n°1250/CAB/MIN/SP/010/ CPH/OMP/2015 du 28 septembre 2015 portant conditions d'ouverture et de fonctionnement des établissements pharmaceutiques. Kinshasa, Ministère de la santé de la RDC, 2015.
- [19] G. Munganga, S. Vake, J. Kabumba, C. Mushobozi, N. M'Bigabwa, M. Laghmouch, C. Michellier, B. Smets, et F. Kervyn, "Carte des pharmacies, Ville de Goma. Réalisée dans le cadre du Projet d'Appui au développement du Système de Santé au Nord-Kivu (PADISS –ULB Coopération)," Goma, Institut Géographique du Congo (IGC) – Station provinciale du Nord-Kivu et le Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC), 2018.
- [20] K. Ward, D. Sanders, H. Leng, A.M. Pollock, "Assessing equity in the geographical distribution of community pharmacies in South Africa in preparation for a national health insurance scheme," *Bulletin of the World Health Organization*, Vol.92, no.7, pp. 482-489, 2014.
- [21] Ministère de la santé de la RDC, Plan national de développement sanitaire 2016-2020. Kinshasa, Ministère de la Santé de la RDC, 2016.
- [22] M Sidibé, L. Yongb, & M. Chan. "Des produits courants pour une meilleure santé en Afrique: le temps est venu d'investir localement," *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, Vol.92, No. 6, pp. 387-387A, 2014.
- [23] R. Raffaella, D. Vandenberg, C. Macé, P. Corinne, B. Renchon, J.Rigal, B. Schiavetti, and J.M. Caudron, "Fighting poor-quality medicines in low- and middle-income countries: the importance of advocacy and pedagogy", *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, vol.9, No.36, pp.1-4, 2016.
- [24] Jean-Bosco Kahindo Mbeva, Mitangala Ndeba Prudence, Edgar Tsongo Musubao, Mahamba Nzanu, Ntabe Namegabe Edmond, Célestin Kimanuka, Hélène Lambert, and Denis Porignon. Patient itinerary in Africa settings: Goma city case in the east of the Democratic Republic of Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, ISSN 2351-8014 Vol. 53 No. 1 Feb. 2021, pp. 85-97.
- [25] Jean-Bosco Kahindo Mbeva, Mitangala Ndeba Prudence, Hermès Karemere, Edgar Tsongo Musubao, Ntabe Namegabe Edmond, and Celestin Kimanuka: Urban health services profile in Africa settings: Goma city case in the east of the Democratic Republic of Congo.

Optimisation de la croissance en pépinière de *Solanum Lycopersicon* par l'utilisation de substrat biologique

[Optimization of nursery growth of *Solanum Lycopersicon* by the use of biological substrate]

Aka Borel Junior Kevin, Boye Mambé Auguste-Denise, and N'Goniam Kouadio Serge

Département d'Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Université Jean Lorougnon Guédé,
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The tomato (*Lycopersicon esculentum*) is one of the most important vegetable crops in the world. However, in Côte d'Ivoire, there is a general decline in yield and quality of production compared to the capacity of the cultivars). The general objective of this study is to contribute to improve the growth of tomato in nursery using organic substrate. Specifically, the germination rate and speed, stem height and number of leaves were determined for each of the formulations in order to determine the ideal substrate formulation in the nursery. The plant material was tomato seed of the variety Cobra 26. The substrates used are soil and carbonized rice husks. The technical equipment consisted of honeycombed plates, a graduated ruler and a mini sprayer. The results obtained show a significant variation of the germination speed according to the formulations. During the growth of the plants in the nursery, the average height of the stems and the average number of leaves, the color of the leaves and the sanitary state of the plants for each formulation were determined and the analysis of the results showed a significant variation of these four variables in relation to the formulations. Formulations including ¼ charred rice husk and ¾ soil gave the best results overall.

KEYWORDS: trial, tomato, improvement, development, carbonized husk.

RESUME: La tomate (*Lycopersicon esculentum*) compte parmi les cultures légumières les plus importantes du monde. Cependant, en Côte d'Ivoire, On observe généralement une baisse du rendement et de la qualité de la production par rapport aux capacités des cultivars.). L'objectif général de cette étude est de contribuer à améliorer la croissance de la tomate en pépinière à l'aide de substrat organique. Spécifiquement, il a été question de déterminer le taux et la vitesse de germination, la hauteur des tiges et le nombre de feuilles pour chacune des formulations afin de déterminer la formulation de substrat idéale en pépinière. Le matériel végétal est constitué de semence de tomate de la variété Cobra 26. Les substrats utilisés sont à base de terre et de balles de riz carbonisées. Le matériel technique est constitué de plaquettes alvéolées, règle graduée et d'un mini pulvérisateur. Les résultats obtenus montrent une variation significative de la vitesse de germination en fonction des formulations. Lors de la croissance des plantes en pépinière, la hauteur moyenne des tiges et le nombre moyen de feuilles, la couleur des feuilles et l'état sanitaire des plantes pour chaque formulation ont été déterminés et l'analyse des résultats a montré une variation significative de ces quatre variables par rapport aux formulations. Les formulations comprenant ¼ de balle de riz carbonisée et ¾ de terre a donné dans l'ensemble les meilleurs résultats.

MOTS-CLEFS: essai, tomate, amélioration, développement, balle carbonisée.

1 INTRODUCTION

La tomate (*Solanum lycopersicon*) compte parmi les cultures légumières les plus importantes du monde [1]. Il existe plus de 4000 variétés de semences de tomate dont les plants produisent des fruits de diverses tailles [2]. Selon le Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), la tomate occupe la deuxième place dans la production maraîchère et est cultivée dans plus de 170 pays [3]. Au niveau mondial, sa production était estimée à 126, 2 millions de tonne, avec un rendement moyen de 27,3 T / ha en 2007 [4]. En Côte d'Ivoire, la production moyenne de tomate était de 34734 T en 2013 [5]. A l'instar de la production, la consommation de tomate augmente régulièrement tous les ans [6]. Cette augmentation de la consommation de tomate est due d'une part à sa richesse en protéines, en vitamine A, C et en lycopène [7]. C'est une plante très importante pour l'économie de bon nombre de pays comme la Côte d'Ivoire. En effet, la culture de tomate constitue une activité lucrative pour de nombreux producteurs à cause de son cycle végétatif court et de son haut rendement [1]. Sous les tropiques cependant, la culture de la tomate est confrontée à de nombreuses difficultés. On observe généralement une baisse du rendement et de la qualité de la production par rapport aux capacités des cultivars. Cela est favorisé par un mauvais développement des plantes dû à la pauvreté des sols, à la forte pression parasitaire et à la sensibilité aux climats chauds et humides [8]. Dès lors de nombreuses études ont été menées pour tenter de résoudre ces problèmes inhérents à bon nombre de cultures maraîchères. C'est en cela que les nouvelles techniques culturales comme la culture hors sol ont été introduites. Néanmoins, le coût des fertilisants utilisés dans ce type de culture reste relativement élevé pour les populations rurales qui sont en majorité des populations pauvres [9]. De plus, le marché des produits biologiques qui a atteint plus de 7 milliards d'euros en 2016 en France, progresse de plus de 500 millions d'euros au cours du premier semestre 2017 par rapport à la même période en 2016 [10]. Cela donne une indication importante quant à l'engouement des consommateurs pour ce type de produits [11]. De ce fait, transparait la grande nécessité de passer d'une agriculture conventionnelle à une agriculture biologique. C'est en cela que l'utilisation de fertilisants biologiques représente une étape importante pour satisfaire les exigences des consommateurs, réduire les coûts de production et protéger l'environnement à travers une agriculture visant le développement durable dans un siècle bouleversé par le changement climatique. C'est dans cette optique que s'inscrivent ces travaux qui visent à contribuer à l'amélioration de la quantité et de la qualité des tomates produites par l'utilisation en culture hors sol de substrats et de fertilisants biologiques dans la ville de Daloa (Côte d'Ivoire). L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la croissance en pépinière de la tomate à l'aide d'un substrat biologique. Les objectifs spécifiques de cette étude ont été de:

- Caractériser les paramètres de germination;
- Caractériser les paramètres de croissance en pépinière;
- Identifier parmi les formulations réalisées, la meilleure pour la pépinière de tomate.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

Le site de notre étude est localisé à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. La ville de Daloa se situe en Côte d'Ivoire dans la région du Haut Sassandra, précisément à 6°53 de latitude nord et 6°27 de longitude ouest. Cette région a une superficie de 15 200 km² pour une population estimée à 1.430.960 habitants [12]. La parcelle expérimentale est située au sein de l'Université, précisément à 6°54'32" de latitude nord et 6°26'14" de longitude ouest.

2.2 MATERIEL

2.2.1 MATERIEL TECHNIQUE

Le matériel technique est constitué de plusieurs éléments, à savoir:

- Des plaquettes alvéolées;
- Une table qui a servi de support aux plaquettes alvéolées;
- Un mini pulvérisateur pour l'arrosage;
- Un filet pour la protection des plants.

2.2.2 MATERIEL D'ETUDE

2.2.2.1 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est représenté par des semences de *Lycopersicon esculentum*, précisément de la variété COBRA 26 produite par la société Technisem.

2.2.2.2 SUBSTRATS UTILISES

Les substrats qui seront utilisés sont la terre et les balles de riz (substrat biologique). Les balles de riz pour obtenir un produit dénommé balles de riz carbonisé qui sera notre véritable substrat biologique.

2.3 METHODES

2.3.1 COLLECTE DU SUBSTRAT

Le substrat biologique (balle de riz) a été collecté dans un moulin de la ville de Daloa.

2.3.2 CARBONISATION DU SUBSTRAT

Le processus de carbonisation des balles de riz brutes consiste à brûler les balles de riz de sorte à obtenir du charbon de balles de riz également appelé balles de riz carbonisées. La carbonisation se déroule en trois étapes [13] présentées dans la figure ci-dessous.



Mise en flamme à l'air
Fig. 1A



Combustion à l'étouffé
Fig. 1B



Refroidissement
Fig. 1C

Fig. 1. Processus de carbonisation d'un substrat

Etape n°1: Mise en flamme à l'air

Cette étape consiste à mettre en place un brûleur. Il est réalisé à l'aide de bois disposés de façon conique (Fig. 1A). Le brûleur sera la source de chaleur qui permettra la carbonisation des balles de riz.

Etape n°2: Combustion à l'étouffée

Il s'agira de couvrir les bois en combustion avec le carboniseur puis tasser autour de ce dernier la matière à carboniser (balle de riz) et laisser la carbonisation se faire (Fig.1B). Il faudra veiller à retourner régulièrement la matière à carboniser pour que celle-ci soit totalement carbonisée et éviter ainsi l'obtention de cendres, un léger ajout d'eau est réalisé en cas d'apparition de flammes. Cette étape peut durer généralement 2h à 2h 30 min / sac de balle.

Etape n°3: Refroidissement

En fin de combustion, éteindre le feu par aspersion d'eau et laisser refroidir 20 à 30 minutes avant de collecter le composant carbonisé dans des sacs. Le taux de carbonisation varie selon la matière. Il est d'environ 50 % pour le riz (Fig. 1C).

2.3.3 CONFECTION DES DIFFERENTES FORMULATIONS DE SUBSTRATS

Les différentes formulations sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. *Composition des différentes formulations*

Codes	Formulation correspondante	Codes	Formulation correspondante
F1	100% te	F48	$\frac{1}{2}$ bac + $\frac{1}{2}$ te
F5	100% bac	F49	$\frac{1}{4}$ bac + $\frac{3}{4}$ te
F47	$\frac{3}{4}$ bac + $\frac{1}{4}$ te		

Te: terre; bac: balles de riz carbonisées

Les différents substrats seront utilisés deux à deux aux proportions de $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$ et $\frac{3}{4}$. Cependant, il y a aussi des formulations qui seront composés d'un seul type de substrat. Nous avons au total cinq formulations que sont F1, F5, F47, F48 et F49.

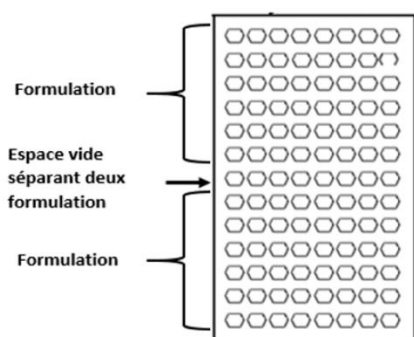
2.4 PREPARATION DE LA PARCELLE

La préparation de la parcelle s'est faite en plusieurs étapes:

- Défrichage qui a consisté au nettoyage de la parcelle à la machette puis à la daba;
- Etiquetage et remplissage des alvéoles qui a permis de reconnaître les formulations présentes dans chaque plaquette alvéolée.

2.5 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La figure 2 ci-dessous présente la disposition de deux formulations dans une plaquette alvéolée.



Disposition de deux formulations dans une plaquette alvéolée

Fig. 2A



Disposition des plaquettes alvéolées sur une table

Fig. 2B

Fig. 2. *Dispositif expérimental*

Le dispositif expérimental utilisé lors des trois essais est présenté dans la figure 2. Deux formulations différentes sont regroupées sur une même plaquette alvéolée (Fig. 2A). En tout, cinq plaquettes alvéolées ont été utilisées par expérience, chacune des cinq formulations est donc répétée deux fois. Ces cinq plaquettes alvéolées sont posées sur une table recouverte d'un plastique pour éviter tout contact entre les formulations et le bois de la table (Fig. 2B). Pour chaque formulation, des graines de tomate (Cobra 26) ont été semées dans 48 alvéoles à raison de deux graines par alvéole.

2.6 SEMIS

Le semis se fera dans des alvéoles contenant chacune une formulation de substrat. Il faudra semer 2 graines par alvéole dans le substrat à une profondeur de 1 à 2 cm. Nous aurons 96 graines par substrat pour chacune des 3 répétitions. Le démariage à un plant a eu lieu 10 jours après le semis.

2.7 ENTRETIEN

Les mesures prises pour l'entretien des plants de tomate sont présentées à la figure 3.



Plants de tomate évoluant dans des alvéoles sous un filet

Fig. 3A



Ombrière des plants de tomate

Fig. 3B

Fig. 3. Entretien des plants de tomate

Les plants de tomate (Fig. 3A) sont protégés contre les insectes et autres ravageurs à l'aide de filets. Les plants seront disposés sous une ombrière jusqu'à ce qu'ils soient assez forts pour résister à l'ensoleillement. On enlèvera progressivement l'ombrage pour permettre aux plants de s'adapter au soleil avant le repiquage. Pendant la période de pépinière (3 semaines), les plants seront arrosés tous les matins (Fig. 3B).

2.8 COLLECTE DE DONNEES

Le taux et la vitesse de germination ont été déterminés à partir des 10 premiers jours après le semis. Quant aux autres paramètres, ils ont été déterminés chaque trois jours à partir du douzième jour après le semis jusqu'au vingt et unième jour après le semis.

2.8.1 TAUX DE GERMINATION

Il exprime en pourcentage le rapport entre le nombre de graines germées (Nbg) sur nombre total de graines (Nbtg), [14].

$$Tg = (Nbg/Nbtg) \times 100$$

2.8.2 VITESSE DE GERMINATION

La vitesse de germination (ViGe) exprimée en plantules par jour est la somme des rapports entre le nombre (n_i) de graines germées au jour (i) et le nombre de jours (j_i) écoulés depuis le semis, k étant le nombre total de jours d'expérimentation [14].

$$ViGe = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{j_i}$$

2.8.3 NOMBRE DE FEUILLES DES PLANTS

Le nombre moyen de feuilles par plant (Nmf) est égal à la somme des nombres de feuilles de tous les plants (ΣNf) divisée par le nombre total de plants (Np) pour chaque formulation.

$$Nmf = \frac{\Sigma Nf}{Np}$$

2.8.4 HAUTEUR DES PLANTS

La hauteur moyenne (Hmp) des plants est égale à la somme des hauteurs des plants (ΣHp) divisée par le nombre de plants (Np) pour chaque formulation.

$$Hmp = \frac{\Sigma Hp}{Np}$$

2.8.5 COULEUR DES FEUILLES

La couleur des feuilles a été appréciée à travers une échelle faisant correspondre les principales couleurs de la plante à un nombre variant de 1 à 5 (tableau 2).

Tableau 2. Codage de la couleur des feuilles de tomate

Coloration de la feuille	Appréciation visuelle de la couleur	Code d'identification de la couleur
Jaune		1
Verte et moyennement jaune		2
Verte et légèrement jaune		3
Vert clair		4
Verte foncé		5

Le tableau 2 présente une méthode de codage des couleurs utilisées dans le cas de notre étude. Il faut noter que la couleur des feuilles varie énormément d'une plante à une autre mais renseigne quelque peu sur les conditions du milieu.

2.8.6 ETAT SANITAIRE DES PLANTULES

L'état sanitaire des plantules est perçu sur les feuilles et les tiges et les racines. Dans notre étude, l'on choisira d'apprécier l'état sanitaire au niveau des feuilles et des tiges. L'état sanitaire des plantules sera déterminé par l'état sain ou l'état malade, sans tenir compte de la gravité des symptômes. L'état sain correspond à un plant sans aucune marque ou brulure sur les feuilles et la tige. Quant à l'état malade, il correspond à la présence de brulures, de taches blanches, de perforations sur les feuilles et potentiellement sur les tiges.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 TAUX ET VITESSE DE GERMINATION

3.1.1.1 ÉVOLUTION DU TAUX ET DE LA VITESSE DE GERMINATION

• Description

La figure 4 présente l'évolution du taux et de la vitesse de germination au niveau des 5 formulations de substrats (F1, F5, F47, F48 et F49).

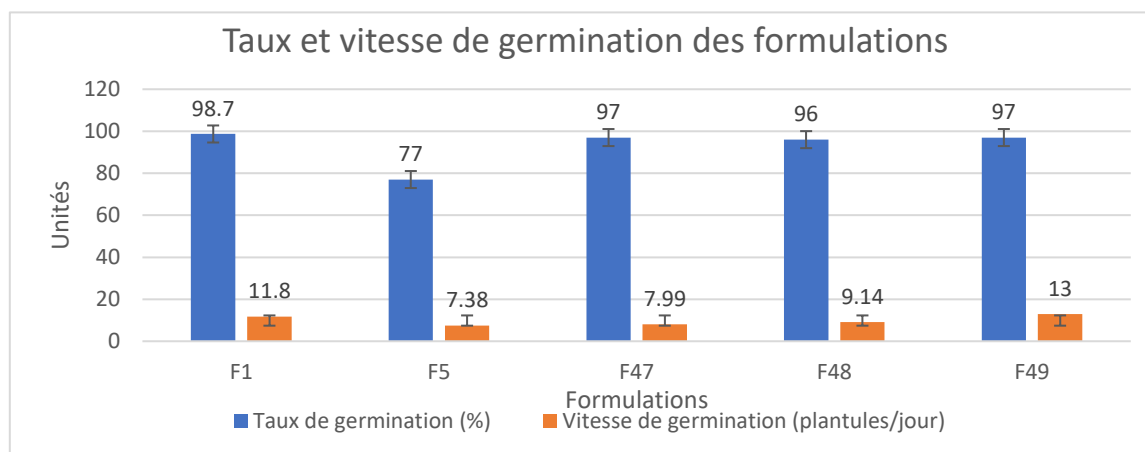


Fig. 4. Taux et vitesse de germination des formulations

F: formulation; sc: sciure de bois; te: terre; bac: balle de riz carbonisée; F 1: 100 % te; F3: 100 % sc; F5: 100 % bac; F 47: $\frac{3}{4}$ bac + $\frac{1}{4}$ te; F 48: $\frac{1}{2}$ bac + $\frac{1}{2}$ te; F 49: $\frac{1}{4}$ bac + $\frac{3}{4}$ te; Tg: taux de germination; ViGe: vitesse de germination;

A l'analyse de la figure 4, nous constatons en ce qui concerne le taux de germination que les formulations F1, F47, F49 et F48 qui ont les meilleurs taux de germinations avec respectivement 98,7%, 97%, 97% et 96%. Le plus faible taux de germinations pour l'ensemble des essais est observé au niveau de la formulation F5 et est de 77%. La vitesse (plantules/jour) de germination donne une indication du nombre de graines ayant germé en une journée. La vitesse la plus élevée est observée au niveau de la formulation F 49 et est de 13 plantules/jour. Elle est suivie par les formulations F1, F48 et F47 qui ont respectivement pour vitesse de germination $11,82 \approx 12$; $9,14 \approx 9$ et $7,98 \approx 8$ plantules/jour. La plus petite vitesse de germination a été observée chez la formulation F5 et est de $7,38 \approx 7$ plantules/jour.

• Distribution

Les résultats du test de Shapiro-Wilk concernant le taux et la vitesse de germination sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. *Test de normalité des paramètres de germination*

Formulations	Taux de germination (%)	Vitesse de germination (plants/jours)
F1	< 0,0001	1,000
F5	0,363	1,000
F47	< 0,0001	0,939
F48	0,363	0,599
F49	0,363	1,000

La probabilité du test de Shapiro-Wilk au niveau des taux de germination pour les formulations F1 et F49 est de 0,0001 < 0,05 (tableau 3), d'où la distribution du taux de germination ne suit pas une loi normale pour l'ensemble des formulations. Par contre la loi de distribution de la vitesse de germination donne une probabilité supérieure à 0,05 pour chacune des formulations de substrat, donc la distribution de la vitesse de germination suit la loi normale.

La distribution de la variance concernant la vitesse de germination est présentée dans le tableau 4.

Tableau 4. *Test d'égalité de variance pour la vitesse de germination*

Variable\Test	Bartlett
Vitesse de germination (plants/jour)	0,234

L'analyse de ce tableau a distribution de la vitesse de germination suit la loi normale, nous avons donc réalisé un test d'égalité des variances au niveau de la vitesse de germination. La probabilité obtenue (0,291) montre que les variances des vitesses de germination sont égales, il convient alors d'utiliser des tests paramétriques de comparaison des moyennes au niveau de la vitesse de germination et des tests non paramétriques dans le cas du taux de germination.

3.1.1.2 EFFET DES FORMULATIONS SUR LE TAUX ET LA VITESSE DE GERMINATION

Le test de normalité ayant entraîné le rejet de l'hypothèse de normalité, nous avons utilisé le test non paramétrique de Kruskal-Wallis qui utilise la somme des rangs afin de déterminer l'influence des formulations sur le taux de germination. Dans le cas des vitesses de germination, une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5. *Effet des formulations sur le taux et de la vitesse de germination*

Formulations	Taux de germination (%)	Vitesses de germination (plants/jour)
F1	98,700 ± 0,006a	11,82 ± 1,00ab
F5	77,00 ± 2,65a	7,38 ± 1,20c
F47	97,00 ± 2,65a	7,99 ± 0,18c
F48	96,00 ± 5,29a	9,14 ± 1,33bc
F49	97,00 ± 3,97a	13,00 ± 0,50a
P	0,057	0,0000

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

La probabilité pour le taux de germination est $P = 0,057$ (tableau 5). Cette probabilité est supérieure à 0,05. Le taux de germination ne varie donc pas significativement d'une formulation à l'autre. L'effets des formulations sur la vitesse de germination a été déterminés par une ANOVA à un facteur, suivi d'une comparaison multiple à l'aide du test de Bonferroni. Le test ANOVA a donné une probabilité de de 0,0000 < 0,05; la vitesse de germination est significativement influencée par les formulations de substrat.

3.1.2 HAUTEUR, NOMBRE DE FEUILLES, COULEUR DES FEUILLES ET D'ÉTAT SANITAIRE DES PLANTS

3.1.2.1 ÉVOLUTION DE LA HAUTEUR, DU NOMBRE DE FEUILLES, DE LA COULEUR DES FEUILLES ET DE L'ÉTAT SANITAIRE DES PLANTS

• Description

La description de la hauteur, du nombre de feuilles, de la couleur des feuilles et de l'état sanitaire des plants nous présente des différences entre les formulations.

✓ Hauteur des tiges

La figure 5 ci-dessous présente l'évolution de la hauteur des tiges des plants de tomate de chaque formulation au cours du temps.

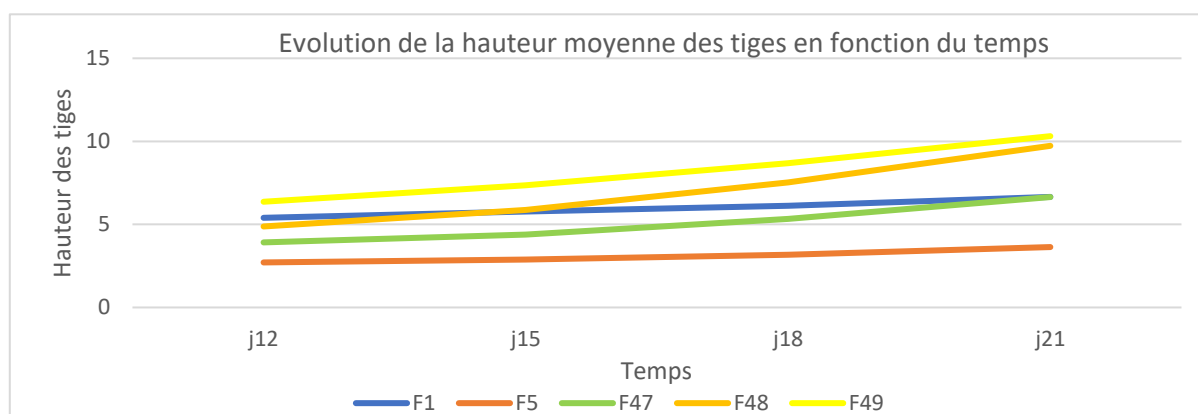


Fig. 5. Évolution de la hauteur moyenne des tiges en fonction du temps

J12, j15, j18, j21 correspondent respectivement à 12; 15, 18, 21 jours après le semis jours après le semis

Les courbes d'évolution de la hauteur des tiges principales en fonction du temps (Fig. 5) présentent une croissance de moins 1cm pour les formulations F47, F1 ET F5. Seules les formulations F49 et F48 présentent des tiges avec une croissance d'environ 2 cm du 12em au 21em jour. Les formulations F49 et F48 ont les tiges les plus hautes avec près de 10 cm au 21em jour. Les formulations F5 et F47 ont des tiges de hauteurs casi identiques atteignant les 6 cm. Les tiges les moins hautes sont observées au niveau de la formulations F5 avec une hauteur d'environ 4 cm.

✓ Nombre de feuilles des plants

L'évolution du nombre moyen de feuille au cours du temps montre une réelle variation du 12em jour au 21em jour est présenté sur la figure 6.

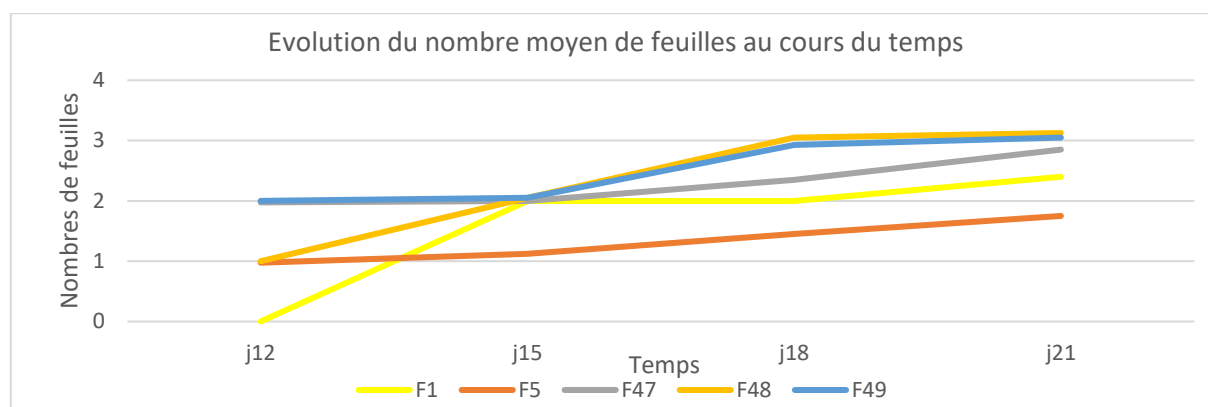


Fig. 6. Évolution du nombre moyen de feuilles des plants des formulations en fonction du temps

J12, j15, j18, j21 correspondent respectivement à 12; 15, 18, 21 jours après le semis

Les courbes (Fig. 6) nous montre que le plus grand nombre de feuilles est observée au niveau des formulations F48, F49 et F47 qui ont environ 3 feuilles au 21^{em} jour. Les formulations F48 et F1 ont connu une augmentation de 2 feuilles en 9 jours. Les formulations F49, F47 et F1 quant à elles ont obtenu une seule feuille en 9 jours. Les plus faibles nombres de feuilles sont observé au niveau des formulations F5 et F1 avec des plantules possédant environ 2 feuilles.

✓ État sanitaire des plants et couleur des feuilles

L'état sanitaire et la couleur des feuilles au cours du temps ont été appréciés à travers les différentes modalités qui les composent (Fig. 7).

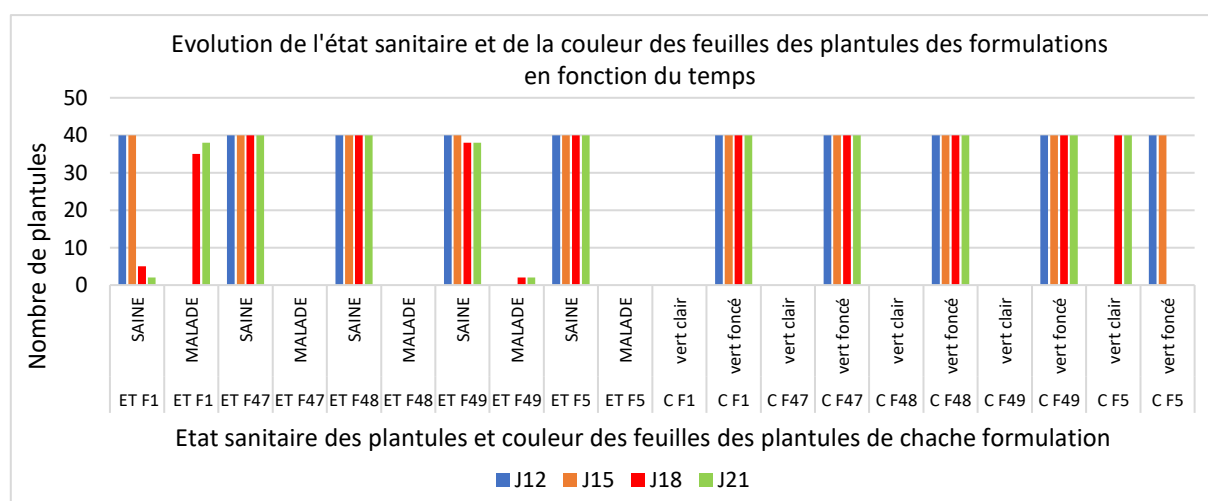


Fig. 7. Evolution de l'état sanitaire et de la couleur des feuilles des plantules des formulations en fonction du temps

J12, j15, j18, j21 correspondent respectivement à 12; 15, 18, 21 jours après le semis

Ainsi donc, à partir de la figure 7, nous avons constaté au niveau des 40 plants pris en compte pour chaque formulation que tous les plants étaient saines et de couleur vert-foncé au 12^{em} et au 15^{em} jour après le repiquage. C'est à partir du 18^{em} jour qu'on observe une variation au niveau de l'état sanitaire des plants mais la couleur des feuilles reste vert-foncé durant toute la phase pépinière. Au 18^{em} jour, la formulation F1 présente 35 plants malades contre 5 plants saines. L'attaque se propageant à partir de ce moment, le nombre de plants malades passe de 35 à 38 au 21^{em} jour. Concernant la formulation F49, l'apparition de maladies s'est faite au 18^{em} jour et 5 plants ont été atteint. Cependant pour F49, au 21^{em} jour, il n'y a pas eu d'augmentation du nombre de plants malades.

- **Distribution de la hauteur, du nombre de feuilles, de la couleur des feuilles et de l'état sanitaire des plants**

La distribution des différents paramètres de croissance en pépinière a été étudiée à l'aide des données recueillies le dernier jour de la pépinière (21^{em} jour)

- ✓ **Distribution de la hauteur et du nombre de feuilles des plants**

La loi de distribution de la hauteur des tiges et du nombre de feuilles a été étudiée à partir du test de Shapiro et Wilk. Pour ces trois paramètres, la probabilité P est inférieure à 0,05 pour l'ensemble des paramètres ce qui a tendance à nous conduire à dire que la distribution de ces paramètres ne suit pas la loi normale, ce serait une erreur. D'après la théorie des grand nombre, toute loi de distribution se résume à la loi normale pour $n > 30$ (nombre d'individu par traitement). Les paramètres étudiés suivent donc la loi normale.

La distribution de la vitesse de la hauteur de la tige et du nombre de feuilles suit la loi normale, nous avons donc réalisé un test d'égalité des variances.

Tableau 6. Test d'égalité des variances pour la hauteur des tiges et le nombre de feuilles

Variable\Test	Bartlett
Hauteur de la tige	< 0,0001
Nombre de feuilles	0,901

Les résultats du tableau 6 montre que la probabilité obtenue au niveau de la hauteur des tiges (0,0001) montre que les variances des hauteurs de tiges des différentes formulations ne sont pas identiques. Un test non paramétrique sera donc utilisé pour déterminer l'effet des formulations sur la hauteur des tiges. En ce qui concerne le nombre de feuilles, nous avons une probabilité $p = 0,901 > 0,05$; les variances des nombres de feuilles des différentes formulations sont identiques. Nous utiliserons dans ce dernier cas des tests paramétriques de comparaison des moyennes.

- ✓ **Distribution de l'état sanitaire des plants et de la couleur des feuilles**

La variation de l'état sanitaire des plants et celle de la couleur des feuilles par rapport aux formulations de substrats a été mise en évidence à travers un tableau de proportion (tableau 7).

Tableau 7. Tableau de proportion de l'état sanitaire en fonction de la couleur des feuilles

Couleur	Vert clair	Vert foncé	Total
Etat sanitaire			
Malade	0,000	0,250	0,200
Saine	1,000	0,750	0,800
Total	1,000	1,000	1,000

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

Le tableau 7 de permet de voir la répartition des proportions de plants malades en fonction de la couleur des feuilles au dernier jour de la pépinière. Nous constatons que seulement 25% des plantes malades ont la couleur vert-foncé alors que 75% des plants saines ont une couleur vert-fonce. Nous constatons également que tous les plants avec des feuilles de couleur vert-clair sont saines.

3.1.2.2 EFFET DES FORMULATIONS SUR LA HAUTEUR, LE NOMBRE DE FEUILLES, LA COULEUR DES FEUILLES ET L'ETAT SANITAIRE DES PLANTS

L'effet des formulations sur la hauteur, le nombre de feuilles, la couleur des feuilles et l'état sanitaire des plants a été réalisée à l'aide des données recueilli le dernier jour de la pépinière afin de déterminer s'il existe des différences significatives entre les plants des différentes formulations.

- **Effet des formulations sur la hauteur et du nombre de feuilles des plants**

La détermination de l'effet des formulations sur la hauteur des feuilles a été déterminée par un test de Kruskal Wallis suivi d'une comparaison multiple par le test de Dunn et l'effet des formulations sur le nombre de feuilles a été mis en évidence à partir d'une ANOVA (analyse de variance) suivi d'une comparaison par le test de Bonferroni (tableau 8).

Tableau 8. *Effet des formulations sur la hauteur des tiges et le nombre de feuilles*

Formulations	Hauteur des tiges (cm)	Nombre de feuilles (feuilles)
F1	5,345 ± 0,745b	2,400 ± 0,496b
F5	2,948 ± 0,428c	1,750 ± 0,439c
F47	4,895 ± 0,769b	2,850 ± 0,427a
F48	7,317 ± 1,287b	3,125 ± 0,463a
F49	8,063 ± 1,332a	3,050 ± 0,450a
P	0,00	0,00

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

Nous relevons du tableau 8 que le nombre moyen de feuilles et la hauteur moyenne des tiges ont une probabilité $P = 0,00 < 0,05$. Le nombre moyen de feuilles et la hauteur moyenne des tiges sont significativement influencés par les formulations de substrats. La formulation F49 possède à la fois la plus grande hauteur de tige (8,063 cm) et le plus grand nombre de feuilles (3 feuilles) parmi les formulations réalisées. La formulation F5 présente la plus faible hauteur de tige (2,948 cm) et environ deux feuilles. Les autres formulations possèdent des plants avec des caractéristiques se situant entre celles de F5 et celle de F49.

- **Effet des formulations sur l'état sanitaire des plants**

L'effet des formulations sur l'état sanitaire des plants a été déterminé à partir d'un test de Khi2 (tableau 9).

Tableau 9. *Effet des formulations sur l'état sanitaire des plants*

Formulations	MALADE	SAINE	Total
F1	19%	1%	20%
F47	0%	20%	20%
F48	0%	20%	20%
F49	1%	19%	20%
F5	0%	20%	20%
Total	20%	80%	100%
P	0,0001		

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

En ce qui concerne l'état phytosanitaire des plants (tableau 9), on observe que la probabilité pour qu'un plant soit malade est de 0,2. Cependant la probabilité qu'un plant appartenant à F1 soit malade est de 95% et cette probabilité chute à 5% pour F49 et à 0,00% pour les autres formulations. Le test de Khi2 a donné au niveau de l'état sanitaire des plants une probabilité $P = 0,0001 < 0,05$. L'état sanitaire des plants varie donc en fonction des formulations de substrat.

- **Couleur des plants**

L'effet des formulations sur l'état sanitaire des plants a été déterminé à partir d'un test de Khi2 (tableau 10).

Tableau 10. *Effet des formulations sur la couleur des feuilles des plants*

Formulations	Vert clair	Vert foncé	Total
F1	0%	20%	20%
F47	0%	20%	20%
F48	0%	20%	20%
F49	0%	20%	20%
F5	20%	0%	20%
Total	20%	80%	100%
P	0,0001		

Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ($p < 0,05$)

Dans le cas de la couleur des feuilles, nous constatons que toutes les feuilles de couleur claires appartiennent à F5. Toutes les autres formulations possèdent donc des feuilles vert-foncé. Le test de Khi2 a été réalisé pour déterminer s'il existe un lien entre les formulations et la couleur des feuilles. Nous avons obtenu une probabilité $P = 0,0001 < 0,05$ (tableau 10). Il existe donc un lien significatif entre les formulations et la couleur des feuilles.

3.2 DISCUSSION

Au niveau des paramètres de germination, nous constatons que le taux de germination reste statistiquement identique tandis qu'une variation significative est observée au niveau de la vitesse de germination. Cette variation est au plus marquée entre la formulation F49 ($\frac{3}{4}$ terre + $\frac{1}{4}$ balle carbonisée) et la formulation F5 qui est constituée uniquement de balles de riz carbonisée et est de l'ordre d'environ 6 plants/jour. Notons malgré l'absence de différence significative entre les formulations en ce qui concerne le taux de germination, ce dernier est plus élevé au niveau des formulations F1, F47, F48 et F49. Ces variations s'expliquent par les bonnes caractéristiques de germination de la formulation composée de terre et celles composées de terre et de balle de riz carbonisée. En effet, on observe une variation plus importante du taux et de la vitesse de germination entre les formulations constituées uniquement de balle de riz carbonisée et le reste des formulations. De ce qui précède, nous pouvons dire que la terre favorise la germination des graines car elle favorise la rétention de l'eau indispensable à la germination. Les formulations composées uniquement ou majoritairement de balles de riz carbonisées ont des taux de germination plus faibles du fait de la structure particulière des balles qui ne retenant pas suffisamment l'eau. Cependant, ce dernier se présente comme un facteur déterminant pour la germination des graines sous nos tropiques. [15] ont un point de vue similaire en affirmant que des trois facteurs de germination les plus importants que sont la température, l'humidité et la lumière; l'humidité se révèle être le facteur le plus important sous les tropiques. Associées à la terre dans les proportions ne dépassant pas 50%, les balles de riz carbonisées permettent de rendre la terre plus perméable à l'eau lorsque celle-ci comporte une grande quantité d'argile et accélère ainsi la germination des graines. Le fait que la terre favorise lors de la culture hors sol une meilleure germination des plantes est un indicateur de la qualité de l'environnement où la terre a été prélevée. Cela est en accord avec les travaux de [16] qui ont mis en évidence que la baisse des capacités de germination des graines de 3 espèces (*D. innoxia*, *Z. mays* et *L. perenne*) sur des sols pollués.

Concernant les paramètres de croissances en pépinière, il a été observé une variation de la hauteur des tiges et du nombre de feuilles, de l'état sanitaire et de la couleur des feuilles en fonction des formulations. Pour l'ensemble de ces paramètres, les meilleures formulations de ce groupe sont les formulations F49 ($\frac{3}{4}$ bac + $\frac{1}{4}$ te) et F48 ($\frac{1}{2}$ bac + $\frac{1}{2}$ te). Ces formulations possèdent au plus $\frac{1}{2}$ de balle carbonisée. De ce qui précède il ressort qu'en pépinière, les balles de riz carbonisées utilisées comme composant partiel des formulations de substrats favorise la croissance des plants lorsqu'elles représentent au plus la moitié du substrat. En effet, Les balles de riz sont riches en silice avec cependant de faible quantité d'éléments nutritifs. La carbonisation permet dans un premier temps une meilleure libération de ces éléments nutritifs dans le milieu et en second lieu, elle améliore la croissance racinaire des plantes et donc leur nutrition tant qu'elle ne dépasse pas les 50% du substrat. Des résultats similaires ont été publiés par [17] à la suite d'une étude sur l'utilisation en riziculture d'un compost à base de cendres de balles de riz. De même, [18] ont affirmé que l'utilisation des balles de riz carbonisées en pépinière, augmente le nombre de racines, la longueur des nouvelles pousses ainsi que leurs nombres de feuilles. Cependant, lorsque plus de la moitié du substrat de pépinière est composée de balle de riz carbonisée, on assiste à un ralentissement dans la croissance des plants du fait de la faible rétention d'eau entraînée par cet excès, c'est le cas des formulations F47 ($\frac{3}{4}$ bac + $\frac{1}{4}$ te) et F5 (100% bac).

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au terme de cette étude, il ressort que les sous-produits issus de l'agriculture peuvent être valorisés comme substrat de culture pour cette même Agriculture. Ils pourraient ainsi contribuer à la baisse du coût de production. Parmi toutes les formulations réalisées, nous avons constaté que les formulations constituées de balles de riz carbonisées et de terre (F 48, F49) possèdent les meilleures caractéristiques en prenant en compte à la fois les paramètres de germination et les paramètres de croissance. Ces formulations favorisent une bonne germination des graines et une meilleure croissance des plants de tomate. Au nombre de ces formulations, c'est la formulation 49 qui se révèle être la meilleure formulation en ce qui concerne la pépinière de la tomate.

Pour la suite des études, des analyses biochimiques pourraient être réalisées sur ces formulations pour en déterminer la composition. Tester la capacité de ces formulations à supporter tout le cycle végétatif de la tomate pourrait éclairer d'avantage sur l'utilisation des balles de riz carbonisée en culture hors sol. Il serait également souhaitable d'approfondir cette étude en cherchant à améliorer les formulations réalisées à l'aide de fertilisants biologiques.

REMERCIEMENT

Nous remercions le laboratoire d'amélioration des productions agricoles et mon encadreur tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] N. Shankara, V. L. Joep, G. Marja, H. Martin and V. D. Barbara. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation, PROTA, (2005).
- [2] C. M. Rick, "El tomate", Investigation in Ciencia, vol. 25, pp. 44-57, 1978.
- [3] Louissaint A. M. (2012). Évaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*), Mémoire de Master Agronomie et Agroalimentaire, 2012.
- [4] M. Ahishakiye and M. Aitamour, Transformation industrielle de tomates; extraction et caractérisation de l'huile de graines de tomates, 4 p, 2010.
- [5] Anonyme 1, Production alimentaire: tomates (tonnes), Côte d'Ivoire Perspective monde, FAO-ONU Carte du monde pour cette statistique, 8 Août 2018.
- [6] Dossou, J., Soulé, I., and Montcho, M., Analyse économique de la production de purée de tomate à petite échelle au Bénin, *Tropicultura*, vol. 24, no. 4, pp 239-246, 2006.
- [7] Hanson, P., Chen J. T., Kuo, C. G., Morris R., and Open, R.T., Suggestions sur les pratiques culturales de la tomate, Learning center, pp. 1 – 9, 2001.
- [8] F. Chen, H. Nonogaki and K. J. Bradford, "A gibberellin-regulated xyloglucan endotransglycosylase gene is expressed in the endosperm cap during tomato seed germination". *Journal of Experimental Botany* 53, pp. 215-223, 2002.
- [9] A. J. A. Kotaix, P. T. K. Angui, C. Z. K. Pierre, N. L. Diby, D. Dao, and B. Bonfoh, "Effet de l'engrais organique liquide « dragon 1", sur le développement de la tomate au sud et au centre-ouest de la côte d'ivoire, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui – Abrogoua", *Agronomie Africaine*, vol 25, no. 1, pp 37 – 52, 2013.
- [10] Agence bio, l'agriculture bio séduit de plus en plus de consommateurs et doit relever le défi de la croissance, 2017.
- [11] Fafard, la culture maraîchère bio hors sol, c'est possible, 2018. <http://www.filierebio.qc.ca/> (16 mai 2018).
- [12] Principaux résultats préliminaires du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH). <http://www.rgph.org>, mai, 2015.
- [13] S. Kist, P. Gerusa, Antonioli, I. Zaida, S. Bemfica, Ricardo, Bellé, and Rogério, "húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*", núm. 2, pp. 345- 357, 2010.
- [14] A. Y. Al-Maskri, M. M. han, I. A. han, and K. Al -Habsi, "Effect of accelerated ageing on viability, vigor (RGR), lipid peroxidation and leakage in carrot (*Daucus carota* L.) seeds", *International Journal of Agriculture & Biology*, vol. 5, no. 4, pp. 80-84, 2003.
- [15] M. L. Lebanc, D. C. Cloutier, G.D. Leroux, and C. Hamel, "Facteurs impliqués dans la levée des mauvaises herbes au champ", Vol. 79, no. 3, 1998.
- [16] P. Vernay, A. Austruy, C. Gauthier-Moussard, and A. Hitmi, Germination et fonctionnement du système photosynthétique des végétaux comme bioindicateurs de pollution des sols, Laboratoire de Physiologie et de Biotechnologies Végétales, IUT de Clermont-Ferrand, Université d'Auvergne, 100, rue de l'Égalité, 15000 Aurillac – [France, 2009.
- [17] N. Ouedraogo, "De la cendre de balle de riz pour fertiliser les rizières, Union Signassigui- Bama, Burkina Faso", *FENOP Info*, Numéro Spécial, Septembre 2015.
- [18] H. Kikuno, K. Muamba, H. Shiwachi, O. Micho, and R. Asiedu, "Mini tuber production of white yam (*D. rotundata*) using vines", *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, Vol. 50, no. 1, pp. 1-3, March 2006.

Etude d'impact prospective des débits de crues dans un contexte de changements climatiques en Afrique de l'Ouest: Cas du bassin versant du N'zo (Sassandra, Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Prospective impact study of flood flows in a context of climate change in West Africa: Case of the N'zo watershed (Sassandra, West of Ivory Coast)]

Kouassi Amani Michel¹, Gngouin Asaph Yahot Joe², Yao Charles Arme³, and N'Guessan N'Guessan Emilienne³

¹Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), Département de Formation et de Recherche (DFR) des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi), Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et des Sciences Géographiques, BP 1093, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), École Doctorale Polytechnique (EDP), B.P. 1093, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

³Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), École Supérieure des Mines et de Géologie (ESMG), B.P. 1093, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The study area is the N'zo-Sassandra (West of Ivory Coast) watershed which is located between longitudes 7°15' and 8°05' West and latitudes 6°50' and 7°50' North. Its area is estimated at 4,310 km². The objective of this study is to analyze the forecast of the flood flows of the N'zo (Sassandra) river located in the west of the Ivory Coast. The hydroclimatic data used (rainfall, ETP, flow) within the framework of this study extend on the one hand over the historical period (1961-2017) and on the other hand over the future period (2036-2065). The methodological approach adopted is based respectively on the analysis of past floods, the evaluation of the chosen rainfall-discharge model, the prospective climatic analysis and the prospective analysis of the flood flows. The variables used to describe the future evolution of these floods are the decennial and centennial quantiles of the annual maximum monthly mean discharges. Thus, an optimistic climate forecast scenario was used (RCP 2.6). This climatic scenario then fed into a hydrological rainfall-discharge model (GR2M model) calibrated to the reference period 1961-1990 and validated over the period 1991-2017. In response to climate forcing, future monthly flood discharges (QMXA) were simulated. The main results show that the best statistical law retained following the frequency analysis of the flood flows is the Gamma law which was used to estimate the frequency flows. The GR2M model evaluated, presented a good performance in calibration (79.7%) as in validation (82.7%) and demonstrated a great robustness (+3%) therefore a great capacity to reconstitute the flows of N'zo in Kahin. The climate forecast has shown a decrease in precipitation (-19.7%) and an increase in temperature (+1.6 °C) in the middle of the current century (2036-2065). The expected flood flow quantiles in the middle of the 21st century (2035-2065) are respectively 168.85 m³/s for the ten-year flow and 299.58 m³/s for the one-year flow. Thus, in response to climate change, the forecast of flood flows leads to a worrying drop in frequency flood flows, respectively of the order of 64.56% for the ten-year flood and 61.73% for the 100-year flood compared to their current values.

KEYWORDS: Climate change, Hydrological forecasting, Flood flows, GR2M model, N'zo-Sassandra, Ivory Coast.

RESUME: La zone d'étude est le bassin versant du N'zo-Sassandra (Ouest de la Côte d'Ivoire) qui se situe entre les longitudes 7° 15' et 8° 05' Ouest et les latitudes 6° 50' et 7° 50' Nord. Sa superficie est estimée à 4 310 Km². Cette étude a pour objectif d'analyser la prospective des débits de crue du fleuve N'zo (Sassandra) situé à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Les données hydroclimatiques utilisées (pluie, ETP, débit)

dans le cadre de cette étude s'étendent d'une part sur la période historique (1961-2017) et d'autre part sur la période future (2036-2065). La démarche méthodologique adoptée est basée respectivement sur l'analyse des crues passées, l'évaluation du modèle pluie-débit choisi, l'analyse prospective climatique et l'analyse prospective des débits de crue. Les variables retenues pour décrire l'évolution future de ces crues sont les quantiles décennal et centennal des débits moyens mensuels maximaux annuels (Q_{MMA}). Ainsi, un scénario optimiste de prévision climatique a été utilisé (RCP 2.6). Ce scénario climatique a ensuite alimenté un modèle hydrologique pluie-débit (modèle GR2M) calé sur la période de référence 1961-1990 et validé sur la période 1991-2017. En réponse au forçage climatique, les débits mensuels de crue (Q_{MMA}) futurs ont été simulés. Les principaux résultats montrent que la meilleure loi statistique retenue à la suite de l'analyse fréquentielle des débits de crue est la loi Gamma qui a servi à l'estimation des débits fréquents. Le modèle GR2M évalué, a présenté une bonne performance en calage (79,7%) comme en validation (82,7%) et a démontré une grande robustesse (+3%) donc une grande capacité à reconstituer les débits du N'zo à Kahin. La prospective climatique a mis en évidence une baisse des précipitations (-19,7%) et une augmentation de la température (+1,6 °C) au milieu du siècle en cours (2036-2065). Les quantiles de débit de crue attendus au milieu du 21^{ème} siècle (2035-2065) sont respectivement de 168,85 m³/s pour le débit décennal et 299,58 m³/s pour le débit centennal. Ainsi, en réponse aux changements climatiques, la prospective des débits de crue conduit à une baisse préoccupante des débits fréquents de crue respectivement de l'ordre de 64,56% pour la crue décennale et 61,73% pour la crue centennale par rapport à leurs valeurs actuelles.

MOTS-CLEFS: Changements climatiques, Prospective hydrologique, Débits de crue (Q_{MMA}), Modèle GR2M, N'zo-Sassandra, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Dans un contexte de changements climatiques où la quantité et la qualité des ressources en eau douce de la planète subissent de plus en plus des pressions exercées par la croissance démographique et l'activité économique, l'Afrique de l'Ouest semble faire face ces dernières décennies à des sécheresses prolongées et graves, notamment dans sa région sahélienne semi-aride et sans oublier les inondations graves et dévastatrices enregistrées dans sa zone tropicale humide [1]. De ce fait, la plupart des bassins fluviaux issus de cette partie du globe sont confrontés à ces mêmes événements hydroclimatiques. C'est l'exemple du bassin versant du N'zo, affluent du fleuve Sassandra (Côte d'Ivoire), où la récurrence de ces événements cause d'énormes désastres à leurs passages, dont la destruction des habitations et des champs de cultures comme ce fut le cas des dégâts occasionnés par la crue du fleuve N'zo en Juin 2017 qui ravagea à Guiglo plus de 600 hectares de riz [2].

Il est donc de plus en plus évident que le climat à long terme de l'Afrique de l'Ouest est en train de changer et que ces changements climatiques entraînent et continueront de faire apparaître des extrêmes hydrologiques. Toutefois, si des progrès considérables ont été réalisés pour comprendre pourquoi les précipitations sont si variables dans cette zone géographique et comment elles pourraient évoluer à l'avenir [3], il semble tout aussi important de vérifier si ces changements climatiques constatés auront ou non des impacts sur les débits extrêmes futurs. Dans la mesure où les inondations et sécheresses qui en résultent pourraient affecter directement la vie des personnes, leurs foyers et leurs entreprises.

L'objectif de cette étude est l'analyse prospective des débits de crues du fleuve N'zo (Sassandra) à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. La démarche méthodologique adoptée est basée respectivement sur l'analyse des crues passées, l'évaluation du modèle pluie-débit choisi, l'analyse prospective climatique et l'analyse prospective des débits de crue.

2 DONNÉES ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est le bassin versant du N'zo à Kahin, sous-bassin du fleuve Sassandra. Il est compris entre les longitudes Ouest de coordonnées 7°15' et 8°05' et les latitudes Nord de coordonnées 6°50' et 7°50' (Figure 1). La superficie du bassin est estimée à 4 310 Km². Le N'zo, cours d'eau d'ordre 6 (méthode de Strahler), prend sa source dans les monts Dans, région située entre Biankouma et Man et coule globalement dans une direction Nord-Sud. C'est un affluent de la rive gauche du fleuve Sassandra.

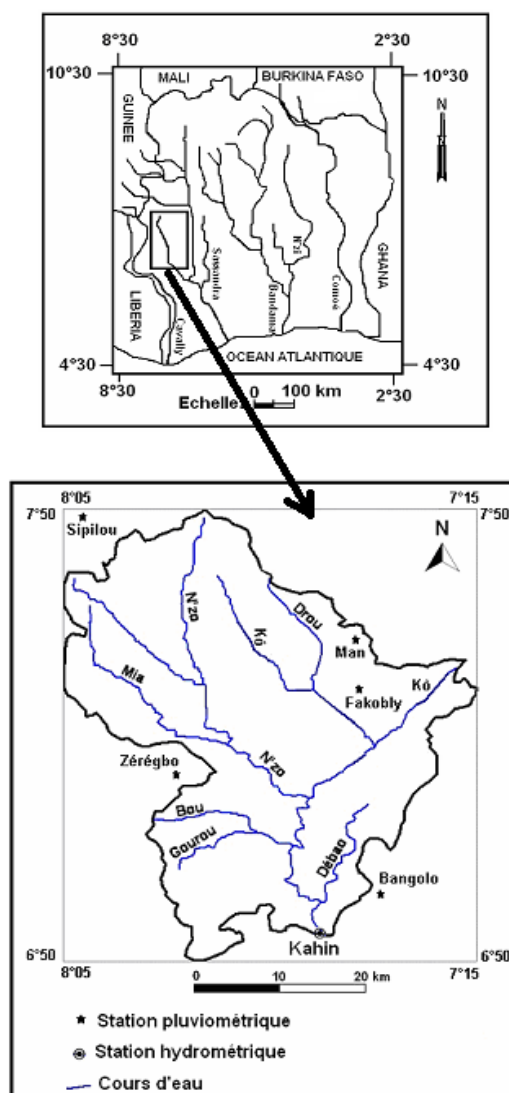


Fig. 1. Présentation du bassin versant du N'zo-Sassandra

Le régime climatique régnant au niveau du bassin versant du N'zo-Sassandra à Kahin est un climat de montagne (régime subéquatorial) avec des hauteurs pluviométriques annuelles dépassant parfois les 2 000 mm (Figure 2). L'orientation des reliefs majeurs par rapport aux vents dominants et la répartition des altitudes par rapport aux zones atmosphériques, sont autant de facteurs qui militent en faveur de ce climat de montagne. Cependant, la distribution spatiale des précipitations est faite selon un gradient essentiellement de direction NE- SW. Le bassin versant du N'zo-Sassandra à Kahin est soumis à deux saisons:

- Une saison sèche qui s'étend de novembre à février, avec des précipitations moyennes mensuelles dépassant rarement 50 mm. Les plus faibles valeurs des précipitations sont observées pendant le mois de janvier avec à peine 5 mm de pluie;
- Une saison de pluies qui s'étend de mars à octobre. Les mois d'août et septembre sont les mois les plus pluvieux, avec des moyennes mensuelles dépassant 300 mm. Les paramètres climatiques ci-dessous ont été évalués sur la période 1971-2000. Les températures annuelles varient globalement entre 15 °c et 33 °c avec une moyenne de 25 °c. Une moyenne de 2 272 heures d'ensoleillement par an est enregistrée. L'humidité relative varie entre 61 et 99% avec une valeur moyenne de 98% à man. Les vents de direction n-s (harmattan et alizé boréal) sont dominants en saison sèche tandis qu'en saison des pluies, c'est le vent de la mousson de direction nw- se qui prédomine.

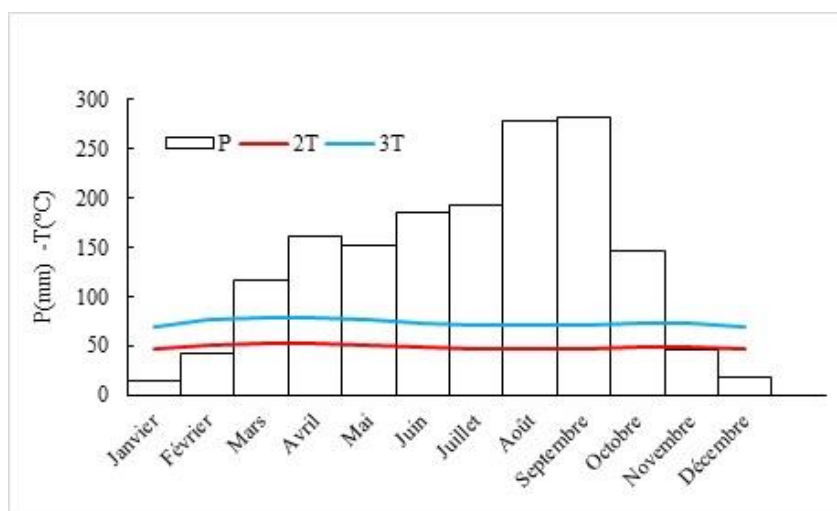


Fig. 2. Diagramme ombrothermique de la station de Man (1961-1990)

Le régime hydrométrique observé à la station du N'Zo à Kahin est un régime simple avec un minimum en février et un maximum en septembre (Figure 3). La période des basses eaux s'étend de novembre à juin et la période des hautes eaux va de juillet à octobre.

Le bassin versant du N'zo-Sassandra à Kahin fait partie de la zone forestière de l'Ouest caractérisée par une forêt dense. Cependant, on assiste à une dynamique régressive de la forêt au profit des cultures/jachères due à des pratiques agricoles et une exploitation forestière accélérée [4]. Une partie de cette végétation est conservée sous forme de forêts classées (Ira, Sangouiné, Gueouélé, Mont Tonkoui, Goin-Debé, Scio) dans lesquelles l'exploitation forestière est autorisée mais, les défrichements agricoles sont interdits.

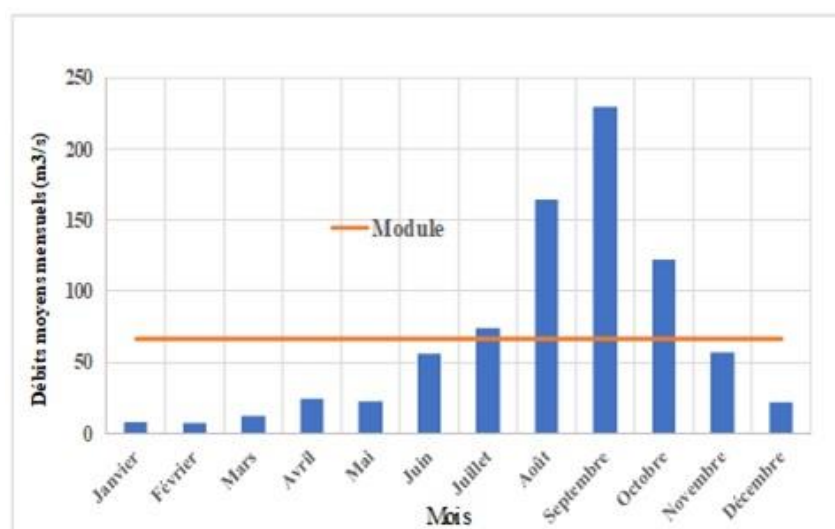


Fig. 3. Régime hydrologique du N'zo à Kahin (1961-1990)

Ces domaines forestiers permanents de l'Etat doivent permettre de garantir l'équilibre écologique. En effet, l'occupation du sol influence la quantité d'eau disponible pour l'écoulement de surface et l'infiltration selon la nature des végétaux. Les sols du bassin versant du N'zo-Sassandra sont constitués essentiellement de sols ferralitiques et de sols hydromorphes. Le bassin versant du N'zo-Sassandra à Kahin appartient à la région la plus accidentée de la Côte d'Ivoire. Les altitudes des sommets sont généralement supérieures à 800 m et dépassent parfois les 1 000 m. L'altitude moyenne des bas plateaux est égale à 300 m. La côte minimale du N'zo est de 225 m. Le bassin versant du N'zo (Sassandra) se situe dans le domaine archéen de la dorsale de Man. On y rencontre trois principales unités lithologiques [4] à savoir un ensemble granulitique constitué de gneiss occupant la quasi-totalité du bassin versant (90 %), un ensemble charnockitique situé au Nord-Est du bassin et un ensemble migmatitique localisé dans la partie sud du bassin. Ces formations ont subi quatre phases de déformation, vieilles de 2817 à 1670 Ma, qui sont responsables de l'intense fracturation à l'origine des aquifères fracturés.

2.2 DONNÉES

Les données climatiques mesurées au sol concernent les pluies et températures mensuelles de la période 1961-2017. Elles proviennent de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Les stations de Guiglo et de Man sont les stations sélectionnées dans le réseau météorologique de la Côte d'Ivoire pour cette étude. Les valeurs de l'ETP ont été calculées à partir de l'aide de la Méthode de Thornthwaite sur la période 1961-2017. Les pluies annuelles à la station de Man varient entre 1150,2 et 2189,5 mm avec une moyenne de 1619 mm et un écart-type de 246,8 mm tandis que celles de Guiglo vont de 1123,7 à 2068,1 mm avec une moyenne de 1333,4 mm et un écart-type de 550,7 mm. Les valeurs moyennes annuelles de température mesurées à la station de Man oscillent entre 23,76°C et 25,45°C avec une moyenne de 24,41°C et un écart-type de 0,37. Quant à l'ETP, elle se situe entre 1215,8 mm et 1461 mm avec une moyenne de 1299,5 mm et un écart-type de 51,1 mm. Des données climatiques futures de pluies et de températures ont été utilisées. Ces données proviennent du programme CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment). Le scénario retenu est le RCP 2.6 qui est le scénario le plus optimiste. En effet, la réalisation de ce scénario implique l'intégration des effets de politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) susceptibles de limiter le réchauffement planétaire à 2 °C. Les différentes données climatiques (pluie et température) couvrent la période de référence (1961-1990) et la période future (2071-2100). Celles-ci ont fait l'objet de prétraitements (logiciel RSTUDIO) et de corrections (méthode Delta).

Les données de débits mensuels ont été mises à notre disposition par la Direction Générale des Infrastructures de l'Hydraulique Humaine (DGIHH), Sous-Direction de l'Hydrologie et s'étendent sur la période 1961-2017. La station hydrométrique choisie pour l'étude est celle du N'zo à Kahin. Le débit moyen annuel ou module du N'zo à Kahin, varie entre 22,5 et 150,2 m³/s avec une moyenne de 71,3 m³/s et un écart-type de 32,6 m³/s. L'analyse des débits extrêmes passe par l'extraction de certains indicateurs utilisés pour caractériser les crues [6-7]. Les variables retenues pour décrire l'évolution future des crues sont les quantiles décennal et centennal des débits moyens mensuels maximaux annuels (Q_{MXA}). Ainsi, les Q_{MXA} du N'zo à Kahin, varient entre 108 et 823,242 m³/s avec une moyenne de 253,12 m³/s et un écart-type de 142,53 m³/s.

2.3 MÉTHODES

La démarche méthodologique suivante a été adoptée:

- Analyse des crues passées;
- Evaluation du modèle pluie-débit choisi;
- Analyse prospective climatique;
- Analyse prospective hydrologique.

2.3.1 ANALYSE RÉTROSPECTIVE DES DÉBITS DE CRUES

2.3.1.1 FRÉQUENCES D'OCCURRENCE MENSUELLE DES Q_{MXA} ET DE DISTRIBUTION DES Q_{MXA}

La fréquence d'occurrence mensuelle consiste à déterminer les fréquences d'apparition mensuelle des Q_{MXA} . Ces occurrences mensuelles sont ramenées à l'échelle de pourcentage et représentées graphiquement.

Cette analyse consiste à déterminer les classes de distribution des Q_{MXA} mais surtout concourt à déterminer les classes modales et médianes. La caractérisation des fréquences de distribution des débits extrêmes a suivi la procédure suivante [8]:

- a) La détermination du nombre de classes : elle tient compte de certaines règles permettant de réaliser une discrétisation correcte:
 - i) Aucune classe ne doit être vide;
 - ii) Les limites de classe doivent couvrir l'ensemble de la distribution;
 - iii) Les limites de classe ne doivent pas se chevaucher;
- b) L'évaluation de l'intervalle de classe, la définition des classes et la définition des effectifs puis des fréquences par classe. De ces fréquences représentées graphiquement, il résulte des histogrammes de fréquences simples et cumulées qui permettent de déterminer respectivement les classes modales et médianes.

2.3.1.2 MODÉLISATION STATISTIQUE DES Q_{MXA}

La modélisation statistique ou analyse fréquentielle des Q_{MXA} réalisée a consisté à déterminer les quantiles décennal et centennal des débits de crues. L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future. Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel, qui est une équation décrivant le comportement statistique d'un

processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée. L'un des buts de la modélisation statistique est de valider les séries de variables descriptives de paramètre extrême devant servir à l'estimation des quantiles de diverses périodes de retour [9]. L'analyse fréquentielle passe en premier lieu par l'appréciation de la qualité des séries à posséder une fonction de distribution en utilisant les tests de stationnarité de Kendall, d'indépendance de Wald-Wolfowitz et d'homogénéité de Wilcoxon [10-11]. Ces tests fonctionnent tous sur le même principe qui consiste à énoncer une hypothèse sur la population mère et à vérifier sur les observations constatées si celles-ci sont vraisemblables dans le cadre de cette hypothèse. L'hypothèse à tester est appelée H_0 (hypothèse nulle) et s'accompagne impérativement de son hypothèse alternative appelée H_1 . Le test s'attachera à valider ou à rejeter H_0 (et par conséquent à tirer la conclusion inverse pour H_0). Si le résultat du test amène à accepter l'hypothèse nulle H_0 , alors la probabilité que la répartition soit aléatoire est élevée. En revanche, le rejet de H_0 signifie que cette répartition des réponses recèle des informations qui ne semblent pas être aléatoires et qu'il convient d'approfondir l'analyse. Les résultats de ces tests d'hypothèses sont généralement présentés sous forme de couple (statistiques des tests, p-value). La p-value étant la probabilité au dépassement de la valeur calculée de la statistique du test que l'on compare ensuite avec le niveau de signification.

Selon Kouassi *et al.* [12], la détermination de la meilleure loi d'ajustement a toujours été délicate et le choix du modèle peut être crucial pour l'estimation des périodes de retour des valeurs extrêmes. La meilleure loi retenue pour les crues par Assoko *et al.* [13] sur le bassin de la Marahoué (Bandama, Côte d'Ivoire) est la loi gamma tandis que Kouassi *et al.* [12] ont retenu la loi log-normale sur le bassin versant du N'zi (Bandama, Côte d'Ivoire). Il n'existe donc pas de loi unique qui permettrait d'ajuster convenablement toutes les données des stations. Pour l'étude, des lois ont été présélectionnées via deux (02) approches. La première approche a consisté à retenir des lois sur la base de certains travaux antérieurs effectués sur des bassins similaires en Afrique de l'Ouest. La deuxième approche s'est appuyée sur l'outil SAD du Logiciel HYFRAN. A l'issue de ces présélections, trois (03) lois ont été retenues. Il s'agit notamment de:

- La loi Gamma;
- La loi Gumbel;
- La loi Log-Normale.

Ces lois ont été soumises au logiciel qui permet ainsi de dégager la meilleure loi ajustant chaque indicateur après comparaison de ces lois à l'aide des critères BIC et AIC [12, 13, 14]. Les séries intégrées dans une procédure d'analyse fréquentielle, comme abordée ci-dessus permettent d'estimer un quantile de période de retour donné à partir d'une loi statistique ajustée sur les observations. La détermination des quantiles a été effectuée à partir de l'approche analytique dont le fondement mathématique se présente comme suit (équation 1) [12]:

$$x(F) = x_0 + S \times u(F) \quad (1)$$

Avec :

- x_0 : la moyenne arithmétique;
- S : l'écart-type de l'échantillon considéré;
- u : variable réduite de la loi considérée.

x_0 et S étant connus, on calcule $x(F_i)$, qui est le quantile recherché pour une fréquence de non dépassement donnée F_i . Après avoir déterminé le quantile relatif à une fréquence donnée, il faut connaître l'intervalle de confiance de ce quantile, c'est-à-dire la gamme de valeurs qui devrait contenir ce quantile. L'intervalle de confiance autour d'un quantile quelconque n'est estimé en pratique que lorsque l'effectif de l'échantillon est suffisamment important pour que les moyennes et les écarts types empiriques suivent sensiblement des lois normales indépendantes ($n > 30$).

La loi identifiée comme ajustant le mieux les débits de crues a été appliquée aux débits moyens mensuels minimaux annuels (Q_{MNA}) pour caractériser les périodes de retour des événements extrêmes. Selon Hangnon *et al.* [15], la période de retour (ou temps de retour) caractérise le temps statistique entre deux occurrences d'un événement naturel d'une intensité donnée. Ce terme est très utilisé pour caractériser les risques naturels. La période de retour d'un événement est définie comme étant l'inverse de la probabilité annuelle de dépassement de cet événement [12] (équation 2):

$$T = 1/F \quad (2)$$

avec :

- T : période de retour (année);
- F : fréquence de non dépassement.

Un événement extrême est qualifié de très exceptionnel si sa période de retour est au-delà de 100 ans; d'exceptionnel si la période de retour est située dans l'intervalle de 30 à 100 ans; de très anormal si la période de retour est comprise entre 10 et 30 ans; d'anormal si la période de retour va de 6 à 10 ans et de normal si la période de retour est à moins de six ans [12, 13, 15].

2.3.2 EVALUATION DU MODÈLE PLUIE-DÉBIT CHOISI

Le choix s'est porté sur le modèle pluie-débit conceptuel global GR2M pour sa performance, sa robustesse et sa simplicité [16-19]. Selon Sauquet *et al.* [20], le modèle pluie-débit est un outil qui permet de simuler les débits en un point donné d'un cours d'eau à partir de la connaissance des précipitations liquides ou solides sur le bassin-versant correspondant et du retour potentiel à l'atmosphère via les phénomènes d'évaporation. C'est une représentation très simplifiée du fonctionnement du bassin-versant et de la complexité intrinsèque des processus hydrologiques. Dans le cadre de cette étude, le bassin a été considéré comme une entité homogène, sans prise en compte de la variabilité spatiale interne de ses caractéristiques (caractère global) et la transformation pluie-débit est décrite par un assemblage simple de réservoirs permettant de simuler la répartition des eaux dans les différents compartiments du cycle de l'eau (caractère conceptuel) [20].

Le modèle GR2M (modèle du Génie Rural à 2 paramètres au pas de temps mensuel) est constitué d'un réservoir de production qui régit la fonction de production et qui est caractérisé par sa capacité maximale et d'un réservoir « eau gravitaire » qui régit la fonction de transfert. Ce modèle mensuel de bilan d'eau est régi par deux paramètres à caler (X_1 et X_2). Le premier paramètre X_1 représente la capacité maximale du réservoir « sol ». Le deuxième paramètre X_2 représente le paramètre d'échange souterrain au niveau du réservoir « eau gravitaire ». Le modèle GR2M est schématisé par [4, 16, 19]:

- Une fraction de la pluie mensuelle qui participe à l'écoulement direct;
- Le niveau d'un réservoir qui représente le stock d'eau et évolue en fonction de la fraction de pluie restante et de l'évapotranspiration potentielle par l'intermédiaire d'une évapotranspiration réelle;
- Une vidange progressive de ce stock d'eau qui produit l'écoulement retardé.

Le modèle GR2M a été calé sur la période 1961-1990 et validé sur la période 1991-2017. Le critère d'évaluation utilisé a été le Nash-Sutcliffe qui a été appliqué en calage (1961-1990) et en validation (1991-2017) (équation 3):

$$\text{Nash-Sutcliffe} = 100 \left[1 - \frac{\sum (Q_o^i - Q_c^i)^2}{\sum (Q_o^i - Q_m)^2} \right] \quad (3)$$

Où:

Q_o^i : débits mensuels observés;

Q_c^i : débits mensuels calculés;

Q_m : débit moyen observé sur l'ensemble de la période d'observation sans lacune.

La valeur du critère de Nash-Sutcliffe est comprise entre $-\infty$ et 100%. Le modèle est considéré comme performant quand les débits estimés se rapprochent des débits observés, c'est-à-dire quand la valeur du critère de Nash-Sutcliffe est proche de 100%. Ainsi, une performance supérieure ou égale à 60% peut être jugée satisfaisante [21]. Les performances en termes de critère de Nash-Sutcliffe sont l'image de l'adéquation du modèle et du jeu de paramètres calés au bassin étudié. La performance du modèle peut être jugée selon les valeurs prises par le critère de Nash-Sutcliffe:

- Nash-Sutcliffe $\geq 90\%$: le modèle est excellent;
- $80\% \leq \text{Nash-Sutcliffe} < 90\%$: le modèle est très satisfaisant;
- $60\% \leq \text{Nash-Sutcliffe} < 80\%$: le modèle est satisfaisant;
- Nash-Sutcliffe $< 60\%$: le modèle est mauvais.

La robustesse du modèle a été évaluée à travers la différence entre la performance en validation et celle en calage.

2.3.3 ANALYSE PROSPECTIVE CLIMATIQUE

Les tendances climatiques saisonnières (données de pluies et de températures mensuelles) afférentes à la période future (2036-2065) sont issues des données CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment) corrigées par la méthode des anomalies à partir des données de la SODEXAM sur la période 1961-2017. Les biais des paramètres climatiques (précipitations et température) ont été évalués sur la période future 2036-2065 par rapport à la période de référence (1961-1990).

2.3.4 ANALYSE PROSPECTIVE DES DÉBITS DE CRUE

Une fois le modèle calé sur la période 1961-1990, vient l'étape de simulation des débits futurs. Les valeurs des paramètres du modèle (X_1 et X_2) étant fixés, les données climatiques de pluie et d'évapotranspiration issues de la base de données CORDEX ont été intégrées dans le modèle GR2M. En effet, l'hypothèse fondamentale est que la transformation pluie-débit sera peu modifiée à l'horizon futur (absence d'adaptation du bassin versant en termes d'occupation du sol et végétation, d'évolution des prélèvements d'eau) [20]. A partir des débits mensuels simulés, sont extraits les Q_{MXA} simulés sur la période future (2036-2065).

Une analyse statistique de l'indicateur d'étude d'impact à savoir les débits de crue (Q_{MXA}) a été réalisée sur la période future (2036-2065):

- Détermination des fréquences d'occurrence mensuelle des débits de crue;
- Détermination des fréquences de distribution des débits de crue;
- Détermination des quantiles des débits de crue (conservation de la meilleure loi);
- Calcul du biais des débits fréquentiels de crue.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 ANALYSE DES DÉBITS DE CRUES PASSÉS

3.1.1 FRÉQUENCE D'OCCURRENCE MENSUELLE DES Q_{MXA}

Les Q_{MXA} interviennent majoritairement aux mois de septembre (70%) et d'août (20%) (Figure 4). Ils apparaissent moins fréquemment en juin, juillet et octobre (3%).

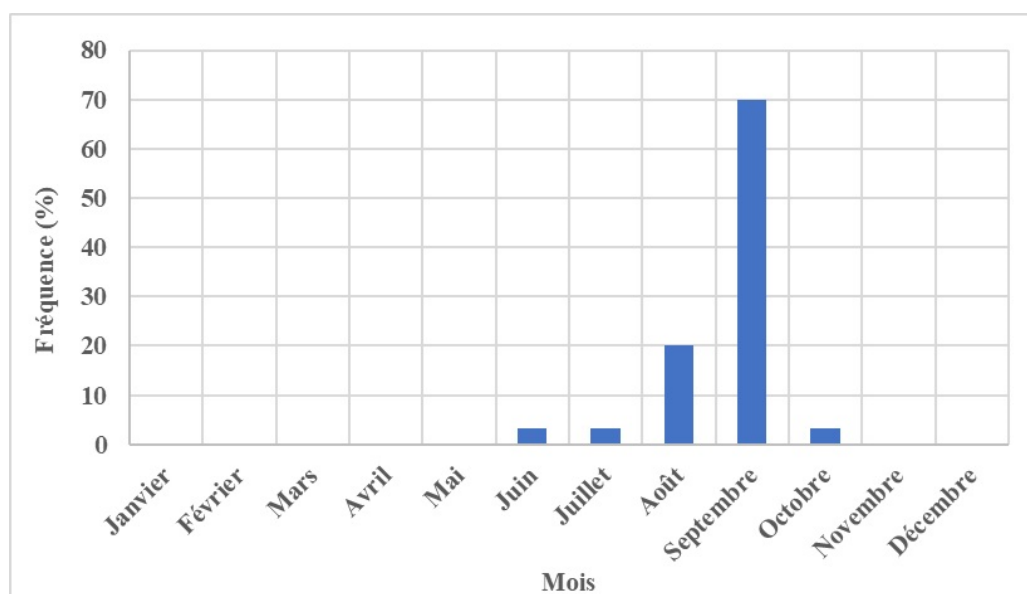


Fig. 4. Fréquence d'occurrence mensuelle des Q_{MXA} du fleuve N'zo à Kahin (1961-1990)

3.1.2 ANALYSE DES CLASSES DE DISTRIBUTION DES Q_{MXA}

Les valeurs de Q_{MXA} les plus fréquentes (90%) appartiennent à l'intervalle $[100-400 \text{ m}^3/\text{s}]$ (Figure 5). Quant aux autres classes de Q_{MXA} , leurs fréquences respectives sont de 3,33%. La classe modale (56,67%) et la classe médiane des Q_{MXA} sont confondues et correspondent à la classe $[100-250 \text{ m}^3/\text{s}]$ (Figure 5).

3.1.3 ANALYSE DES QUANTILES DE Q_{MXA}

Plusieurs tests d'hypothèses ont été appliqués aux données de débits de crues à la station hydrométrique du N'zo à Kahin (Sassandra) (test d'indépendance de Wald-Wolfowitz, test d'homogénéité de Wilcoxon et test de stationnarité de Kendall). Le tableau 1 montre les résultats d'application de ces différents tests d'hypothèses. L'analyse de ce tableau a permis de constater que les tests de d'indépendance, de stationnarité de Kendall et d'homogénéité restent valables pour les Q_{MXA} à un seuil de 5%. Ces résultats montrent que la série des Q_{MXA} considérée est constituée par des valeurs homogènes et stationnaires mais pas indépendantes. Ainsi, la série des Q_{MXA} de la station hydrométrique du N'zo à Kahin (Sassandra).

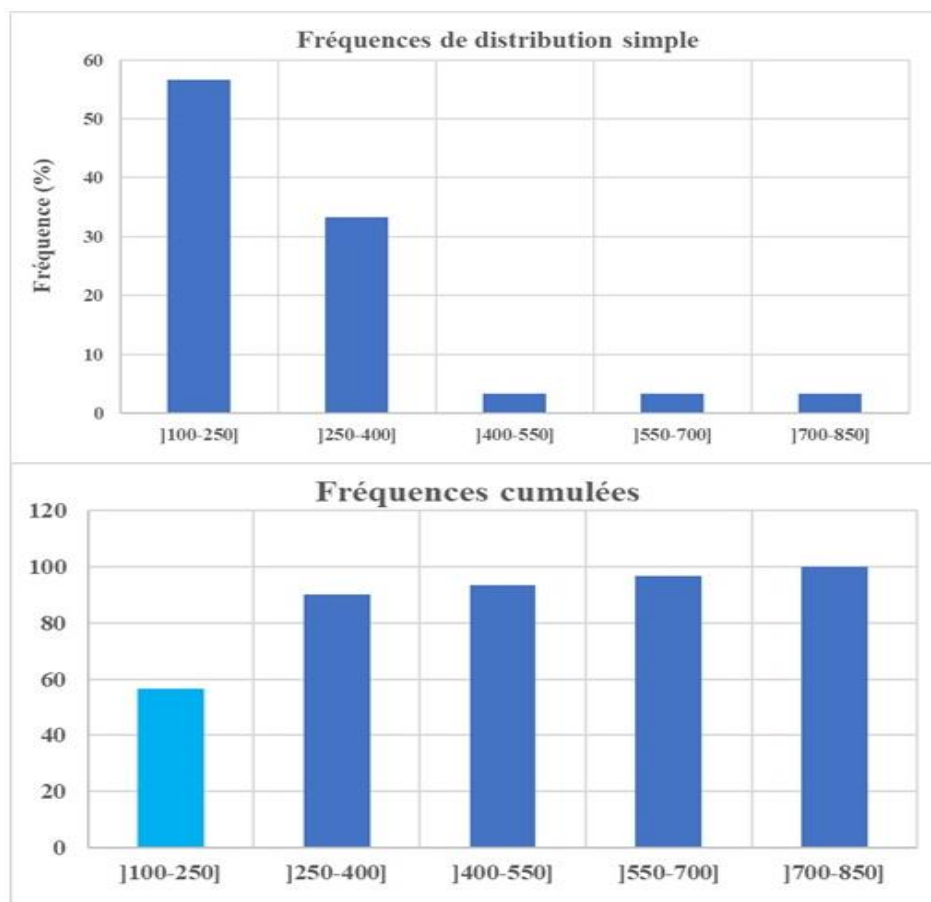


Fig. 5. Fréquences de distribution des Q_{MXA} du fleuve N'zo à Kahin (1961-1990)

Tableau 1. Résultats des tests d'hypothèses de l'analyse fréquentielle

Test d'indépendance		Test de stationnarité		Test d'homogénéité	
U	P	K	P	W	P
1,95	5,13.10 ⁻²	1,18	2,39.10 ⁻¹	6,64.10 ⁻¹	5,07.10 ⁻¹

Les résultats obtenus suite à l'application des critères d'Akaike (AIC) et bayésien (BIC) dans la procédure de l'analyse fréquentielle sont consignés dans le tableau 2. Selon ces critères, la loi Gamma est suivie par la loi lognormale, ensuite vient la loi Gumbel. La loi Gamma a enregistré les valeurs les plus faibles des deux critères utilisés.

Tableau 2. Critères AIC et BIC appliqués aux lois de probabilité utilisées

Lois de probabilité	Critère BIC	Critère AIC
Gamma	126,577	123,775
Lognormale	159,679	156,876
Gumbel	168,606	164,402

Ainsi, la loi Gamma qui ajuste au mieux la distribution des Q_{MXA} a été donc retenue pour la détermination des quantiles de débits de crues. Le débit décennal de crue évalué à partir de la loi Gamma est de 476,48 m³/s. Quant au débit centennal de crue, il est de 782,74 m³/s.

3.2 RÉSULTATS D'ÉVALUATION DU MODÈLE GR2M

Les principaux résultats d'évaluation du modèle GR2M ont mis en évidence une bonne performance estimée en termes de Nash-Sutcliffe égale à 79,7% en calage et 82,7% en validation (Tableau 3). En effet, le modèle GR2M a été performant en calage et très performant en validation. La valeur du critère de robustesse obtenue (+3%) met en évidence une bonne robustesse du modèle conceptuel global GR2M sur le bassin versant du N'zo (Sassandra) et pourra être utilisé pour la simulation des débits mensuels futurs.

Tableau 3. Performances du modèle GR2M

	Performance (%)
Calage (1961-1990)	+79,7
Validation (1991-2017)	+82,7
Critère de robustesse	+3

3.3 RÉSULTATS DE LA PROSPECTIVE CLIMATIQUE

Le biais des précipitations annuelles évalué est de -19,7% alors que celui des températures est de +1,6 °C (Tableau 4), ce qui traduit une baisse de la pluviométrie et une augmentation de la température au milieu du siècle en cours (2036-2065) (Figure 6).

Tableau 4. Biais (%) des paramètres climatiques par rapport à la période 1961-1990

Paramètres	Biais
Précipitations (%)	-19,7
Température (°C)	+1,6

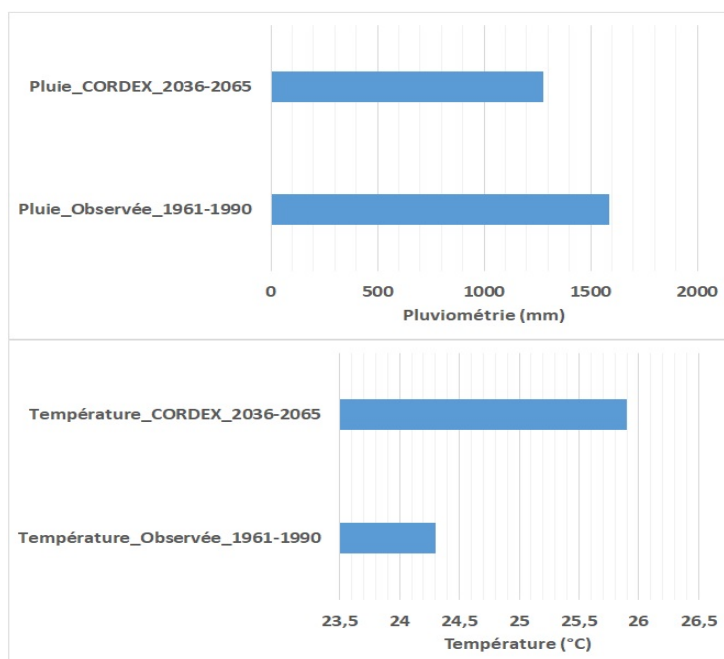


Fig. 6. Variations futures (2036-2065) des paramètres climatiques sur le bassin versant du N'zo (Kahin)

3.4 RÉSULTATS DE LA PROSPECTIVE DES DÉBITS DE CRUES

Les débits mensuels de crue (Q_{MXA}) prévus au cours du milieu du 21^{ème} siècle s'étendent de la période de juin à octobre avec les plus fortes fréquences enregistrées au mois de septembre (70%) suivi du mois d'août (20%) (Figure 7). Tous les débits de crues futures sont concentrés dans l'intervalle [100-250 m^3/s . Ainsi, les classes modale et médiane se confondent à la classe [100-250 m^3/s .

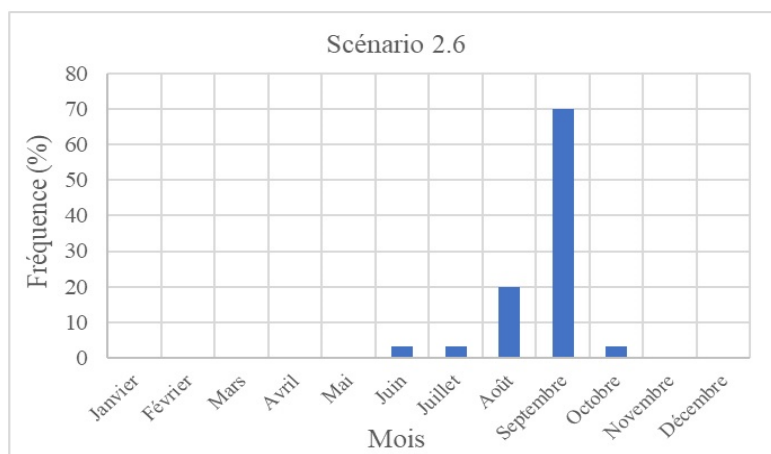


Fig. 7. Fréquences d'occurrence des Q_{MXA} à la station du N'zo à Kahin au cours de la période 2036-2065

Les quantiles de débit de crue attendus au milieu du 21^{ème} siècle (2035-2065) sont respectivement de 168,85 m^3/s pour le débit décennal et 299,58 m^3/s pour le débit centennal (Figure 8). Ainsi, en réponse aux changements climatiques, la prospective des débits de crue conduit à une baisse préoccupante des débits fréquentiels de crue respectivement de l'ordre de 64,56% pour la crue décennale et 61,73% pour la crue centennale par rapport à leurs valeurs actuelles (Figure 8).

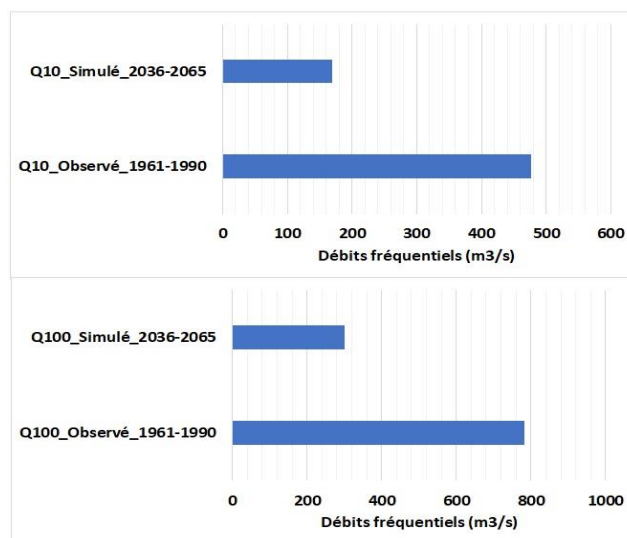


Fig. 8. Variations des débits fréquents de crues à la station du N'zo à Kahin au cours de la période 2036-2065

3.5 DISCUSSION

Le régime hydrologique observé à la station du N'zo à Kahin est un régime simple avec un minimum en février et un maximum en septembre. La période des hautes eaux va de juillet à octobre et la période des basses eaux s'étend de novembre à juin. Les Q_{MXA} interviennent majoritairement aux mois de septembre (70%) et août (20%) mais généralement entre les mois de juin et octobre (5 mois). Les valeurs de Q_{MXA} les plus fréquentes (90%) appartiennent à l'intervalle [100-400 m^3/s . La classe modale des Q_{MXA} (56,67%) et la classe médiane sont confondues et correspondent à la classe [100-250 m^3/s . Les résultats de l'analyse fréquentielle montre que les différents critères utilisés (critères BIC et AIC) mettent en évidence la loi Gamma comme la meilleure loi parmi les trois lois appliquées (loi Gumbel, loi Gamma, et loi lognormale) aux Q_{MXA} . Le débit décennal de crue évalué à partir de la loi Gamma est de 476,48 m^3/s . Quant au débit centennal de crue, il est de 782,74 m^3/s . Le modèle pluie-débit conceptuel global utilisé (GR2M) calé sur la période de référence 1961-1990 et validé sur la période 1991-2017 a démontré une grande performance et une bonne robustesse. Les biais des paramètres climatiques évalués sur la période future 2036-2065 mettent en évidence une baisse de la pluviométrie (-19,7%) et une augmentation de la température (+1,6 °C). Les quantiles de débit de crue attendus au milieu du 21^{ème} siècle (2035-2065) sont respectivement de 168,85 m^3/s pour le débit décennal et 299,58 m^3/s pour le débit centennal. Ainsi, en réponse aux changements climatiques, la prospective des débits de crue conduit à une baisse préoccupante des débits fréquents de crue respectivement de l'ordre de 64,56% pour la crue décennale et 61,73% pour la crue centennale par rapport à leurs valeurs actuelles.

Plusieurs auteurs sont parvenus à la conclusion selon laquelle le modèle pluie-débit conceptuel global GR2M est performant et robuste [18, 19, 20, 22, 23], d'où son utilisation intensive dans les travaux de modélisation dans le monde.

Selon Goula *et al.* [3], les modèles de circulation générale GFD3 et UK89 ont été choisis parmi six modèles (GFD3, UK89, CCCM, GISS, GF01 et CLIM) avec le modèle hydrologique (WATBAL) pour étudier les impacts du changement climatique sur les ressources en eau du bassin versant du Bandama en l'an 2075. Les simulations prédisent en l'an 2075 une hausse de la température plus importante en zone de savane au nord de 2,75 °C et 4,1 °C selon GFD3 et UK89. Les zones pré-forestières et de savane arborée connaîtront une augmentation moindre de la température d'environ 2,28 °C (GFD3) et 3,02 °C (UK89). La pluviométrie connaîtra une variation relative dans les deux zones. Selon le modèle GFD3, la zone pré-forestière et de savane observera une baisse pluviométrique de 1,33 % et celle des savanes (forêt claire), une baisse de 1,36 %. Le modèle UK89 prédit une hausse des précipitations de 8,4 % pour la zone pré-forestière et de savane. Pour la zone de savane, la hausse sera faible (0,56 %). Les résultats des travaux de Yao *et al.* [18] ont mis en évidence à partir de prévisions du modèle climatique RegCM3-A1B, une tendance à la baisse des précipitations annuelles de 0,42 % et de 10,8 % respectivement aux horizons 2035-2050 et 2085-2100 sur le bassin versant de la Lobo (Sassandra) situé au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.

Les travaux de Lejeune et Saeed [24] portant sur l'étude de l'impact des changements climatiques futurs sur les ressources en eau au Burkina Faso ont mis en évidence d'une part à partir des modèles MIROC5 et HadGEM2-ES, une augmentation des précipitations sur une grande moitié Est ou Nord-Est du pays allant jusqu'à entre 10 et 30%, qui semble persister voire s'amplifier entre la première (2016-2046) et la troisième (2056-2086) période de projection. D'autre part, les modèles GCMs GFDLES2M et IPSL-CM5A-LR ont indiqué des changements presque nuls (IPSL-CM5A-LR) ou une légère augmentation des précipitations sur la pointe Sud du pays (GFDL-ESM2M)

pendant la première période de projection. En moyenne sur la troisième période de projection, la légère augmentation observée dans GFDL-ESM2M persiste mais s'accompagne d'une diminution des précipitations sur la moitié Nord-Est du pays atteignant entre -10 et -30%, tandis qu'une diminution des précipitations de plus de 5% est simulée par IPSL-CM5A-LR également dans le Sud-Est du Burkina Faso. La deuxième période de projection (2036-2066) montre un état intermédiaire aux deux autres dans le cas de GFDL-ESM2M, mais une augmentation temporaire des précipitations dans celui d'IPSL-CM5A-LR. Cette augmentation temporaire suggère une grande variabilité interannuelle à l'échelle décennale dans ce modèle, puisque le scénario RCP 6.0 est caractérisé par une augmentation continue de la température moyenne globale au cours du 21^{ème} siècle. D'une manière générale, la présence de cette variabilité interannuelle ainsi que la faible magnitude de la moyenne des modèles présentés est cohérente avec les changements de précipitation projetés pour la région ouest-africaine [24]. Pour ce qui concerne l'évapotranspiration, une augmentation de plus de 5% a été mise en évidence par les mêmes auteurs. A partir de deux modèles de circulation générale (MCG) (modèle HADCM3-A2 et modèle CSIRO-A2), Karambiri *et al.* [25], prévoient une tendance à l'augmentation des pluies annuelles de l'ordre de 10% en 2050 (modèle HADCM3-A2) et une baisse de l'ordre de -8% en 2050 (modèle CSIRO-A2) au Burkina Faso.

Selon Goula *et al.* [3], les simulations du modèle WATBAL prédisent une baisse des débits (21 % à 22 %) sur le bassin versant du Bandama à Marabadiassa. L'évaluation des impacts potentiels des changements climatiques sur les écoulements de la rivière Lobo (Sassandra) à partir du modèle GR2M pour la simulation des débits, met en évidence une diminution des débits de l'ordre de 83 % à la station de Nibéhé (Sassandra) et de 87 % à Loboville (Sassandra) respectivement aux horizons 2035-2050 et 2085-2100 [18]. Selon El Khalki [26], les débits de l'Oued El Abid (Maroc) vont connaître une diminution importante surtout au cours de deux saisons, à savoir l'hiver et le printemps. En effet, les différents scénarios annoncent une diminution très importante des débits pendant les périodes les plus productives à savoir l'hiver et le printemps avec -16% et -23% sous ECEARTH et -18% et -32% sous MPI. Les résultats obtenus au cours de cette étude confirment les résultats des études antérieures présentées aux plans national et régional. Cette tendance à la baisse des débits futurs de l'Amizmiz et le N'fis (Maroc), est en conformité avec celle obtenue par El Goumi [27] à partir des données climatiques du modèle régional (RegCM4) qui révèlent que les écoulements devraient continuer à diminuer d'ici la fin du 21^{ème} siècle dans le bassin versant de l'Ouémé au Bénin. Cependant des tendances contrariées ont été obtenues par d'autres auteurs. Ainsi, selon les travaux de Karambiri *et al.* [25], les impacts des projections sur les écoulements de surface ont été évalués à l'aide du modèle hydrologique GR2M. Les résultats indiquent une augmentation de 73% (HADCM3-A2) et une baisse de 6% (CSIRO-A2) du débit annuel du Nakambé (Burkina Faso) en 2050 par rapport à la période de référence 1961-1990. Une hausse du débit décennal dans la majorité des bassins versants du Burkina Faso a été observé aux horizons 2050 et 2080, grâce aux sorties du modèle régional RCA4 forcé par le modèle climatique global CM5 [28].

Les résultats des projections des paramètres climatiques et hydrométriques obtenus dans le cadre de cette étude indiquent une forte baisse des précipitations combinée à une forte hausse des évapotranspirations aux horizons futurs, ce qui conduit à une baisse inéluctable des débits futurs en général et des débits de crue en particulier. Ces résultats s'inscrivent dans les tendances obtenues par les travaux antérieurs en Côte d'Ivoire [3, 18] et en Afrique [25, 26, 27, 28]. Cependant, quelques différences existent au niveau des différents résultats par rapport aux travaux antérieurs. Cela pourrait s'expliquer par les choix opérés au niveau des modèles climatiques, des modèles hydrologiques, des scénarii, des périodes de référence, etc.

Au regard de l'échelle de manifestation du phénomène de crue, il serait intéressant de revoir le choix des variables de description de l'évolution de ces crues. En effet, Ducharme *et al.* [29] ont utilisé les quantiles décennal et centennal des débits maximum journaliers ainsi que la durée caractéristique de crue, estimée sur une forme de crue moyenne, au cours de leurs travaux relatifs à l'évolution potentielle du régime des crues de la Seine sous changement climatique. Selon les auteurs, ces variables ont été sélectionnées pour leur pertinence pour la gestion et la facilité de leur caractérisation automatique sur un grand nombre de chroniques.

4 CONCLUSION

Les principaux résultats obtenus montrent que le régime hydrologique observé à la station du N'Zo à Kahin est un régime simple. La période des hautes eaux va de juillet à octobre et la période des basses eaux s'étend de novembre à juin. Les Q_{MXA} interviennent majoritairement aux mois de septembre (70%) et août (20%) mais généralement entre les mois de juin et octobre (5 mois). Les valeurs de Q_{MXA} les plus fréquentes (90%) appartiennent à l'intervalle [100-400 m³/s. La classe modale des Q_{MXA} (56,67%) et la classe médiane sont confondues et correspondent à la classe [100-250 m³/s. Les résultats de l'analyse fréquentielle montrent que les différents critères utilisés (critères BIC et AIC) mettent en évidence la loi Gamma comme la meilleure loi qui ajuste au mieux les débits de crue. Le débit décennal de crue évalué à partir de la loi Gamma est de 476,48 m³/s. Quant au débit centennal de crue, il est de 782,74 m³/s. Le modèle pluie-débit conceptuel global utilisé (GR2M) calé sur la période de référence 1961-1990 et validé sur la période 1991-2017 a démontré une grande performance et une bonne robustesse. L'analyse prospective climatique (2036-2065) met en évidence une baisse de la pluviométrie (-19,7%) et une augmentation de la température (+1,6 °C). Les quantiles de débit de crue attendus au milieu du 21^{ème} siècle (2035-2065) sont respectivement de 168,85 m³/s pour le débit décennal et 299,58 m³/s pour le débit centennal. Ainsi, en réponse aux changements climatiques, la prospective des débits de crue conduit à une baisse préoccupante des débits fréquents de crue

respectivement de l'ordre de 64,56% pour la crue décennale et 61,73% pour la crue centennale par rapport à leurs valeurs actuelles. Cependant, que ce futur hydrologique se réalise ou non, cette étude milite en faveur de la mise en place d'une stratégie d'adaptation aux impacts des changements climatiques actuellement vécus en Afrique de l'Ouest en général et en Côte d'Ivoire en particulier.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article remercient la société nationale de météorologie (SODEXAM) et la Direction de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) pour la mise à disposition des données nécessaires à la réalisation de ce travail. Ils remercient également les instructeurs dont les critiques et les suggestions ont permis d'améliorer le présent article.

REFERENCES

- [1] Janicot S., Cathérine A., Martial B., « Changement climatique: quels défis pour le Sud », IRD Editions, 127p, 2015.
- [2] CODERIZ 2017. Programme d'appui au développement des filières agricoles (PADFA) Rapport de conception de projet - Version finale Rapport principal et appendices, 133p.
- [3] Goula B.T.A., Savané I., Konan B., Fadika V., Kouadio G.B. 2006. Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *Vertigo*, 1: 1-12.
- [4] Kouamé K.F., Kouassi A. M., N'Guessan-Bi T.M., Kouao J.M., Lasm T., Saley M. B. 2013. Analyse de tendances dans la relation pluie-débit dans un contexte de changements climatiques: cas du bassin versant du N'zo-Sassandra (Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2 (2): 92-103.
- [5] Kouamelan A. 1996. Géochronologie et Géochimie des Formations Archéennes et Protérozoïques de la Dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implications pour la Transition Archéen-Protérozoïque. Université de Rennes, France, 319p.
- [6] Kouassi A., Nassa R., Yao K., Kouamé K., Biémi J. 2018a. Modélisation statistique des pluies maximales annuelles dans le district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire). *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 31 (2): 147-160. <https://doi.org/10.7202/1051697ar>.
- [7] Kouassi K.M., Yao K.B., Kouassi K.L., Biémi J., Soro N. 2020. Extreme flow variability analysis at the Bianouan hydrometric station on the Bia River watershed in Côte d'Ivoire. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences. paper presented at the Hydrological processes and water security in a changing world - Hydrological Processes and Water Security in a Changing World*, Beijing, China, 6-9 November 2018. Copernicus GmbH, 319-325.
- [8] Kouassi A.M., Assoko A.V.S., Djè K.B., Kouakou K.E., Kouamé K.F., Biémi J. 2017. Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest: Caractérisation de la variabilité climatique récente en Côte d'Ivoire. *Environmental and Water Sciences, Public Heath & Territorial Intelligence*, 1 (2): 1-11.
- [9] Soro G. 2011. Modélisation statistique des pluies extrêmes en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Côte D'Ivoire, Université Nangui-Abrégoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 193p.
- [10] Habibi B., Meddia M., Boucefiane B. 2013. Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales: Cas du Bassin Chergui. *Revue Nature & Technologie*, 08: 41-48.
- [11] Agué A.I., Afouda A. 2015. Analyse fréquentielle et nouvelle cartographie des maxima annuels de pluies journalières au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (1): 121-133.
- [12] Kouassi A.M., Nassa R.A.K., N'Guessan B.T.M., Kouamé K.F., Biémi J. 2018b. Caractérisation des débits d'étiage dans un contexte de changements climatiques : Cas du bassin versant du N'zi (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 30 (3): 215-223.
- [13] Assoko A.V.S., Kouassi A.M., Nassa R.A.K. 2020. Modélisation statistique des débits d'étiages et détermination de seuils d'étiages dans le bassin versant de la Marahoué (Bandama, Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, (41): 121-147.
- [14] Kouassi A.M., N'Guessan B., Nassa R.A.K., Kouamé K.F., Biémi J. 2019. Modélisation statistique des débits d'étiage au sein du bassin versant du N'zi (Bandama, Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, (33): 119-136.
- [15] Hangnon H., DE Longueville F., Ozer P. 2015. Précipitations 'extrêmes' et inondations à Ouagadougou: quand le développement urbain est mal maîtrisé. *XXVIII Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, 1-4. juillet 2015, Liège, Actes: 497-502.
- [16] Kouassi A.M., N'Guessan B.T.M., Kouamé K.F., Kouamé K.A., Okaingni J.C., Biémi J. 2012. Application de la méthode des simulations croisées à l'analyse de tendances dans la relation pluie-débit à partir du modèle GR2M: cas du bassin versant du N'zi-Bandama (Côte d'Ivoire). *Comptes Rendus Geoscience*, 344 (5): 288-296. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2012.02.003>.
- [17] Kouakou K.E., Kouassi A.M., Kouadio Z.A., Goula B.T.A., Savané I. 2016. Modification hydrologique du bassin versant de la Comoé dans un contexte de changement climatique. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 15 (4): 799-811.
- [18] Yao A.B., Kouassi K.L., Kouakou K.E., Goula B.T.A., Gayé A.T. 2019. Évaluation des impacts potentiels des changements climatiques sur les écoulements de la rivière Lobo, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 15 (4): 330-342.

- [19] Adja M.G., Djemin E.J., N'Dri O.F.A., Tohouiri P., Kouamé K.J., Jourda J.P. 2019. Apport de l'Analyse Hydrologique et de la Modélisation de la Relation Pluie-Débit dans le Suivi Quantitatif des Ressources en Eau dans un Contexte de Variabilité Climatique: Cas du Sous-Bassin Versant du Kouto (Nord de la Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 154 (2): 192-212.
- [20] Sauquet E., Leblois E., Renard B., Haond M., Jouvé D. 2008. Examen de la vulnérabilité de la ressource en eau vis-à-vis des fluctuations climatiques -Application aux étiages du bassin du Rhône. *Techniques Sciences et Méthodes*, 3: 35-47.
- [21] Perrin C. 2000. Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative, Thèse, Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 287 p.
- [22] Commeaux F., Drogue G., Francois D. 2010. Analyse prospective des débits mensuels d'étiage de la Meuse française à l'aide d'un modèle hydrologique: sensibilité aux méthodes de descente d'échelle spatiale et aux scénarios d'émission. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 2: 178-193.
doi: <https://doi.org/10.3406/bagf.2010.8151>
https://www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_2010_num_87_2_8151.
- [23] Kouakou K.E., Goula B.T.A., Kouassi A.M. 2012. Analyze of climate variability and change impacts on hydro-climate parameters: case study of Côte d'Ivoire. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3: 1-8.
- [24] Lejeune Q., Saeed F. 2019. Étude de l'impact des changements climatiques futurs sur les ressources en eau au Burkina Faso. Report produced under the project "Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne", Climate Analytics gGmbH, Berlin, 29p.
- [25] Karambiri H., Yacouba H., Ibrahim B., Fotie J. 2021. Impact du changement climatique sur les ressources en eau dans le bassin versant du Nakambé (Burkina Faso). <https://hydrologie.org>.
- [26] EL Khalki E.M. 2015. Apport de la modélisation hydrologique dans la caractérisation de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau au niveau du bassin versant de l'Oued El Abid (Haut Atlas Central, Maroc). Rapport de Master en Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement, Université Cadi Ayad Faculté des Sciences et Techniques Marrakech, Maroc, 56p.
- [27] Nnomo N.B. 2016. Contribution à l'Actualisation des Normes Hydrologiques en relation avec les Changements Climatiques et Environnementaux en Afrique de l'Ouest. Thèses, Paris, France, Pierre et Marie Curie - Paris VI, 254p.
- [28] EL Goumi S. 2017. Modélisation hydrologique et hydraulique et impact des changements climatiques sur une zone de montagne en climat semi-aride : cas des sous bassins versants d'Amizmiz et N'fis (Maroc). Mémoire de stage de fin d'études, Master spécialisé Sciences de l'eau, Université Cadi Ayyad, Maroc, 93p.
- [29] Ducharne A., Habets F., Oudin L., Gascoin S., Sauquet E. 2010. Evolution potentielle du régime des crues de la Seine sous changement climatique. Colloque SHF « Risques inondation en Ile de France », 24-25 Mars 2010, Paris, France, 8 p. hal-0059376.

Temps d'apprentissage et ralentissement psychomoteur: Cas des étudiants en sciences et techniques des activités physiques et sportives (STAPS)

[Learning time and psychomotor slowdown: Case of students in sciences and techniques of physical and sporting activities (STAPS)]

Martine-Bley Goudenon

Laboratoire d'Etudes et Prévention en Psychoéducation (LEPPE), Institut National de la Jeunesse et des Sports (INJS),
Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This study aims to highlight the link between learning time and psychomotor slowing down in STAPS students. It is based on the theory of psychological processes. The study hypothesis states that there is a link between learning time and psychomotor slowing in students. The mixed approach (qualitative and quantitative analysis) was favored. Two types of samples, namely a sample of 15 teachers and that of 24 learners with learning difficulties from undergraduate students in Sciences and Techniques of Physical and Sports Activities participated in the study, from observation, semi-structured individual interviews with teachers and focus groups with students. The results highlight difficulties in carrying out activities during learning, due to their inopportune periods and the poor alternation between physical activities and theoretical activities. Various measures are proposed to facilitate the execution of the activities by all the learners, such as the division of the day in two, for each group, with the afternoon for the physical activities in the evening and the morning for the theoretical ones, with a relaxation time after every 2 hours of learning.

KEYWORDS: learning periods, execution of activities, motor learning, theoretical learning, slowness.

RESUME: Cette étude vise à mettre en exergue le lien entre le temps d'apprentissage et le ralentissement psychomoteur chez les étudiants en STAPS. Elle s'appuie sur la théorie des processus psychologiques. L'hypothèse de l'étude stipule qu'il existe un lien entre le temps d'apprentissages et le ralentissement psychomoteur chez les étudiants. L'approche mixte (l'analyse qualitative et celle quantitative) a été privilégiée. Deux types d'échantillons, à savoir un échantillon de 15 enseignants et celui de 24 apprenants en difficultés d'apprentissages des étudiants en licence des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives ont participé à l'étude, à partir de l'observation, des entretiens individuels semi- dirigés avec les enseignants et du focus groupe avec les étudiants. Les résultats mettent en évidence des difficultés d'exécution des activités lors des apprentissages, du fait de leur inopportunité dans les périodes et de la mauvaise alternance activités physiques /activités théoriques. Diverses mesures sont proposées pour faciliter l'exécution des activités par tous les apprenants, telles que la division de la journée en deux, pour chaque groupe, avec l'après-midi pour les activités physiques dans la soirée et la matinée pour celles théoriques, avec un temps de relaxation après chaque 2 heures d'apprentissages.

MOTS-CLEFS: périodes d'apprentissage, exécution des activités, apprentissages moteurs, apprentissages théoriques, lenteur.

1 INTRODUCTION

L'efficacité des apprentissages demeure une problématique omniprésente dans tout acte pédagogique, quels que soient les activités d'apprentissages et le niveau d'enseignement. Pour [1], apprendre, c'est exploiter son répertoire initial, ou au contraire, lutter contre celui-ci pour construire de nouvelles connaissances. L'apprentissage peut aussi être un processus de démonstration, mis en œuvre par l'homme ou l'animal pour élaborer ou modifier les schèmes comportementaux spécifiques sous l'influence de son environnement et de son expérience [2]. Ainsi, il existe une concordance entre le corps et l'apprentissage à effectuer, de même qu'il existe un lien entre les systèmes sensoriels et l'apprentissage. Sans attention, selon l'auteur, la boucle sensoriel-psycho-motrice ne peut fonctionner. Il identifie cette faculté comme la mise en relation de l'intérieur et de l'extérieur; Elle peut être focalisée sur une seule cible ou fluctuante. Soutenue, elle engage une dépense importante d'énergie qui peut entraîner une fatigabilité. Elle peut être partagée sur plusieurs tâches à la fois ou diffuse et permet de retenir certaines informations du contexte environnemental. Ainsi, l'attention couplée de la concentration, est indispensable pour effectuer une tâche pendant un temps donné. C'est alors un processus au cours duquel le sujet développe et améliore ses performances lors des processus d'apprentissage dont elle constitue un facteur d'efficacité [3]. Elle permet la mise en œuvre, la poursuite ou l'arrêt, le passage d'une tâche à une autre lors des apprentissages. Pour l'auteur, l'effort attentionnel favorise la résistance à la distraction et l'engagement à la tâche. Le temps d'apprentissage est alors lié à l'attention. Cependant, les capacités de vigilance varient selon l'âge, et les signes de décrochage au cours de la journée sont l'inattention, le manque de concentration et les difficultés de mémorisation [4]. L'auteur soutient que la mémoire intervient dans la boucle sensoriel-psycho-motrice, pour donner les informations sur la réception des messages. Il distingue la mémoire motrice et celle cognitive. La mémoire motrice est aussi appelée la mémoire procédurale et concerne tous les apprentissages moteurs, donc les souvenirs des procédures des mouvements, c'est-à-dire le « comment faire ». Elle se doit d'être renforcée par les pratiques motrices régulières, afin de devenir automatique, optimale et de le rester. Quant à la mémoire cognitive ou déclarative, il fait observer qu'elle est l'aptitude à se rappeler des expériences et faits perceptifs. Elle permet non seulement de les organiser, mais aussi d'évoquer, de verbaliser les souvenirs. Ces deux types de mémoires sont liées. Une expérience motrice particulière peut aussi laisser des traces dans la mémoire cognitive, du fait de la forte émotion qu'elle induit. [5] décline le temps d'apprentissage comme la quantité officielle d'instruction. Celle-ci est calculée en tenant compte des absences des enseignants ou de celles d'apprenants la présence des apprenants affecte les apprentissages des élèves. Pour [6], le temps d'apprentissage est le temps alloué à l'enseignement, il est par conséquent le temps accordé à l'élève pour apprendre. Il est constitué du temps d'investissement, c'est-à-dire le temps d'écoute attentive d'un cours. La mesure de ce temps selon l'auteur se fait par la position du corps, les mouvements des yeux, l'agitation des pieds déclinant ainsi des comportements déviants. Il indique dans ses expériences la corrélation positive entre le temps investi dans l'apprentissage et les compétences acquises. L'auteur mentionne trois catégories de temps de non engagement. La première concerne les activités préparatoires à l'enseignement apprentissage, la seconde est relative aux moments durant lesquels les élèves attendent une explication individualisée et la troisième catégorie est relative aux moments durant lesquels les apprenants « rêvassent » ou discutent entre eux sur les sujets non liés aux apprentissages. Pour [7], le temps d'engagement dans les activités d'apprentissages est plus élevé lorsque l'enseignant gère le groupe de façon collective. [8] l'appelle aussi temps d'apprentissage académique qui correspond selon lui, au temps durant lequel l'élève s'est impliqué dans une tâche d'apprentissage. Il peut en outre signifier la quantité officielle de temps, c'est-à-dire le nombre de jours ou d'heures concernés par une scolarité, sur une période déterminée [9]. [10] fait observer que le temps d'apprentissage est la quantité de temps accordé à un élève pour réaliser un apprentissage donné. Il s'agit de l'opportunité offerte à l'élève pour maîtriser une compétence, le temps nécessaire à l'apprentissage étant basé sur la qualité de l'instruction, la capacité de l'élève à comprendre l'instruction et son aptitude. L'auteur parle alors de temps alloué par l'enseignant et la persévérance de l'apprenant. Pour lui, le degré d'apprentissage scolaire par un individu est déterminé par le rapport entre le temps consacré par cet individu à l'apprentissage et le temps nécessaire à ce même individu, pour maîtriser la compétence visée. Il est fonction de la quantité du temps durant laquelle l'élève s'engage activement dans l'apprentissage. [11] définit le temps d'apprentissage en termes d'adéquation entre le contenu enseigné aux élèves et celui exploré par un test, tandis que Pour [12], le temps d'apprentissage repose sur l'opportunité d'apprentissage, quantité de temps pendant lequel l'élève peut travailler et le taux de succès. Dans le cadre de ce travail, nous appellerons temps d'apprentissage non seulement l'emplacement de l'activité à exécuter en termes de moment indiqué pour les différents types d'apprentissage mais aussi l'alternance des différentes activités d'apprentissages au cours de la journée. C'est la manière dont se succèdent les activités théoriques et celles pratiques ou physiques dans la journée d'études chez les étudiants en STAPS. Ce temps est subdivisé en quatre périodes d'apprentissage que sont le début de matinée, la fin de matinée, le début de l'après-midi et la fin de l'après-midi où les activités d'apprentissage sont exécutées. [13] définit la psychomotricité comme l'ensemble des manifestations corporelles d'un individu et de sa vie (soma) et le psyché (esprit) qui est le développement des habiletés de mouvements avec des postures du corps, des habiletés mentales. Pour l'auteur, la psychomotricité regroupe les fonctions motrices qui sont en lien direct ou indirect avec la pensée, la psychologie. Elle a pour objet de prévenir ou de traiter l'altération du développement psychomoteur et de l'organisation psychomotrice. [14] fait

observer que l'activité psychomotrice permet de participer aux mouvements particuliers très précis et d'exécuter des mouvements qui font travailler l'ensemble du corps (motricité globale). Ces exercices favorisent la concentration et la mémoire des enfants. Elle permet aussi de développer des habiletés motrices, l'autonomie, les compétences sociales, la confiance en soi et envers les autres, la capacité à gérer ses émotions et le plaisir d'être en mouvement. Pour cette structure, la psychomotricité stimule les ressources de la personne et l'amène à mieux se connaître et à trouver en elle-même la clé de son développement. Elle améliore l'équilibre entre le corps et l'esprit et contribue au bien-être physique, psychique et social de l'individu. Pour [15], elle est une fonction de l'être humain qui intègre le psychisme et la motricité en vue de s'adapter à son environnement. Il y a interaction entre le psychisme (émotion, imagination, cognition) et la motricité (mouvements, tonus, posture). La psychomotricité est constituée par l'ensemble des réactions physiques et psychiques des apprenants lors des activités d'apprentissages qui peuvent être moteurs ou théoriques. [16] identifie l'apprentissage moteur à un ensemble de processus associés à l'exercice ou à l'expérience conduisant à des modifications des comportements habiles ou à la capacité de réaliser un mouvement. [17], fait remarquer qu'il peut y avoir le ralentissement psychomoteur pendant cet apprentissage. Pour ces auteurs, c'est une lenteur touchant à la fois la motricité et la pensée qui s'accompagne de signes et de symptômes de la fatigue que sont l'épuisement, le ralentissement de la pensée, la perte de l'initiative, les troubles de l'attention, de la concentration et de mémoire la lassitude, la somnolence, notamment s'endormir contre sa volonté, une irritabilité s'exprimant par un ou un étourdissement. Ainsi, la fatigue provoque le ralentissement psychomoteur. [18] perçoit la fatigue comme une sensation d'épuisement, de lassitude ou de somnolence consécutive à un manque de sommeil ou à une activité physique prolongée. Les tâches fastidieuses ou répétitives pourraient intensifier les sentiments de fatigue; toutefois, se sentir fatigué après un effort physique, ou une activité intellectuelle intense est normale, dans la mesure où cette sensation disparaît en se reposant. Il trouve que l'asthénie est la fatigue la plus fréquente manifestée par une lassitude matinale avec des difficultés à commencer la journée. Elle se manifeste par la faiblesse, l'inefficacité intellectuelle, le manque de ressort et d'énergie, expression d'une lourdeur. Ainsi, il existe plusieurs types de fatigues à savoir la fatigue physique ou musculaire se traduisant par des difficultés à effectuer des efforts physiques. Celle intellectuelle mentale ou psychique se traduit par des difficultés à maintenir une activité intellectuelle (difficultés d'attention, de concentration et de mémorisation), puis la fatigue sensorielle qui demeure essentiellement visuelle et auditive. La fatigue contextuelle selon [19] est due à l'insuffisance de repos, inadaptation du travail, surmenage épuisement professionnel. Ce type de fatigue peut aussi s'observer lors des apprentissages. Dans le cadre de ce travail, le ralentissement psychomoteur sera identifié par la lenteur à exécuter les activités ciblées lors des apprentissages moteurs, et la lenteur à réagir lors de celles théoriques ou intellectuelles. En outre, pour [20], l'organisme humain est soumis à des rythmes biologiques. Dans le cas de l'avance ou de retard de phase de sommeil, si l'on s'oblige à respecter les horaires normaux, des troubles quantitatifs et qualitatifs de sommeil, une fatigue chronique, encore des troubles de comportement (irritabilités, apathie) risquent d'apparaître. Ces troubles peuvent concerner la somnolence diurne (la fatigue) ou le dysfonctionnement psychologique (manque de concentration, irritabilité, troubles de raisonnement et de prise de décision). Pour l'auteur, les performances physiques ou intellectuelles en période de veille sont influencées par de nombreux facteurs soumis aux lois chrono biologiques qui agissent de manière directe (défaut d'harmonie dans le cycle de vigilance ou décalage des activités par rapport aux moments de maximum attention et de bonne forme musculaire). Ainsi, si le rythme biologique n'est pas en phase avec l'environnement des apprenants, ces derniers subissent une désynchronisation qui entraîne la fatigue et le stress et les difficultés d'apprentissages. Dans le même sens, [21] soutient que le manque de sommeil se manifeste soit par une dépression soit par une agitation ou encore par une hyperactivité. Ainsi, Pour [22] le sommeil restaure les fonctions de l'organisme, permet de lutter contre la fatigue et favorise les apprentissages en qualité et en quantité.

Au total, il ressort de la revue que le temps d'apprentissage est l'opportunité d'apprentissage qui conduit au degré d'apprentissage; son efficacité tient compte de plusieurs facteurs dont la satisfaction des besoins en sommeil, et s'observe par la qualité d'attention et le degré de motivation des apprenants. Elle met également l'accent sur le ralentissement psychomoteur qui est une lenteur touchant à la fois la motricité et la pensée et se décline en fatigue scolaire (l'épuisement, la somnolence, s'endormir contre sa volonté, le ralentissement de la pensée, la perte de l'initiative, la lassitude), les troubles de l'attention, de la concentration et de mémoire et une irritabilité s'exprimant par un étourdissement. Bien que pertinente, cette littérature n'indique pas ses relations avec le temps d'apprentissages en Education Physique et Sportive (EPS). Cette recherche se penchera explicitement sur cet aspect du problème.

Cette étude s'appuie sur la théorie de la chrono psychologie de [23] qui stipule que nos activités sont soumises à des rythmes qui ont des réalités dépendant des conditions socio- culturelles de notre existence. Pour cette théorie, le temps a une dimension objective mais aussi psychologique qui varie en fonction de l'intérêt porté à l'activité exercée. « N'importe qui ne peut faire n'importe quoi, n'importe quand ». En d'autres termes le temps d'apprentissage doit coïncider avec les capacités intellectuelles et celles physiques de celui qui apprend. Cette étude veut se saisir de la l'emplacement et du type d'alternance des différentes activités d'apprentissages chez les étudiants en STAPS pour analyser la corrélation entre le temps d'apprentissage journalier et le ralentissement psychomoteur. Elle mettra en relation l'emplacement des activités motrices

puis celles théoriques, et les capacités de leur exécution par les étudiants. Elle observera également l'impact de la succession activités physiques /activités théoriques et les capacités de leur exécution par les étudiants.

Les sciences et techniques des activités physiques et sportives (STAPS) associent en effet les enseignements théoriques et physiques pour préparer à la formation des professeurs d'EPS [24]. Pour cela, l'apprenant doit disposer des compétences scientifiques, mobiliser des celles sportives en plus de celles scientifiques. De même, l'intervention pédagogique en EPS selon [24] doit favoriser l'engagement physique et mental des apprenants, organiser la gestion du temps, du matériel et de l'espace, en tenant compte des objectifs visés à savoir favoriser la motivation et l'engagement physique et mental et prévenir des conduites déviantes. [13] indique que l'activité psychomotrice favorise la participation aux mouvements particuliers très précis qui font travailler la motricité globale. En outre la construction des compétences psychomotrices nécessite selon [24] l'acquisition des techniques motrices, la concentration de l'attention, la mémorisation, la compréhension, la confiance en soi de la part de l'apprenant. Ainsi, l'apprentissage des activités psychomotrices devrait s'exécuter dans une atmosphère de motivation générale, avec la confiance dans un élan de volonté et d'attention individuelle et généralisée. Cependant, à l'Ecole normale Supérieure d'Education Physique et Sportive (ENSEPS), il n'est pas rare de rencontrer des apprenants non engagés lors des deux types activités physiques et théoriques, quelle que soit la période de la journée. Aussi, l'opportunité d'une activité d'apprentissage n'est pas priorisée. La journée peut débuter par des activités sportives ou physiques, puis deux heures après, les activités théoriques prennent le relais en classe, pou vice versa. L'après-midi, à partir de treize (13) heures trente (30) minutes, l'on assiste au même scénario. Cette alternance fait percevoir plusieurs apprenants luttant avec leur propre organisme pour essayer de suivre, pendant les cours théoriques. Des étudiants ensommeillés, étalés sur les tables-bancs, quelquefois endormis, d'autres somnolents, sont loin de ce qui se déroule dans la classe. Tandis que pour les activités physiques, nombre d'apprenants éprouvent des difficultés à effectuer des efforts physiques et font preuve de maladresse dans l'exécution des habiletés à développer; d'autres cherchent après un moindre mouvement, à se reposer. Une autre catégorie trouve refuge dans les comportements déviantes. Ainsi, quels que soient la durée, la période, le type d'apprentissage, il y a un ralentissement dans le comportement des apprenants. Ce phénomène est observé tous les jours ouvrables. Cette situation constatée amène à se poser les questions suivantes: Existe-t-il un lien entre le temps d'apprentissage et le ralentissement psychomoteur chez les étudiants en EPS ? Quel impact de l'emplacement des activités exerce-t-il sur les capacités physiques et cognitives des étudiants ? Comment la succession activités physiques /activités théoriques agit –elle sur leurs capacités d'apprentissage en salle ?

Cette étude vise de façon générale à analyser la relation entre le temps des différents types d'apprentissages exécutés et le ralentissement psychomoteur chez les étudiants en EPS au cours de la journée. Il s'agit de façon spécifique, d'analyser l'impact de l'emplacement des activités physiques sur les capacités d'exécution des mouvements et des consignes chez les étudiants en STAPS, et d'identifier l'effet de l'alternance des apprentissages théoriques /activités physiques sur leurs capacités d'exécution des étudiants.

Pour parvenir à ces objectifs, des postulats sont proposés:

De façon générale, il existe un lien entre le temps d'apprentissages et le ralentissement psychomoteur.

L'emplacement des activités d'apprentissages au cours de la journée ralentit les capacités d'exécution des activités ciblées chez les étudiants en STAPS.

La succession des activités physiques/activités théoriques, favorise une lenteur dans l'accomplissement des tâches prescrites chez les étudiants.

Toutes ces hypothèses vont être vérifiées à partir des résultats des données sur le terrain d'enquête.

2 METHODOLOGIE

2.1 SITE ET PARTICIPANTS

2.1.1 SITE OU TERRAIN D'ENQUÊTE

Les enquêtes se déroulent à l'institut de la jeunesse et des sports. C'est l'institution qui forme les professeurs d'EPS. Dans cet institut, se trouve l'ENSEPS (école normale supérieure de l'éducation physique et Sportive) qui forme les apprenants en STAPS (sciences et techniques des activités physiques et sportives) soit sur trois ans pour la licence et sur cinq ans pour le master2, en vue d'exercer la fonction de professeur, donc de formateur en EPS. Les étudiants y entrent sur concours avec au moins le niveau baccalauréat. Ils y apprennent la pédagogie de toute sorte de sports, de même des connaissances théoriques, comme la pédagogie, la sociologie, la psychologie du APS, la biomécanique, la méthodologie de recherche, etc. Les cours sont

dispensés soit en deux ou (2) heures et soit pendant quatre (04) heures. Ils sont souvent alternés, c'est-à-dire des cours théoriques puis ceux pratiques ou physiques et vice versa. En d'autres termes, les cours peuvent se dérouler d'abord sur le terrain pour deux ou quatre heures puis en classe ou en classe avant d'aller sur les lieux le terrain pour les apprentissages psychomoteurs.

2.1.2 PARTICIPANTS

Le public cible de cette étude est l'ensemble des étudiants de l'ENSEPS en STAPS de l'INJS. Toutefois, il se décline en étudiants STAPS 2 de l'année académique 2019-2020. Parce que ceux-ci n'ont pas de contrainte contrairement à ceux de la licence 3 qui ont une contrainte d'examen de fin de cycle et qu'on peut soupçonner de stress; En plus ces étudiants en STAPS 2 sont plus habitués au rythme de travail de l'institution contrairement aux étudiants de STAPS 1 qui viennent d'arriver et qui cherchent à s'adapter.

L'échantillon est composé des étudiants issus des six (06) groupes d'apprenants en STAPS2 choisis, après consentement des enseignants en charge des cours, mais sans prévenir l'étudiant. Il s'agit surtout des étudiants qui présentent un aspect de fatigué. Peu importe le type d'apprentissage. Deux types d'échantillons sont exploités; il s'agit de l'échantillon des quinze (15) enseignants au hasard selon qu'il enseigne une spécialité en sport dispense un enseignement théorique. L'échantillon des élèves se compose de vingt-quatre (24) étudiants, soit 4 étudiants par groupe, redoublants ou non, choisi de façon raisonnée.

Tableau 1. Composition de l'échantillon des enseignants

enseignants	Activités motrices et physiques	Apprentissages théoriques	total
Femmes	3	3	6
hommes	5	4	9
Total	8	7	15

Source: Enquête 2020

Quinze (15) enseignants composent l'échantillon des enseignants dont huit (8) en activités motrices et physiques et sept (7) en apprentissages théoriques. Parmi ces enseignants l'on compte six (6) femmes et neuf (9) garçons

Tableau 2. Composition de l'échantillon des étudiants

étudiants	Garçons		Filles		total
	Redoublants	Non redoublants	Redoublantes	Non redoublantes	
Groupe 1	1	2	0	1	4
Groupe 2	0	1		3	4
Groupe 3	1	0	2	1	4
Groupe 4	1	1	1	1	4
Groupe 5	0	1	1	2	4
Groupe 6	1	2	0	1	4
total	4	7	4	9	24

Source: Enquête 2020

Vingt-quatre (24) apprenants répartis par quatre dans chaque groupe sont pris en compte dans l'élaboration de l'échantillon. Ils sont choisis au hasard pour rendre fiables les informations obtenues. L'échantillon est formé de huit (8) redoublants dont quatre garçons et quatre filles et de 16 non redoublants dont sept garçons et neuf (09) filles. Ces apprenants sont tirés au hasard sur la liste de leurs groupes pour être interrogés après. Peu importe leur état lors des cours

2.2 TECHNIQUES ET OUTILS DE RECUEIL DES DONNÉES

Quelques techniques ont été utilisées pour mener nos enquêtes: l'observation des groupes- classes en situation d'apprentissage a permis d'identifier les comportements des étudiants pendant les cours. Un groupe peut être pris par plusieurs enseignants avec les différentes disciplines. Il peut être observé plusieurs fois, dans toutes les matières selon que les

enseignants sont disponibles. Il s'agit d'une étude longitudinale, car les mêmes apprenants peuvent être observés sur plusieurs disciplines. Ils peuvent être observés soit en classe pour la théorie, soit sur le terrain des sports pour la pratique et à n'importe quelle période de la journée. Bien qu'ayant pris attache avec l'enseignant, les apprenants ne sont pas avertis. Peu importe le type de sport observé (collectif, de combat, athlétisme, etc.), et le type d'apprentissages théorique, (psychologie du sport, la pédagogie, la sociologie etc.). Ces classes sont observées à l'aide des grilles d'observation lors des prestations pour identifier le nombre des ralentissements pendant le cours (les comportements déviants – les réactions lentes, -l'adresse d'exécution des mouvements, positions de fatigue des apprenants) pendant les différentes périodes d'apprentissages. Un entretien individuel semi dirigé avec chaque enseignant et un focus groupe organisé avec les apprenants dans chaque groupe après les cours ont permis d'approfondir la compréhension du phénomène. L'entretien individuel avec les enseignants a permis de mettre en exergue les causes attribuées au ralentissement psychomoteur chez les étudiants de l'ENSEPS. Le focus groupe avec les quatre (04) étudiants en difficultés choisis au hasard après chaque observation de la classe, a permis d'identifier les raisons du dysfonctionnement de l'attention, les raisons de la fatigue et leur perception du temps d'apprentissage. Pour ces deux techniques, il a été utilisé le guide d'entretien.

2.3 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

Pour analyser nous avons procédé à la classification des informations à travers un tri à plat, d'abord selon les six (6) groupes (G1, G2, G3, G4, G5, G6) et selon les différentes thématiques; Puis les tris sont faits selon les périodes d'apprentissages, à savoir le début de matinée (DM), la fin de matinée (FM), le début d'après-midi (DAM), puis la fin d'après-midi (FAM) et les groupes. Ensuite les tris croisés selon le groupe et la période d'apprentissage et le comportement des apprenants lors des différents types d'apprentissages sont faits. Nous avons opté pour une analyse mixte de [25]. Le calcul des fréquences moyennes des comportements en termes de ralentissement, adoptés dans chaque période pour chaque type d'apprentissages est fait, afin de déterminer si oui ou non il y a eu ralentissement psychomoteur. Ces fréquences de ralentissement sont calculées d'abord au niveau de la classe (G1, G2, G3, G4, G5, G6) selon le type d'activités (pratiques et théoriques), la période (FM-DM-DAM-FAM), puis une moyenne de tous les groupes est dégagée selon la période d'apprentissages et selon le type d'activités. Le ralentissement psychomoteur se subdivise en capacités d'exécution des activités physiques et motrices d'une part et d'autre part en la capacité d'exécution des activités intellectuelles. Il y a ralentissement psychomoteur dans une période d'apprentissage si en moyenne au moins 30% des étudiants présentent des comportements d'inhibition de capacités d'apprentissages tant dans les matières théoriques que celles physiques et motrices lors de la journée. L'analyse est faite à partir des tableaux de fréquences obtenus avec le logiciel SPSS.

3 RESULTATS-ANALYSE

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS: EMPLACEMENT DU TYPE D'APPRENTISSAGE ET COMPORTEMENTS DES ÉTUDIANTS

3.1.1 EMPLACEMENT DES ACTIVITÉS PHYSIQUES ET D'EXÉCUTION DES MOUVEMENTS CIBLÉS

Tableau 3. Difficultés d'exécution des mouvements dans les différentes périodes

Périodes d'apprentissages	Exécution des consignes				Total des apprenants en difficultés
	Avec lenteur	Avec maladresse	Absence d'exécution	Comportements déviants	
DM	11.75%	11.85%	10.30%	14.30%	48.20%
FM	10.03%	11.78%	11.78%	14.14%	47.73%
DAM	11.13%	10.01%	7.80%	13.91%	42.85%
FAM	3.81%	6.15%	2.99%	13.81%	26.79%

Source: Enquête 2020

Plus de la moitié des étudiants ont des comportements déviants dans la journée. Pour cet enseignant de pédagogie pratique en EPS, « ce phénomène de comportements déviants est fréquent chez Les étudiants, surtout pendant les activités physiques. Il appartient aux enseignants d'être vigilants et de les recadrer à chaque fois, certains s'adonnent au bavardage quand d'autres font des grimaces et d'autres sortent des cours sans la moindre permission. Ceci peut s'observer à tout moment de la journée ». La période qui rencontre le moins de difficultés est la fin de la matinée avec moins de la moitié (26.79%) des apprenants en difficultés. La période la plus difficile pour les activités physiques et motrices est la fin de matinée où près de la moitié des

étudiants (47.73%) éprouvent des difficultés d'apprentissages. Les comportements déviants sont plus dominants, avec plus de la moitié des apprenants. Aussi, la plupart exécutent les gestes avec maladresse surtout en fin de matinée et une infime partie exécutent avec lenteur en fin d'après-midi. Plus du quart des apprenants n'exécutent pas les activités quand un autre quart le fait avec maladresse. *Pour cet étudiant, « très souvent, les activités physiques sont placées tôt le matin où l'on n'est pas prêt physiquement, avec la fatigue accumulée de la veille et les muscles répondent moins ».*

3.1.2 EMBLACEMENT DES ACTIVITÉS THÉORIQUES ET COMPORTEMENTS DES ÉTUDIANTS

Tableau 4. Difficultés d'apprentissages théoriques dans les différentes périodes

Périodes d'apprentissages	Allongés sur la table	Somnolents	Endormis	Total dans la période
DM	5.63%	10.06 %	2.77%	18.46.%
FM	16.86 %	17.67 %	11.46 %	45.99%
DAM	19.52 %	19.52%	11.88 %	50.92%
FAM	25.03%	11.72%	0%	36.75%

Source: enquête2020

La majorité des apprenants s'allongent sur les tables pendant les cours théoriques. Plus de la moitié somnolent et plus d'un quart s'endorment. La moitié des apprenants ne parviennent pas à suivre les cours en la fin de matinée et en début d'après-midi, comme le reconnaît cette enseignante en pédagogie pratique, *« les étudiants n'ont pas le temps de se reposer entre deux cours qui réclame quand même une intensité dans la dépense d'énergie »*. Moins du quart des apprenants vivent des difficultés d'apprentissages en début de la matinée. Aucun étudiant n'est endormi en fin d'après-midi. Plus d'un quart des apprenants sont allongés sur leur table de même que plus d'un quart somnolent et environ du quart des étudiants dorment pendant les cours. Pour cet étudiant au cours théoriques en salle classe après une activité de volley- ball: *« on nous demande de réfléchir après les activités physiques où il nous demandé de fournir des efforts physiques et les cours se succèdent sans un moment de repos; à peine vous finissez le premier que le professeur vous attend pour le second. »*

3.2 SUCCESSION DES ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE ET CAPACITÉS D'EXÉCUTION SELON LES PÉRIODES APPRENTISSAGE

Tableau 5. Activités théoriques dans les premières périodes des deux demi-journées et capacités d'exécution

Périodes d'activités	Type d'activités	Capacités d'exécution des activités
DM	Activités théoriques	81.06%
FM	Activités physiques	52.27
DAM	Activités théoriques	48.06%
FAM	Activités physiques	73.21

Source: enquête 2020

Les activités physiques pratiquées après celles théoriques connaissent un taux de participation au-dessus de la moyenne surtout en fin d'après-midi. Pour cette étudiante en motricité, *« La fin de l'après-midi constitue un moment propice aux activités physiques cela favorise une motivation, et les efforts sont fournis sachant qu'après nous allons nous reposer la nuit »*

Tableau 6. Activités physiques dans les premières périodes de chaque demi-journée et capacités d'exécution des apprenants

Périodes d'activités	Types d'activités	Capacités d'exécution des activités
DM	Activités physiques	51.80%
FM	Activités théoriques	38.21%
DAM	Activités physiques	57.15
FAM	Activités théoriques	63.90%

Source: enquête 2020

Lorsque les activités physiques précèdent celles théoriques la participation dans ces dernières est en déca 50% dans la deuxième partie dans la fin de matinée et le plus grand taux en fin d'après-midi est en deçà de 75% selon cet étudiant en spécialité rugby, « *lorsqu'on finit une activité physique, la fatigue est ressentie surtout lors des cours théoriques où nous devons réfléchir plus approfondies. Cela ne favorise pas l'attention soutenue et conduit souvent à l'endormissement de plusieurs* » comme le reconnaît cet enseignant de psychologie du sport, « *Pratiquement la moitié de la classe dort alors qu'il n'est pas encore midi* »

Tableau 7. Activités théoriques dans les premières heures de chaque demi-journée et capacité d'exécution des apprenants

	Types d'activités	Capacités d'exécution des activités physiques
DM	Activités théoriques	81.06%
FM	Activités physiques	52.27%
DAM	Activités théoriques	48.06%
FAM	Activités physiques	73.21%

Source: enquête 2020

Lorsque les activités théoriques sont en première position dans chaque demi-journée, plus de la moitié des apprenants exécutent les activités physiques et l'on constate une baisse d'activité en début d'après-midi pour les activités théoriques alors le taux d'exécution des activités physiques avoisine 75%

3.3 TEMPS D'APPRENTISSAGE ET RALENTISSEMENT PSYCHOMOTEUR ET APPRENTISSAGES

Tableau 8. Périodes d'apprentissages et capacités de travail au cours de la journée

	Capacités d'exécution des activités théoriques	Capacités d'exécution des activités physiques
DM	81.06%	51.80%
FM	38.21%	52.27
DAM	48.06%	57.15
FAM	63.90%	73.21

Source: enquête 2020

Aucune activité d'apprentissage ne bénéficie de 100% des capacités d'exécution, quelle que soit la période. Toutefois, la participation en activités théoriques dépasse les 3/4 des étudiants en début de matinée (DM), quand seulement la moitié (51.80%) parviennent à exécuter correctement celles physiques. Malgré ce nombre qui exprime la moitié des apprenants, si la seconde matière est théorique, seulement moins de la (38.21%) parviennent à suivre. Lorsque la première activité est théorique, plus de la moitié (52.27%) l'après-midi constitue une période favorable aux activités physiques. Pour plus de la moitié des élèves, le début d'après-midi (DAM) semble une période difficile pour les activités théoriques en classe.

La fin d'après- midi favorise plus de capacités d'exécution avec la majorité des étudiants quels que soient les apprentissages. Le ralentissement psychomoteur diminue dans cette période. Le grand écart de non- participation entre les physiques et ceux théoriques, met en exergue l'état de fatigabilité des étudiants après les activités physiques. Les étudiants deviennent alors réfractaires aux consignes et ne peuvent se concentrer sur une activité de réflexion ou de mémorisation. Au niveau des activités physiques la grande participation dans l'après-midi montre leur opportunes dans cette période contrairement début de la matinée où le niveau lenteur dans les réactions pendant la maladresse dans l'exécution des mouvements avec des comportements déviants par plusieurs apprenants sont récurrents. Au total, la fin de la matinée et le début d'après-midi sont les périodes les plus critiques pour les apprentissages théoriques, tandis que la fin de l'après-midi est une période efficiente pour les deux types d'activités. La participation massive et suffisante aux activités et la capacité d'exécution des consignes en EPS sont fonction des périodes d'apprentissages, selon qu'ils sont théoriques ou physiques.

4 DISCUSSION ET SUGGESTIONS

4.1 DISCUSSION

L'objectif de cette étude est de montrer la relation entre le temps d'apprentissage et le ralentissement psychomoteur chez les étudiants en formation de STAPS. Il a été mis en contribution, la division de la journée d'études en quatre périodes d'apprentissages selon les deux demi-journées à savoir le début de matinée (DM), la fin de matinée (FM), le début d'après-midi (DAM), et la fin d'après-midi (DAM). La recherche de l'impact de la programmation de chaque type d'activité sur chaque période a été observée, puis celui de la succession des activités théoriques à celles physiques, et de la succession des activités théoriques à celles théoriques. L'analyse des données révèle que la succession des activités théoriques à celles physiques favorisent un ralentissement dans l'exécution des apprentissages, quand l'inopportunité des activités physiques favorisent des comportements déviants et la non efficacité des capacités d'exécution chez les étudiants. Cette mise en exergue de la relation entre le temps d'apprentissage chez les étudiants en STAPS et le ralentissement psychomoteur montre que l'objectif de recherche est atteint.

Cette étude s'appuie sur la théorie de la chrono psychologie de [23] qui stipule que le temps a une dimension objective mais aussi psychologique qui varie en fonction de l'intérêt porté à l'activité exercée. Cette dimension psychologique du temps prend en compte les capacités d'attention, de concentration et de motivation et quand la dimension objective montre le degré d'implication ou d'exécution et d'appropriation des apprenants au cours du temps dans l'activité. Pour l'auteur « n'importe qui ne peut faire n'importe quoi, n'importe quand ». De même, on ne peut apprendre n'importe quoi, n'importe quand. Si la programmation ou la planification des activités d'apprentissage ne s'appuie pas sur les capacités physiques et ou intellectuelles des apprenants, le ralentissement psychomoteur ne peut être évité, et la participation de tous aux activités ne peut avoir lieu. Pour être efficace et développer les performances tant intellectuelles que physiques chez les étudiants en EPS, l'apprentissage doit être organisé de telle sorte éviter le ralentissement intellectuel et ou au niveau psychomoteur.

La première hypothèse stipule que le mauvais emplacement des activités pratiques ou physiques dans la journée, diminue les capacités d'exécution chez les apprenants en EPS. Les résultats indiquent que dès déjà la première heure, les apprenants exécutent les consignes avec lenteur (des comportements de nonchalance, à des réactions qui viennent un peu en retard avec des questions déjà traitées qui reviennent), ou avec l'exécution tardive des consignes sur le terrain de sports, ou des consignes non exécutées par des apprenants. Souvent, certains apprenants sont bruyants, et ne prêtent pas attention aux consignes, des tics du genre à distraire la classe. Ce temps d'apprentissage est mesuré par les positions adoptées par les étudiants lors des cours comme le souligne [6] qui spécifie ces positions du corps par les mouvements des yeux, l'agitation des pieds déclinant ainsi des comportements déviants qui sont à tort qualifiés d'attitude de paresse par les enseignants. Les apprenants ne sont pas encore prêts pour les activités motrices et physiques. La non-considération de l'inopportunité de l'apprentissage crée un dysfonctionnement au niveau des capacités physiques. Ici, le ralentissement psychomoteur touche la motricité, c'est-à-dire la (mouvements, tonus, posture), comme le souligne [15] et s'observe surtout l'exécution avec maladresse et lenteur ou même la non-exécution des tâches prescrites. Plus le temps d'apprentissage est inapproprié moins les apprenants sont concentrés et moins ils suivent ce qui se déroule. Ce dysfonctionnement des capacités d'exécution des activités physiques met en exergue le ralentissement moteur et dénote du mauvais emplacement du temps d'apprentissage.

La seconde hypothèse stipule que la succession activités physiques/activités théoriques diminue les capacités d'attention lors des activités théoriques chez les étudiants en STAPS. Il s'agit l'enchaînement des apprentissages pendant la journée. La mauvaise planification des activités ne tient pas compte de la fatigabilité des étudiants, encore moins de l'impact négatif ou de l'apport de telle matière avant telle autre. Ce qui crée la non-activité ou absence d'activité lors des apprentissages chez certains étudiants. Les résultats des enquêtes font noter que lorsque les apprentissages physiques où les apprenants ont dépensé plus de l'énergie physique vient, avant une activité intellectuelle ou théorique en classe après des efforts, le corps va chercher à récupérer. D'où la somnolence, l'allongement sur les tables pendant les apprentissages intellectuels. Ce sommeil va créer un désordre au lieu de lutter contre la fatigue, contrairement à [14] qui estime qu'il permet de lutter contre la fatigue et favorise les apprentissages en qualité et en quantité. Ainsi, le rythme des apprentissages n'est pas en phase avec les capacités de concentration et d'attention des apprenants. Il entraîne une désynchronisation qui empêche l'activité du psychisme c'est-à-dire l'imagination, la cognition. D'où le constat d'une motivation chez les étudiants victimes de ce ralentissement qui entraîne chez les étudiants la fatigue et les difficultés d'apprentissages, au lieu de développer et améliorer leurs performances lors des processus d'apprentissage selon [3]. Il est constaté alors une lenteur touchant à la fois la motricité et la pensée chez les étudiants comme l'indique [17] peut être marquée par une forte fluctuation de l'attention pendant certaines périodes de la journée. Des signes et des symptômes de la fatigue que sont l'épuisement, les troubles de l'attention, de la concentration et de mémoire, la lassitude, la somnolence, notamment s'endormir contre sa volonté, et même une

irritabilité sont alors observés. La succession activités physiques / activités théoriques favorise la fluctuation de l'attention et de la concentration des étudiants en EPS. L'impact négatif de cette succession sur la capacité d'attention lors des cours théoriques montre qu'on ne peut apprendre n'importe quoi n'importe quand.

Au total, l'hypothèse selon laquelle il existe un lien entre le temps d'apprentissage et le ralentissement psychomoteur au cours de la journée chez les étudiants en STAPS est vérifiée à l'aune de la théorie sur les rythmes psychologiques de la chronopsychologie de [23]. Les résultats des analyses révèlent plusieurs difficultés engendrées par le temps d'apprentissages en terme de ralentissement psychomoteur. Cependant la centration de nos activités à la seule école ENSEPS limite nos travaux; d'autres études sur le ralentissement psychomoteur au primaire et au secondaire pourraient aider à une utilisation plus efficace du temps d'apprentissage.

4.2 SUGGESTIONS

Les suggestions aux problèmes posés par l'étude se font à :

4.2.1 L'ENDROIT DE L'ADMINISTRATION DE L'ÉCOLE

- Le déroulement des activités d'apprentissages doit respecter un ordre pour éviter le ralentissement psychomoteur: d'abord les cours magistraux qui ne nécessitent pas d'effort physique mais un effort intellectuel, puis les cours à apprentissage physiques sur le terrain. Ce qui démunirait la fatigue de la journée étant donné que l'apprenant est préparé pour toute l'après-midi.
- Pour la succession des activités d'apprentissages, il conviendrait de commencer par le sport à moindre intensité dans le début d'après-midi et terminer par celui qui requiert plus de force. Ce qui diminuerait la fatigabilité des apprenants et favoriserait la capacité d'exécution des consignes et des habiletés ciblées.
- Pour la succession des apprentissages dans la journée, il serait convenable d'alterner les cours selon les périodes d'apprentissage à savoir les deux périodes de matinée et les deux périodes de l'après-midi. Étant donné que les activités physiques requièrent beaucoup de force et d'énergie, et que ces activités sont plus rentables dans l'après-midi, il conviendrait de les exécuter dans l'après-midi, de sorte qu'au sortir de là chaque apprenant regagne son domicile. La première partie de la journée devrait être consacrée aux activités théoriques pour favoriser l'attention, la concentration et la mémorisation des habiletés à acquérir et à mettre par la suite en exécution.
- Aussi, il conviendrait de multiplier ou augmenter les infrastructures pour favoriser l'apprentissage du plus grand nombre d'apprenants ou de groupe et éviter l'anonymat, car l'environnement des apprentissages peut aussi favoriser le ralentissement dû à la promiscuité.

4.2.2 AU NIVEAU DES ENSEIGNANTS

- Entre deux cours de durée de deux heures, les apprenants doivent prendre une pause pour diminuer le ralentissement moteur.
- Mieux organiser le passage d'une activité physique au passage de celle théorique ou en autorisant 15 à 20 minutes de pause, de sorte à faire récupérer les étudiants de la fatigue physique et motrice; il conviendrait alors d'accorder un temps de repos si une activité théorique doit succéder une activité physique.

5 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de montrer la relation entre le temps d'apprentissage journalier et le ralentissement psychomoteur chez les étudiants en STAPS. L'hypothèse de recherche stipulait qu'il existe un lien entre le temps d'apprentissage journalier et le ralentissement psychomoteur. Le travail s'est référé à la théorie sur les processus psychologiques de [13] qui stipule que le temps d'apprentissage a une dimension objective mais aussi psychologique qui varie en fonction de l'intérêt porté à l'activité exercée. La récolte des données s'est appuyée sur l'observation des classes aux différentes périodes d'apprentissages des étudiants en STAPS, puis pour approfondir nos enquêtes, les entretiens semi dirigés individuels et des focus groupes ont été réalisés. L'étude a utilisé l'analyse mixte de [25] qui nous a permis d'identifier les catégories de comportements puis de calculer la fréquences d'affichage de ces comportements dans le but de mieux appréhender le type de ralentissement psychomoteur selon chaque activité d'apprentissage et chaque période d'apprentissage. Les résultats indiquent que pour les activités théoriques, le ralentissement psychique a lieu à la suite des activités physiques surtout en fin de matinée et que pour les activités physiques, le ralentissement moteur a lieu dans les deux premières périodes de la matinée. Pour pallier à ce ralentissement l'étude préconise l'existence d'un moment de pause entre

deux cours, et un cours de quatre heures après un premier passage de deux (02) heures. Elle propose aussi une planification des cours selon la disposition suivante des cours uniquement théoriques pour la matinée et les cours pour les apprentissages physiques pour l'après-midi. Cette étude trouve sa pertinence dans l'efficacité de l'apprentissage des étudiants, en termes d'appropriation et de transfert de ce qui va être acquis dans les lycées et collèges. Elle se veut une contribution à l'amélioration de l'outil pédagogique qu'est la planification et la programmation pour l'allègement du temps d'apprentissage et à la facilitation des activités d'apprentissages chez les étudiants de l'ENSEPS. Elle pourrait aider à la compréhension du phénomène récurrent de ralentissement psychomoteur lors des activités d'apprentissages chez les étudiants en STAPS.

REFERENCES

- [1] Revue EPS, Approche dynamique des coordinations motrices, no 305; éditions EPS, pp 45-50, 2004.
- [2] F. Le Floc'h, Le corps en mouvement dans les apprentissages. HAL – Archives ouvertes. Université de Bordeaux, institut de formation en psychomotricité, Paris, pp 92, 2014.
- [3] C. Fortin, et R. Rousseau, Psychologie cognitive: une approche de traitement de l'information. 1ère édition, presses universitaires du Québec – Canada, pp 416, 2012.
- [4] R. Goudreau, Troubles de déficit de l'attention et hyperactivité: rapport du comité de conseil sur l'usage des stimulants du système nerveux. Québec, Pp 47, 2000.
- [5] M. P. Chopin, Les usages du temps dans les recherches sur l'enseignement. (2014). Revue française de pédagogie – (en ligne) 170/janvier –mars 2010 mis en ligne le 01 mars 2014. Consulté le 04 janvier 2021
URL: <https://journals.openedition.org/nfr/1614.23P>.
- [6] M. Monot, La pédagogie de maîtrise à effet vicariant, (2001), nouvelle Calédonie
<<http://www.education.gouv.qc.ca>> consulté le 20/06/2021.
- [7] M. Crahay, (1988). Temps d'enseignement et apprentissage des élèves dans l'école peut être juste et efficace (2012). Pp 269 -300. Cair. info.
- [8] M. P. Chopin, (2010) les usages du temps dans la recherche sur l'enseignement. Revue française de pédagogie <https://journal.openedition.org/rfp>. Pp87-110.
- [9] J. B. Carroll, A model of school learning teachers, coll rec 64: 723-33, Harvard University, Cambridge, MA, 1963.
- [10] T. Husen, Temps d'enseignement et apprentissage des élèves. Persée, revue de presse pédagogique, no116, Cair.info dans la recherche sur l'enseignement, (1967).
- [11] A. Delhax, Le temps comme une unité d'analyse dans la recherche sur l'enseignement., revue française de la pédagogie. Persée, revue française dans « l'école élémentaire ». Paris, no 118 Pp106-125 - 1997.
- [12] J. Hamal, E. Parent et J. Dostalier, Activités de psychomotricité en famille pour la maison, Québec, (2004).
- [13] Psychomotricité suisse, qu'est-ce que la psychomotricité ? (2021), www.psychomotricite-suisse.ch. Consulté le 10/03/2021.
- [14] P. Soizic, Définition et application de la psychomotricité. (2016). Centre de consultation psychologique et éducationnel psy @<https://www.ccpweb.ca>. Consulté le 10/03/2021.
- [15] Schmidt, R.A., Lee, D. Motor control and learning. A behavioral emphasis Champaign. (H), human kinetics. (1998).
- [16] Wang Carine Bulhozer, Barbey Anita, François Vingerhoets, Pierre Alain plan et coll. Revue médecine suisse, Fatigue et ralentissement psychomoteur. Volume 13 no583. Home/RMS/2012/RMS. (2012).
- [17] Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, La fatigue- l'ennemi à combattre en milieu de travail, dans « rapport sur la santé et la sécurité », 2007, vol no5, no11, cchst.ca. Consulté le 15/3/2021 à 8 heures.
- [18] Amélie. Quelles sont les causes de la fatigue ? 2012. <https://www.ameli.fr>. Consulté le 23/12/2020.
- [19] A. Reinberg. Rythmes biologiques, mode d'emploi. Amazon.: Flammarion. Paris (1994).
- [20] E. Mullens, Sommeil et travail. Institut national de médecine agricole, 2007. <https://www.inma.fr> 2017/08 consulté le 15/06/2021.
- [21] P. Begué, Le sommeil: apport de la chronobiologie et de la chrono psychologie, 2010, dsden 72. <https://www.dsden.ac-nantes.fr>. Consulté le 11/07/2021 à 20 heures.
- [22] P. Fraisse Des rythmes de vie aux rythmes scolaires, Chapitre II. Les rythmes chez les psychologues: une autre histoire ? Presses universitaires du septentrion, Pp 93- 146- 1980.
- [23] Onisep, licence mention en sciences et techniques des activités physiques et sportives-éducation et motricité (STAPS), recherche, m. onisep. fr, 2020 consulté le 20/07/2021 à 18 heures.
- [24] J.W. Creswell, et V. L. Plano Clark. (2007). Designing and conducting Mixed Methods Research. Third Edition, CA/ Sage. Pp 520, Michigan-USA.
- [25] Bulletin officiel. (BO), ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse, www.education.gouv.fr annexe 1 sur EPS _com _annexe... Consulté le 31/03/2021.

The Image of Man in Stefan Zweig's *Confusion*

Mohammed El Bah

Faculty of Letters & Human Sciences, Mohammed V University, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: This article addresses the issue of homosexuality in Stefan Zweig's *Confusion*, and attempts to read it against the grain, arguing that homosexuals have always been degraded and misrepresented. It attempts to show that the novella could be read socially and contrapuntally as a letter addressed to a sclerotic Austrian society that, on the whole, showed little tolerance towards homosexuals back then.

KEYWORDS: Stefan Zweig, *Confusion*, homosexuality, society, identity.

Stefan Zweig's *Confusion* is likely to put the reader in an uneasy posture in view of the complexity of comprehending the ramifications of the story, as well as the difficulties posed by its interpretation. The veiled treatment of homosexuality in his works immediately puts *Confusion* in the limelight, for it is Stefan Zweig's only text that deals with homosexuality, albeit in a veiled way.

Indeed, *Confusion* attempts to diagnose, not without a degree of compassion, the social and psychological predicament of homosexuals. The poetic language used to paint the characters' inner feelings dwarfs any other literary attempt to portray the complexities of being a homosexual in a sclerotic society. It should be noted here that Stefan Zweig's interest in, and commitment to the defense of homosexuality as a way of being, was not limited to fiction. He did actually defend this socially and politically excluded group, as he supported homosexuals in their rebellion against conservative Austrian society and their struggle against laws that criminalized homosexuality as well. Indeed, homosexuality in its diverse manifestations has been, and still is, a sensitive issue that has not been fully attended to in most Arab countries.

In view of the discriminatory legal conditions against this segment of Austrian society, Stefan Zweig, together with other interested writers and researchers, led by Sigmund Freud, addressed a letter to the Criminal Law Committee of the Austrian National Council:

We express urgently our concern about the controversy surrounding the criminalization of homosexual relationships between consenting adult men [...] Homosexuality is found in all times and in all societies [...], their (gay men) tendencies are inherent to them as is the case with regard to their inclinations. [...] legal follow-up is a flagrant violation of human rights, because it deprives homosexuals from practicing their sexuality despite not violating any legal rights [...] since gay men as well as others have civil duties, so we demand that the legislator, in the name of justice, abolish the clause that criminalizes homosexuality, which impedes homosexuals from enjoying their civil rights, so that the law, being a guarantor of a decent life for this category of citizens, is worthy of achieving human dignity without discrimination in a responsible society.¹

The judicial system was not the only institution that wronged homosexuals by classifying homosexuality as a criminal act; the Church, too, rejected it. As one moral preacher said: "It is a perverse custom to prefer boys to girls because this kind of

¹ The letter was signed by Sigmund Freud, Arthur Schnitzler, Stefan Zweig, Franz Werfel, Jakob Wassermann, Herman Eckel, Hermann Swoboda, and Moritz Schlick. (My translation)

love is a rebellion against nature. Even untamed animals avoid such sinful caresses, so a person will be more animal than they are when such practices are preferred.”²

This article does not aim to delve into the controversial issue of homosexuality, which has been raised by researchers in the social and human sciences, and most of them concluded that it is a natural phenomenon that characterizes humans and animals alike, but rather the aim is to focus on the psychological mapping of a doomed love relationship destined for failure from the start. Indeed, *Confusion* was not given enough attention by Arabic literary critics and commentators.

Confusion, which is a portrayal of the life of homosexuals, and the controversy related to this phenomenon, is based mainly on the conflict between the mind and instinct, which plunged the professor (one of the main characters) on occasion into deep despair. In *Confusion*, Stefan Zweig, deeply influenced by Sigmund Freud, seems to pose as a psychiatrist *par excellence*. He went about his work with passion, which made him interested, both in his daily life and literary writings, in the psychological and social conditions of vulnerable minorities.

In terms of sheer form, *Confusion* is made up of two overlapping stories which constitute the frame narrative and the embedded story. In the frame story, Roland v. D. tells the story of his sixtieth birthday, which coincided with the end of a thirty-year academic career, during which he published a score of academic writings. The honoree, however, is hardly moved, for he thinks that his colleagues oversaw an important component that went into the making of the academic that he has grown to become. Roland hardly recognizes the person whose achievements are being praised. After leafing through the volume he had been given, he couldn't help smiling, because the volume focused on the intellectual life of the author. He likens the situation to the act of hearing one's voice in a recording; he states: "I felt exactly as I did when I first heard my own voice on a recording: initially I did not recognize it at all, for it was indeed my voice but only as others hear it, not as I hear it myself through my blood and within my very being, so to speak."³ Something fundamental is missing that has made Roland fail to recognize his own voice, and that is certainly his experience with his mentor and professor when he was a young student.

In the context of these memories and his monologue, he declares that the speeches delivered by his colleagues do not reflect his real life, but rather miss the most important and fundamental aspect of his personality. That is why he decided to reveal his true self, namely by narrating the encounter that made him what he is today. This recollected encounter constitutes the framed narrative, and the central story of the confusion of emotions, so the narrator decided to monitor and reveal the "silent image" to represent, along with what appeared from his life, particularly his academic path, a point of recognition and disclosure and revealing the feelings that he has always insisted on concealing: The retrieved voice is likened to an unwritten page: "I will add a page not previously written to those on open display, a confession of feelings to be set beside that scholarly book, and for his sake I will tell myself the true story of my youth." (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 26)

This revelation takes us into the heart of the mentor's suffering. His torment is best captured through the conflict between mind and instinct, in addition to the duality of scientific research and psychological life.

Since the first meeting between the two, the student is almost hypnotized not only by his professor's outward appearance and bright looks, but also by the enthusiasm that seeps from his lectures, content, interventions, and way of analyzing matters. Suddenly, after this amazement, the narrator puts us in the face of the student's disappointment and frustration when he sees his professor during another lecture; he is now an old, exhausted man, delivering a monotonous, and almost boring lecture.

From the inception, this duality is based on a secret that will gradually manifest itself to the reader as the narration unfolds, until towards the end when the hard truth is revealed: the professor's homosexuality.

Thus, all along his life, the professor's emotion has struggled to have the upper hand over his mind, and so did his mind, for a careful balance between the two is that which builds up the integrity of man, so that he is productive.

Before a young audience, the professor throbs with youthful life and vitality, and delivers his lectures with an enthusiasm that breeds a very powerful speech based on persuasion and argumentation, all clothed in an emotional garb that captivates as it regenerates itself from within. This expansive enthusiasm is, symbolically, indicative of a pent-up desire to disclose what

²Quoted in *Lust, Angst und Provokation: Homosexualität in der Gesellschaft*, (ed.) Helmut Puff (Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1993), pp. 159-160. (My translation)

³ Stefan Zweig, *Confusion*, translated from the German by Anthea Bell, with an introduction by George Prochnik (New York: New York Book Classics, 2012), p. 24. (Hereafter page numbers will be provided in the text).

is simmering inside him. The students would be captivated, listening in an ecstasy similar to that which he was feeling. Their enthralment suggests that they absorbed the contents of his lectures, and could see through his crystalline speech.

Yet, as soon as he finds himself alone in his office, his mind takes over, and he quickly returns to his senses to become once again that old man, aware of his passing years that point to the absence of youth vigor, and the strength required to go about one's academic work conscientiously: "when he was teaching a factual subject or was alone in his study he lacked that spark of dynamite which here, in our intense and breathlessly spellbound company, broke down his inner walls; he needed—oh yes, I felt it—he needed our enthusiasm to kindle his own, our receptive attitude for his own extravagance, our youth for his own rejuvenated fervour." (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 68) This enthusiasm and openness are attributed to the old times marked by all great feelings; the "Circus Maximus, where the wild beats of emotion fall ravenously on one another," (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 48) generating what the Latin scholars call a raptus. This Circus Maximus is a large-scale outburst "exploding like a petard, and it lasts for fifty years: a rush of blood, an ejaculation, a uniquely wild phenomenon prowling the world, seizing on it as its prey—in this orgy of power you can hardly hear individual voices or make out individual figures." (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 49)

Through his focus on intense and emotional research in this era, the professor seeks to dive into the current way of thinking. This is in harmony with Stefan Zweig's firm opinion that "All phenomena, all humanity is to be recognized only in its fiery form, only in passion. For the intellect arises from the blood, thought from passion, passion from enthusiasm" (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 52) The same principle applies to the professor, who can only be productive and creative when the mind fuses with blood, and peace reigns between them. However, the professor cannot always experience these moments. Traditional society, in turn, blocks the way between his identity as a thinker and researcher, and his homosexual tendencies, which he tries to satisfy in the dark alleys of large cities. In this vein, the lack of harmony between mind and emotion occasions a tremendous intellectual rift.

The motive behind satisfying his homosexual desires under the cover of secrecy, far from his scientific and societal surroundings, is mainly due to the attitude of society, religion, and law. All unite to arrogantly and forcefully reject homosexual practices based on their alleged deviance from the norm.

Homosexuals are heavily weighed down by guilt and end up being despised by the overwhelming majority of society. More than that, they are considered sick. Freud's famous "Letter to an American Mother," paints homosexuality in different terms. Indeed, for Freud "Homosexuality is assuredly no advantage, but it is nothing to be ashamed of, no vice, no degradation, it cannot be classified as an illness."⁴ Furthermore, textual evidence shows that history is replete with renowned people who were gay, such as Plato, Michael Angelo, Leonardo Da Vinci, among others.

The professor must have had his own reasons to conceal his homosexuality, as any leak into the open about his sexual orientation would have exposed him not only to contempt and blackmail, but could have jeopardized his scientific and academic career. His silence, apparent conservatism, and self-imposed isolation are a desperate attempt to narrow the circle of friends and acquaintances who seem, for the most, unworthy of his trust. Even Roland, who is an intimate friend, was horrified by his professor's self-imposed isolation:

His total isolation horrified me more than anything. This man, with his open, very expansive disposition, had no friends of any kind; his students alone provided him with company and comfort. No relationship but correct civility linked him to his university colleagues, he never attended social occasions; often he did not leave home for days on end to go anywhere but the twenty steps or so it took him to reach the university. He buried everything silently within him, entrusting his thoughts neither to any other human being nor to writing. (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 89)

Yet, gossip did not spare him. People avoided communicating with him, so that they would not be subjected to any suspicion or exclusion. Roland's unconditional support for the professor exposed him to ridicule by some of his colleagues, as well as by the professor of Romance languages, who said "Well, intimate as you are with Professor ... you should know that." (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 114)

The professor's ultimate goal is to reach a certain degree of harmony. While intellectual harmony, and even a certain degree of symbiosis, may be achieved with students at the university, personal growth in what relates to sexual matters remains

⁴ Quoted in *The Oxford Handbook of Sexual and Gender Minority Mental Health* (ed.), Esther D. Rothblum (Oxford: Oxford University Press, 2020), p. 12.

impossible. This is why the professor was forced to set two realms apart, namely the realm of intellect and that of sexuality, which, ideally, should be compatible with each other.

When the professor reached a degree of intimacy with the young student, his long-awaited hope ignited, and he was set to pursue his dream in an attempt to turn it into reality. The student, too, really admired his teacher, but it never occurred to him that their relationship was driven by unacknowledged elements of sex, as his passion for his teacher was a mixture of excessive admiration, respect, and a recognition of his constant willingness to help.

In the context of these events, the fact that the professor did not publish his book is indicative of his lack of success in linking his intellectual work and his (homo-) sexual drives, as there is an invisible force that controls his attempt to distinguish between these two aspects in his life. This hidden force is reflected in a strong, uncontrollable instinct, which is characterized by a kind of attraction and repulsion.

The attractive side is the love of beauty and youth and the satisfaction of sexual desire, while the repulsive side lies in the professor's escapism. This unbridled desire flings him into the dark recesses of modern life in the hope of satisfying it. In other words, he is running away from himself, from the felt yet unacknowledged despicableness of homosexuality.

Indeed, the professor's sudden appearance at night in Roland's room was the result of a sweeping sexual impulse that went suddenly out of control. In fact, the professor could conceal his desires, or rather suppress them, except that he could not bridle that desire and finally ceded to its overwhelming power.

This war of desires that plagues his inner self explains the reason of his constant flights. In fact, they help him to momentarily curb them; yet, they would never heal him. In this perspective, his married life looms like a hiding, because it never contributed to "freeing" him from his homosexuality; worse, it, too, was an impulse. This impulse proved to be a posteriori as *opus contra-naturam*, and it failed to secure the sense of bonding that the professor had been craving for. Living with a woman under the same roof may suggest an ordinary bourgeois marriage, but it is only a social shield that pushed the professor even further down the ravine of isolation because it was fake. Both husband and wife play a part, but the wife performs better the role of the happy and kind wife:

she was always busy yet always had time for herself, went to the theatre, enjoyed all kinds of athletic sports—but this woman aged about thirty-five took no pleasure in books, in the domestic life of the household, in anything abstruse, quiet, thoughtful. She seemed at ease only when—always warbling away, laughing easily, ready for bantering conversation—she could move her limbs in dancing, swimming, running, in some vigorous activity. (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 91)

As for the professor, he completely ignores her, and does what he likes: leaves when he so wishes, and returns home when he pleases. What is more, he avoids any conversation with her, and harshly excludes her from his study, which constitutes his personal and intellectual world:

As if a pentagram were traced on the threshold, his wife never ventured to enter his study without an explicit invitation, a fact which clearly signalled her complete exclusion from his intellectual world. Nor would my teacher ever allow any discussion of his plans and his work in front of her; indeed, I found it positively embarrassing to hear him abruptly break off his passionate, soaring discourse the moment she came in. There was even something almost insulting and manifestly contemptuous, devoid of civility, in his brusque and open rejection of any interest she showed—but she appeared not to be insulted, or perhaps she was used to it. (Stefan Zweig, *Confusion*, p. 90)

Roland is somewhat just like his former professor. He was a passionate and enthusiastic person who could devote himself to one thing at a turn, either the pursuit of sexual desire, or scientific work, in a big city like Berlin, far from his parents. He had a new life, so he neglected his studies and indulged in all kinds of pleasure. In an effort to get rid of this lifestyle, he moved to another university, and he became another human being. He was no longer that passionate person, but he turned into a hard-working student motivated only by avid learning.

Based on the above, it can be concluded that in *Confusion* Stefan Zweig does not try only to portray the suffering that a homosexual person experiences, but rather he tries to show the reader that a person who is obsessed with his desires can only act with passion, no matter what the field. *Confusion* was another letter, just like the one sent to the Criminal Law Committee of the Austrian National Council, but the addressee was now the Austrian society, which was, back then, invited to show tolerance or sympathy for homosexuals.

REFERENCES

- [1] Quoted in *Lust, Angst und Provokation: Homosexualität in der Gesellschaft*, (ed.) Helmut Puff (Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1993), pp. 159-160.
- [2] Quoted in *The Oxford Handbook of Sexual and Gender Minority Mental Health* (ed.), Esther D. Rothblum (Oxford: Oxford University Press, 2020), p. 12.
- [3] Stefan Zweig: "Verwirrung der Gefühle" in "Die Mondscheingasse, Gesammelte Erzählungen", Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurtam Main, 1989.
- [4] Stefan Zweig, *Confusion*, translated from the German by Anthea Bell, with an introduction by George Prochnik (New York: New York Book Classics, 2012), p. 24.
- [5] The letter was signed by Sigmund Freud, Arthur Schnitzler, Stefan Zweig, Franz Werfel, Jakob Wassermann, Herman Eckel, Hermann Swoboda, and Moritz Schlick.

Le management à distance: Genèse, outils phares et comportements organisationnels

[Remote management: Genesis, key tools and organizational behaviors]

Khalil Cherki

Education, Management et Responsabilité Sociétale des Organisations, Faculté des Sciences de l'Éducation, Université Mohammed V, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Through this article, we have tried to demystify the concept of Remote Management, retrace its genesis and reveal the imperativeness of its use. Given the main objective of providing a better understanding of this organizational configuration, we have identified the major key tools and related behaviors, shedding light on the new challenges assigned to contemporary E-Managers.

On this basis, we have first undertaken a historical overview to demonstrate that remote management is an operational consequence of drastic changes, at disparate eras and places, in our interaction modes. We have subsequently exposed a concrete model to endorse the effective use of this configuration several years before the recent infatuation for telecommuting. Our choice fell on a regional project of the United Nations Development Program (UNDP), called MYTecC, Mediterranean Youth Technology Club, mainly for its avant-garde characteristics. Without claiming to present it as a case study, this project includes several responses about Remote Management since it relies, for the achievement of its objectives, on the involvement of a multicultural team, geographically detached but virtually homogeneous and noticeably operational.

KEYWORDS: E-Management, Information and Communication Technologies, Telecommuting, Virtual teams, E-leadership.

RESUME: A travers cet article, nous avons tenté de démystifier le concept du Management à Distance, retracer sa genèse et révéler l'impérativité de son usage. L'objectif étant de dispenser une meilleure compréhension de cette configuration organisationnelle, nous avons identifié, sans prétendre à l'exhaustivité, les principaux outils et comportements y afférents, cristallisant au passage les pixels des challenges assignés aux E-Managers contemporains.

A ce titre, nous avons en premier lieu entrepris un survol historique pour démontrer que le management à distance est une résultante opérationnelle des mutations de nos modes d'interactions, et ce à des aires et espaces géographiques disparates. Un modèle concret est ensuite exposé en vue d'étayer que cette configuration a déjà été faite ses preuves plusieurs années avant le récent engouement pour le télétravail. Notre choix s'est donc porté sur le projet MYTecC (Clubs Technologiques des Jeunes de la Méditerranée) du programme régional du PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) principalement pour son caractère avant-gardiste. Sans prétendre le présenter comme un cas d'étude, ce projet comprend plusieurs réponses en orbite du management à distance puisqu'il repose, pour l'atteinte de ses objectifs, sur le concours d'une équipe multiculturelle, éloignée géographiquement mais virtuellement homogène et manifestement opérationnelle.

MOTS-CLEFS: E-management, Technologies de l'Information et de la Communication, Télétravail, Equipes Virtuelles.

1 INTRODUCTION

Il fût un temps, pas si lointain, où notre vision du management était guidée par le postulat en vertu duquel le manager et ses collaborateurs se trouvent forcément dans le même espace physique. Cependant, le management vit aujourd'hui une

profonde mutation dictée, initialement, par la mondialisation des économies et plus récemment par le contexte sanitaire imputé à la pandémie de la Covid-19.

En effet, l'accélération des processus, la dématérialisation de l'information et la délocalisation des services demeurent des réalités ésotériques qui charpentent le quotidien de tout un chacun. N'étant pas immunisées contre ces mutations, les organisations humaines, publiques comme privées, sont plus que jamais contraintes à faire évoluer leur stratégies et leurs modes de management. Formant un autre maelström, l'impact exceptionnel du dernier Coronavirus en date n'a laissé d'autres choix à ces organisations que de suivre les initiatives de la concurrence pour s'aligner en matière de Technologies de l'information et de la Communication (TIC), l'allié naturel de la digitalisation des interactions personnelles et professionnelles.

Visiblement, les modes de coordination classiques ne sont plus en mesure de rendre compte de la nouvelle dynamique, foncièrement économique, axée sur l'interactivité et portée par le Digital. Pour marteler le même cas de figure, la délocalisation est passée d'une opportunité à saisir à une contrainte de marché. La réaction naturelle des entreprises est donc de préserver leur avantage compétitif en termes de coûts en délocalisant davantage ou en s'intéressant à des approches de sous-traitance. A ce stade, le dilemme qui s'impose est celui du management, du suivi des activités et de la coordination entre les parties prenantes et acteurs éclatés géographiquement.

C'est dans ce champ de turbulences que le management à distance, communément appelé « E-management », a pris racine comme un mode de coordination original et une forme de travail plus adaptée au nouveau cadre économique. Avec la malencontreuse propagation de la Covid-19, l'E-Management profite d'une accélération imparable et s'impose désormais comme la clef de voûte pour contrecarrer tous les défis infligés par la dissolution forcée des rapports de proximité organisationnelle et humaine.

Au cours des deux dernières décennies, les prémonitions progressistes de cette configuration est apparue à certains comme étant intéressante mais prématurée. On y voyait un moyen assez recherché pour conduire, à long terme, à des engagements circonstanciels des entreprises. Aujourd'hui, c'est non seulement un fait reconnu, mais un substitut impératif à l'écart corporel entre le manager et son équipe, désormais virtuelle.

A ce titre, les équipes virtuelles s'avèrent bien être 'LE' phénomène qui fuse de notre ère dite numérique. La particularité de ces équipes réside dans leur capacité à s'acquitter 'à distance' de leurs tâches et de rassembler des ressources et des compétences diverses sans se déplacer. Affranchies de leur aspect complexe, elles représentent maintenant le nerf de guerre du management à distance et le défi prépondérant des managers modernes. Mobiliser cette subtile composition humaine exige, force est de le constater, le port de nouvelles lunettes comportementales et une conception très poussée du leadership par la confiance.

Ainsi, manager à distance c'est comme être atteint à la fois de myopie et de presbytie. Il incombe donc au manager des temps modernes de composer avec un double handicap et de jongler en permanence avec les effets de loupe et les distorsions d'optique pour s'adapter à son environnement, proche ou lointain. Pour cela, il est vital de façonner d'autres bordures et évoluer vers un profil d'E-manager, apte à user pleinement des moyens technologiques et leur appliquer ses aptitudes humaines et managériales pour asseoir ses compétences et valoriser son apport.

2 CONTEXTE, PROBLÉMATIQUE ET CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Il est évident que le management à distance repose sur un triptyque indissociable (fig. 1). Chaque pilier revêt le caractère d'un prérequis pour asseoir l'équilibre de cette forme de fonctionnement. Les TIC étant la pierre angulaire de par les outils socles qu'elles confèrent à l'E-manager, un gestionnaire hybride amené à fédérer une équipe virtuelle, qui de par sa cohésion éventuelle, l'intronisera, ou pas, E-leader.

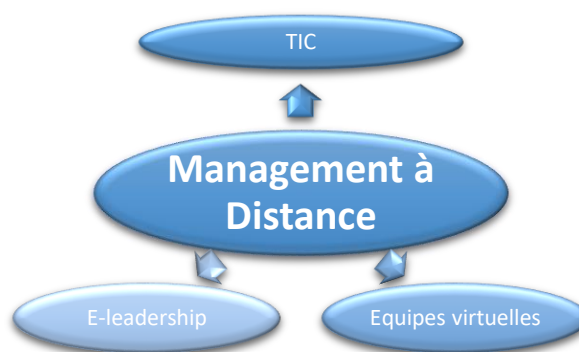


Fig. 1. Triptyque socle du management à distance

Partant de ce constat, il importe de questionner la finalité et le bienfondé même de cette imbrication :

ASSURER UNE 'PROXIMITÉ' MANAGÉRIALE 'À DISTANCE', EST-CE POSSIBLE ?

Afin de répondre à cette déroutante problématique, il est requis d'observer plusieurs séquençement voués à retracer, d'une part, les contours de cette forme d'organisation (pas si nouvelle), et d'autre part, à cristalliser les pixels des challenges que doit relever le manager contemporain.

- Dans un premier temps, il est judicieux d'appréhender les dimensions de ce concept, cerner ses typologies et identifier les différentes distances à l'œuvre.
- Suite à cela, il est essentiel d'explorer les avancées promises par les TIC pour capturer les profondes mutations infligées à l'organisation. Aussi et sans briguer une liste exhaustive des outils utilisés dans le management à distance, il est utile de mettre l'accent sur les moyens technologiques les plus en vogue pour mettre en avant leurs atouts et lever le voile sur leurs limites.
- Une des séquences clefs est d'investir le défi majeur du management à distance, à savoir la mobilisation des équipes virtuelles et l'équilibre à trouver par le manager en charge de ce gisement de forces. Pour ce, il faudra mettre l'emphasis sur les fondements de ces équipes inédites ainsi que sur les freins susceptibles de bloquer leur épanouissement.
- L'épanouissement de ces équipes virtuelles est incontestablement tributaire d'un E-leader. Une figure managériale des plus agiles qui a la capacité de prendre en compte les nouvelles distorsions dans les processus de communication, la diversité plus importante des membres de son équipe, les problèmes technologiques liés au digital, etc. Ainsi, et en appui à la pluridisciplinarité, la confiance se déclare, naturellement, un facteur à explorer puisque essentiel pour assurer la cohésion, la coopération et l'enracinement de comportements constructifs au sein de l'équipe 3.0.

Le survol de ce séquençement réclame une approche inductive, située à mi-chemin entre l'analyse didactique et la compilation de données, et ce en vue d'explorer sur le terrain (virtuel) des us, pratiques et autres tendances afférentes au E-management (sans pour autant prétendre à l'exhaustivité). Une méthodologie qualitative à la démarche descriptive est indéniablement prescrite pour effectuer des allers retours entre la littérature et la critique d'un modèle traitant, il faut le rappeler, d'une mutation profonde de nos rapports humains.

Cerner le sujet fait également appel à un survol empirique des méthodes appliquées dans le leadership. C'est ainsi qu'il est possible de pister la genèse du nouveau concept du E-leadership qui émerge du contexte virtuel et renvoie directement au management à distance des équipes interconnectées. Naturellement, il faut également se distancier à un certain stade de la théorie est présenter un cas d'étude. Le cas échéant, le modèle d'illustration porte sur un projet concret impliquant une équipe virtuelle de vingt-deux instructeurs issus de neuf pays différents et travaillant dans une même visée.

Ces instructeurs doivent dans le cadre de leur activité user des potentialités des TIC pour interagir entre eux, recevoir des consignes, véhiculer leurs feedbacks et développer un climat interactif de collaboration et de confiance. De par ces mécanismes, cette expérience a tout le potentiel pour répondre à la problématique précitée et démontrer que, loin d'être une simple notion impalpable, le management à distance est une réalité déjà en marche.

Certes, l'approche qualitative adoptée fournit des explications intéressantes et une vue globale du management à distance. Toutefois, il est également possible de fournir davantage de données chiffrées pour satisfaire les exigences de ceux qui comprennent par les chiffres. Cependant, et partant du fait que toute recherche scientifique consiste à faire un choix, il est revendiqué qu'une recherche qualitative correspondant davantage à la nature du sujet, aux perceptions qui l'entourent et à l'analyse convoitée. D'autant plus, il s'avère, fort heureusement, que la tendance en management des ressources humaines n'est plus de quantifier ou de mesurer. Au-delà des chiffres, l'objectif premier de la recherche est la constatation et l'explication.

3 LE MANAGEMENT À DISTANCE, UNE NOUVEAUTÉ ?

Contrairement à ce que nous pouvons croire, le management à distance s'est déclaré depuis l'antiquité. Ce fait est conforté par les recherches effectuées par Brytting (1995) [1] où il évoque l'exemple de l'empire romain (Jules César, Alexandre le grand, etc.). L'église catholique est une autre référence à ce mode de communication (Harris, 1996) [2]. Depuis l'aube, la gestion de la distance a copieusement suscité des réflexions sur l'élaboration de techniques visant, paradoxalement, à clarifier les échanges tout en implantant une notion de flou pour véhiculer l'information exclusivement à la partie concernée (renvoyant à la sécurisation actuelle des données).

Dans un contexte plus récent, nous pouvons faire remonter le démarrage du management à distance au début des années quatre-vingts. Il reposait alors, selon Morel (2006, p. 56) [3], sur des considérations souvent utopiques. (Le rêve de voir le repeuplement des campagnes, la disparition des cités dortoirs, la transformation des quartiers sinistrés, le désengorgement des villes, la suppression du stress de la vie professionnelle).

De nos jours, nous assistons à une recrudescence éclatante de l'intérêt porté à ce thème. Cela s'explique à la fois par l'essor des Technologies de l'Information et de la Communication, et de la volonté des organisations à se rapprocher des clients, des lieux de décisions ou d'associer des profils pointus. Ceci nous amène tout naturellement à faire observer que l'un des premiers ordinateurs individuels, sinon le plus célèbre, l'Altair 8800 [4], est fabriqué tout juste en 1975, et que l'on a constaté depuis lors une accélération des choses, et ce notamment durant les quinze dernières années. Les ordinateurs personnels « ont changé la vie des gens de façon spectaculaire », souligne une responsable de la Fondation de la frontière électronique (EFF), Cindy Cohn [5]. « Et ce n'est que le début. On va voir un grand bond lorsque le réseau sans fil sera partout. Des choses dont on ne rêve même pas », affirmait-elle (Justement, cette prémonition s'est vérifiée pour devenir un élément banal de notre contexte actuel).

En outre, grâce à l'avènement technologique d'Internet, les collaborateurs ont la possibilité d'accéder à l'Intranet de leur organisation depuis un ordinateur portable ou un smartphone. Cette évolution permet également aux managers de gagner en indépendance, de communiquer dans tout le globe et de changer facilement d'employeurs en fonction de la demande du marché.

Dans son admirable article intitulé « Le management est mort, vive le e-management », Michel KALIKA (2000) [6] décrit l'apparition du concept du e-management par « l'intégration dans l'ensemble des processus de management, c'est-à-dire, la finalisation, l'organisation, l'animation, le contrôle, des impacts et opportunités des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) ».

Visiblement, l'entreprise se devait de répondre aux exigences d'un nouvel environnement. C'est dans ce champ de turbulences que le e-management a su proliférer et s'enraciner dans un grand nombre de lieux en fonction de leur adaptation: il peut s'agir de l'externalisation de fonctions autrefois assumées au sein des entreprises, telles que l'informatique, le service client, la comptabilité, voir les ressources humaines, ou encore de l'installation de sites aménagés susceptibles d'être des lieux de passages et de liaison entre salariés.

La tendance du *remote managing*, appelé aussi management virtuel ou encore management 3.0 (en référence aux dernières technologies du web 3.0), s'impose aujourd'hui comme une réalité qui accompagne les mutations des organisations et l'écart physique entre les managers et leurs collaborateurs, rendant ainsi impossible tout suivi direct de leur travail et des processus adoptés. Charles Handy l'avait prédit en 1995 en stipulant que « les managers devront s'habituer à travailler et à gérer des personnes qu'ils ont jamais vu, si ce n'est lors de rares occasions pré-arrangées » (p. 42) [7].

En bref, le management à distance est loin d'être un phénomène embryonnaire. Toutefois, l'avancée technologique et les potentialités des TIC, sponsorisant le travail à distance, ont notoirement boosté le nombre de collaborateurs fédérés par des managers se trouvant à des endroits retirés.

Aujourd'hui, le contexte sanitaire a pesé de tout son poids pour rendre cette configuration incontournable. Les plus réalistes nourrissent déjà la certitude et l'ultime conviction que le monde, tel que nous le connaissons, ne sera plus jamais comme avant, ses modes organisationnels les premiers.

4 LES DIFFÉRENTES DISTANCES À L'ŒUVRE

Indubitablement, l'éloignement géographique prédomine comme la spécificité principale du management à distance. Cependant, il convient de souligner d'autres distances/décalages pesant sur la relation entre le manager et ses collaborateurs. Ainsi, la distance linguistique, la distance culturelle, la distance horaire/asynchrone et la distance technologique sont des facteurs qu'il convient de considérer pour mieux cerner ce mode de management.

4.1 LA DISTANCE LINGUISTIQUE

Il est communément admis que l'Anglais est la langue universelle la plus utilisée dans le management à distance. Encore faut-il comprendre et se faire comprendre ! La barrière de la langue est en effet souvent difficile à contourner. Considérant que le degré de maîtrise de cette langue varie d'une personne à une autre, amorçant interprétations détournées et malentendus, le manager doit formuler ses directives avec toute la clarté indispensable, veiller à leur compréhension par les collaborateurs et s'efforcer d'en obtenir la bonne exécution. Aussi, il est primordial pour le manager d'adapter son discours à son interlocuteur (aspect culturel – point b) et de choisir le vocabulaire approprié tout en préservant l'authenticité du message.

4.2 LA DISTANCE CULTURELLE

Il est capital de rappeler que la communication entre les collaborateurs porte sur l'information. Cette dernière constitue une ressource assez particulière du fait qu'elle se prête à des interprétations différentes. Les valeurs culturelles animant les décideurs affectent leur perception sélective et leur interprétation des informations. (FINKELSTEIN et HAMBRICK, 1996 cité in GAMBLE et GIBSON, 1999) [8].

De ce fait, une communication effective ne peut se concevoir sans une mise en perspective des déterminants culturels qui régissent nos relations. Le management à distance se doit de considérer cette problématique et de l'inclure dans sa stratégie afin de tirer le meilleur profit des équipes virtuelles et contourner les zones de frictions.

4.3 LA DISTANCE HORAIRE/ASYNCHRONE

Souvent dispersées entre les cinq continents, les équipes vivent à des horaires décalés. Pour ce, planifier une réunion virtuelle s'avère techniquement compliqué. Il importe donc de scruter la disponibilité mutuelle de tous les coéquipiers avant de pouvoir les réunir tous ensemble au téléphone ou pour une visioconférence. Il est tout aussi essentiel, selon les cas, de cibler une tranche horaire distincte ou la réactivité et la fraîcheur des collaborateurs seraient à leur zénith.

Le manager doit également être à jour quant aux changements des fuseaux horaires, notamment pour les heures d'été. A noter que ces dernières sont susceptibles de se modifier sous l'influence de facteurs économique et parfois religieux. Par exemple, il est arrivé au Maroc se s'aligner à l'heure française en été, sauf au mois d'Août à l'occasion du mois sacré du Ramadan.

4.4 LA DISTANCE TECHNOLOGIQUE

Ces dernières années, la communication planétaire rendue possible par Internet a conféré un pouvoir nouveau et d'envergure mondiale à de nombreux collaborateurs issus de nationalités différentes. Seulement, il est certifié que les opportunités de l'ère numérique s'accompagnent d'une forte disparité des capacités technologiques. C'est pour cela qu'il est vital, avant de négocier un passage vers le management à distance, de s'attarder sur cette barrière en particulier pour en apprécier l'impact et déjouer les limites.

La distance technologique, plus connu sous l'appellation 'fracture numérique', est certainement la plus critique puisqu'elle représente un sérieux handicap pour bon nombre de pays. L'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) varie évidemment en fonction des populations et dépend, entre autres, de leur revenu. Le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) avait rappelé dans son rapport de 2001 (HDR 2001) que ces disparités ne sont pas nouvelles et « qu'il existe depuis longtemps des écarts gigantesques entre les pays. A l'ère numérique, les quelque

200 pays que compte la planète sont donc très loin d'aborder les défis du développement humain avec les mêmes atouts» (p. 38) [9].

Naturellement, les managers répartis un peu partout dans le globe n'échappent pas à cette réalité. Les membres d'une équipe à distance ne profitent pas toujours des mêmes outils technologiques. Ils n'ont également pas pu bénéficier de formations analogues. Subséquemment, tous les collaborateurs ne peuvent prétendre au même niveau de confort dans l'utilisation des solutions technologiques et autres outils de communication à distance.

Dans un plus récent rapport (HDR 2019), précisément au niveau du sixième chapitre intitulé « Le potentiel de divergence et de convergence de la technologie: un siècle de transformations structurelles se profile » [10], le PNUD convie des faits historiques précurseurs à la fracture numérique, avec pour dénominateur commun l'exacerbation des inégalités entre les différentes populations du monde.

Le graph ci-après (fig. 2) démontre que les disparités sont toujours d'actualité et que l'avantage concurrentiel est réservé aux entités les mieux fournies. Le cas échéant, les entreprises utilisant de façon intensive les TIC enregistre des marges bénéficiaires de loin plus importante que celles d'entreprises moins équipées. Par transposition, les pays les plus avancés en la matière sont plus à même de sponsoriser le développement de leurs économies et améliorer le quotidien de leurs citoyens respectifs.

Le pouvoir de marché est en hausse, en particulier pour les entreprises qui utilisent de façon intensive les technologies de l'information et de la communication

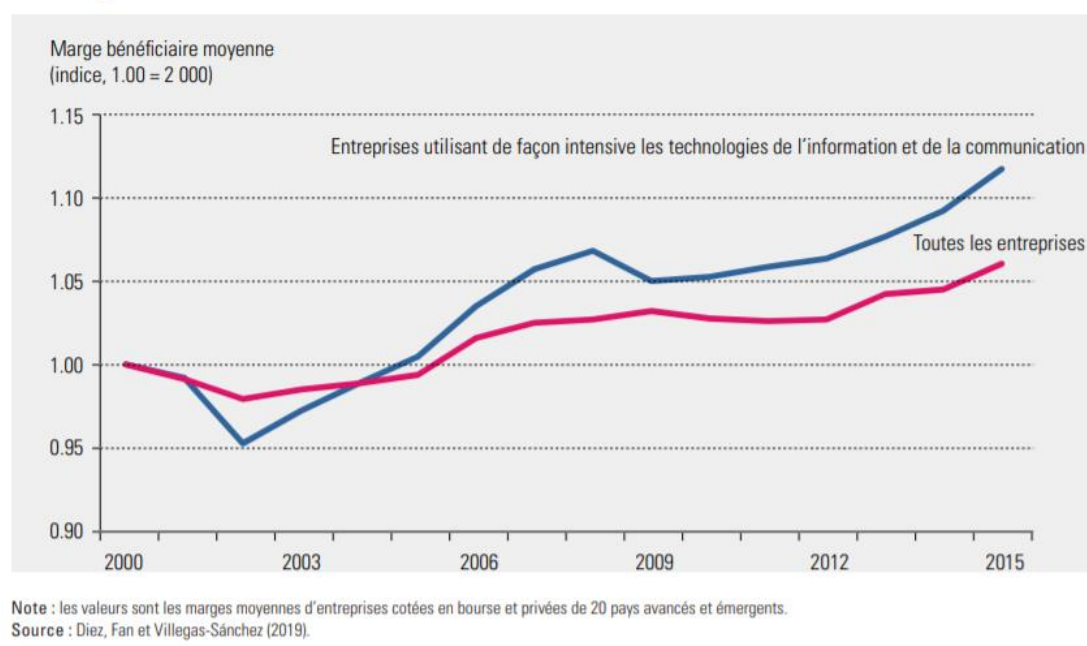


Fig. 2. Entreprises lambda VS celles utilisant de façon intensive les TIC

Source: Rapport de Développement Humain, PNUD, 2019, p. 233

5 LES OUTILS PHARES DU MANAGEMENT À DISTANCE

Il serait vain de vouloir dresser une liste exhaustive et complète des technologies utilisées tant elles sont évolutives. Néanmoins, le cas d'études opéré avec un équipe virtuelle répartie entre plusieurs pays, appuyée de la revue de littérature permet de relever trois outils clés du management à distance, à savoir: le courrier électronique, Intranet/Extranet et la vidéoconférence.

5.1 LE COURRIER ÉLECTRONIQUE

Connu de tous sous l'appellation « E-mail », le courrier électronique (*Electronic mail*) utilise Internet pour envoyer et recevoir des textes et des documents générés par ordinateur. Son extension est des plus spectaculaires. Déjà en 2007, on estimait à un trillion le nombre d'e-mails envoyés chaque jour dans le monde (Robbins et Judge, 2007) [11].

Pour plusieurs d'entre nous, l'email est un outil de communication indispensable aux multiples avantages. En un clic de souris, il est possible de s'adresser à un nombre incommensurable de destinataires avec une facilité édifiante de saisie et de sauvegarde. Par ailleurs, on peut reprocher à cette solution technologique de manquer de chaleur humaine.

A l'opposé d'une conversation téléphonique, on stipule que la messagerie électronique est incapable de véhiculer d'importantes informations détectables au ton de la voix. Il est partiellement vrai que les emails tendent à un caractère impersonnel et froid, puisqu'il existe plusieurs techniques qu'un manager se doit de maîtriser pour transmettre sa requête avec l'émotion appropriée. A titre d'exemple, il est préconisé de ne jamais écrire en majuscule sauf pour exprimer des états extrêmes de joie ou de colère. Aussi, il convient toujours de commencer son email, même pour les courriers les plus informels entre collègues (pour ne pas avoir l'air de commander), par une note de courtoisie avant d'entamer le vif du sujet, souligner ce qui est important, mettre en gras les heures de rendez-vous et clôturer par une autre note cordiale. Ces astuces peuvent paraître insignifiantes, seulement l'expérience a prouvé qu'elles délogeaient bon nombre d'interprétations et de frictions intempestives.

5.2 L'INTRANET

L'intranet est la partie sécurisée et privée d'une entreprise ou d'une organisation. Basé sur les mêmes technologies que l'Internet (protocoles de communication IP, serveur, e-mail, etc.) l'intranet est destiné à l'échange et au partage d'informations entre des programmes et/ou des utilisateurs connus et autorisés.

De nos jours, l'Intranet est généralement connecté au réseau Internet pour permettre la communication avec le monde extérieur. Ainsi, les managers à distance peuvent facilement, en utilisant leur identifiant, accéder aux données de leurs entreprises et s'aligner sur les événements intra organisationnels.

5.3 LA VISIOCONFÉRENCE

La visioconférence est incontestablement l'outil le plus en vogue depuis le malencontreux avènement de la pandémie Covid-19. Des solutions comme *Teams* ou *Zoom* sont devenues en quelques jours des remparts naturels pour les managers et leurs collaborateurs.

Cet outil de communication bidirectionnelle a la faculté de permettre des interactions synchrones à distance en usant à la fois des potentialités de l'audiovisuel, de l'informatique et des télécommunications. La visioconférence habilite ainsi des personnes (2 ou plus) situées dans des lieux différents de dialoguer, de se voir mais aussi de partager des documents pour conduire des réunions à distance ou collaborer sur une tâche déterminée.

En dépit de ces atouts, la visioconférence présente toute de même des limites de par la déperdition d'une bonne partie de l'information analogique. En effet, même en vidéo, peu de comportements verbaux sont identifiables. Le message véhiculé repose essentiellement sur le son et l'image vidéo transmise qui peuvent être altérés par la qualité de la bande passante (ce qui renvoie à nouveau à la fracture numérique; dépit internet variant d'un pays à un autre). Les salles virtuelles, bien qu'elles soient des alternatives avancées, ne peuvent toujours pas rivaliser avec une salle de réunion classique où tout est plus naturel pour le manager. Grâce à un contact direct permanent, presque chaque mimique et décelable pour prendre la température de l'équipe tout comme l'attention de l'audience et ainsi interagir en conséquence.

6 MODÈLE D'ILLUSTRATION: PROJET MYTECC

Plus qu'un simple projet, MYTecC fût pour nous une aventure humaine dans laquelle nous avons développé des amitiés durables et amorcé un développement personnel considérable. Fruit du hasard ou destin pré-écrit, travailler sur ce projet était la concrétisation d'un idéal et la découverte d'un monde riches de sens. Ainsi, l'aspiration via ce modèle est d'introduire l'équipe virtuelle qui l'anime et tisser une image réaliste du management à distance, des outils qui l'articulent et des comportements qui le sarclent.

6.1 PRÉSENTATION DU PROGRAMME RÉGIONAL ICTDAR

ICTDAR (Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) pour le Développement de la Région Arabe) est le programme régional du PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) qui couvre tous les pays Arabes et dont le siège était au Caire, en Egypte. Ce programme vise, d'après son initiatrice qu'il nous plait de citer, à savoir Mme Najat ROCHDI, à appuyer les pays arabes dans la formulation et la mise en œuvre de politiques intégrées en matière d'utilisation des TIC, et ce sur la base de cinq piliers:

- Des stratégies nationales d'intégration des TIC dans les politiques internes de développement économique et social.
- Des cadres politiques et réglementaires encourageant l'accès aux TIC, ainsi que leur utilisation et leur diffusion.
- Le renforcement des capacités techniques, d'accès et d'application des TIC, et plus particulièrement en ce qui concerne l'accès aux informations, connaissances et services.
- Le renforcement des capacités des petites et moyennes entreprises et le développement de services et de produits liés aux TIC.
- Les e-gouvernement et e-gouvernance (e-démocratie).

Une fois échafaudés, ces piliers serviront à soutenir non seulement l'usage des TIC pour le développement humain mais aussi:

- La modernisation et la performance de l'administration publique.
- La stimulation et le développement du secteur privé.
- Le renforcement de la participation du secteur privée au développement.
- La lutte contre la pauvreté.
- La création d'emplois.

De nos jours, le développement humain représente le défi majeur auquel doit faire face toutes les nations. Le capital humain est en effet est un facteur déterminant pour la croissance économique, le développement durable et l'épanouissement sociale. Réduire le fossé numérique, renforcer les capacités des jeunes et intégrer dans l'économie mondiale les 160 pays en développement par l'utilisation des TIC sont également des enjeux majeurs et des axes prioritaires que le PNUD s'est fixé d'accompagner.

Par ailleurs, une bonne gouvernance dans le domaine des TIC au service du développement, illustrée par une politique nationale qui favoriserait une coopération novatrice entre les différents secteurs, ainsi que de solides partenariats entre le secteur public, le secteur privé et la société civile, s'avère aujourd'hui indispensable pour une propagation effective et une utilisation efficiente des TIC en tant qu'instrument à part entière dans la gestion du développement.

C'est dans ce sens qu'ICTDAR a voulu dépasser la rhétorique en généralisant l'accès aux technologies de l'information et la communication dans la région arabe. Grâce à plusieurs projets novateurs et combien ambitieux, ICTDAR s'est situé à l'avant-garde des efforts aspirant à redorer le blason du capital humain pour lui restituer son statut d'agent de changement et d'architecte d'un monde meilleur.

6.2 PRÉSENTATION DU PROJET MYTECC (CLUBS TECHNOLOGIQUES DES JEUNES DE LA MÉDITERRANÉE)

Les Clubs Technologiques des Jeunes de la Méditerranée (MYTecC – *Mediterranean Youth Technology Club*) est une initiative lancée par deux partenaires représentant différents secteurs: ICTDAR, le Programme Régional du PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) pour l'utilisation des TIC dans le Développement de la région Arabe et CISCO Systems, compagnie privée dans l'industrie des réseaux informatiques. Son but ultime est de promouvoir la culture du dialogue chez les jeunes du bassin méditerranéen en sponsorisant deux objectifs stratégiques. Le premier est de cultiver un esprit de tolérance, de solidarité et de compréhension mutuelle chez les jeunes, et le deuxième est de leur donner les compétences et les outils nécessaires pour réduire le fossé numérique et faciliter l'accès à l'information et au savoir.

Durant chaque cycle de 12 mois, les jeunes participants au programme suivent simultanément une formation articulée sur trois composantes, à savoir:

- L'apprentissage de l'anglais
- La composante sociale
- La composante technologique.

Le premier pilier vise non seulement à promouvoir les capacités linguistiques des étudiants et à les préparer à la composante technologique, mais aussi à favoriser une communication effective entre les différents pays. Par ailleurs, l'anglais représente indéniablement un atout considérable pour leur vie professionnelle.

Le second pilier s'intéresse aux valeurs sociales et citoyennes essentielles pour forger des acteurs actifs et responsables. Dans l'esprit de servir la communauté et d'élargir leurs horizons, ces jeunes seront appelés à engager un développement personnel, à se fixer des objectifs et à apprécier les vertus de la diversité.

Le troisième pilier est entièrement dédié à la composante technologique. Au terme d'une formation sur la plateforme de Cisco, les étudiants seront certifiés *It Essentials 1 & 2*, certificats internationalement reconnus par l'Industrie des TIC.

Parallèlement aux trois composantes, un « programme virtuel » est offert aux étudiants sous forme d'une plateforme interactive de débats et d'échange culturels ponctués par diverses activités visant à relier les bénéficiaires des différents pays.

Un comité consultatif constitué des principaux partenaires, ICTDAR et *Cisco Systems*, veille à procurer toute l'assistance et l'encadrement nécessaires au bon déroulement du programme MYTecC. Les partenaires œuvrent également à rencontrer des figures mondialement connues pour promouvoir le projet et lui offrir un plus grand support et une large visibilité.

Le premier cycle de MYTecC comprend neuf pays participants (Chypre, Egypte, Israël, Jordanie, Maroc, Palestine, Portugal, Turquie et Yémen). Au total de 21 classes ont été créées lors de la première année de lancement avec plus de 330 étudiants inscrits.

Pour tous les pays participants, ICTDAR se charge intégralement des opérations incluant salaires, dépenses opérationnelles et achats d'équipements. Toutefois, dans chaque pays, des partenariats locaux ont été développés avec des ONG et des agences gouvernementales pour garantir un support local et procurer l'accès à des classes et des laboratoires multimédias.

Les classes de MYTecC sont bihebdomadaires à raison de 8 heures par semaine, hors horaires scolaires. Un instructeur peut délivrer des cours à une ou deux classes, composées chacune de 20 étudiants. La présence est obligatoire. La certification MYTecC ne sera accordée qu'aux étudiants sérieux et assidus. Ainsi, l'exclusion du programme est envisageable en cas de manquement grave à la discipline et d'absences injustifiées. Les classes se tiennent dans des locaux/Laboratoires multimédias conçus à cet égard.

Les étudiants sont minutieusement sélectionnés selon des critères bien définis par PNUD/ICTDAR. Assurément, la priorité est accordée aux étudiants issus de milieux défavorisés et n'ayant pas toujours l'opportunité de bénéficier de tels programmes éducatifs ou l'occasion de voyager et de communiquer avec des jeunes de pays différents.

6.2.1 LES OBJECTIFS DU PROJET

MYTecC aspire à atteindre ses objectifs et renforcer les capacités des jeunes en:

- Consolidant leurs connaissances quant à l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication.
 - Dispensant des formations et des concepts susceptibles d'en faire des acteurs responsables pour leurs communautés respectives.
 - Développant une approche positive à l'égard d'un dialogue constructif, basé sur la tolérance, le pluralisme et le discernement.
 - Élevant leur degré de conscience face aux potentialités et aux défis de la mondialisation.

Naturellement, l'atteinte de tels objectifs appelle à une stratégie ambitieuse et pragmatique. Dans cette veine, ICTDAR s'est engagé à forger les compétences et à leur fournir tous les éléments et les matériaux nécessaires pour les cristalliser autour de trois objectifs ultimes, à savoir:

- Favoriser l'accès au marché du travail
- Sponsoriser le développement social
- Instaurer une communication effective

6.2.1.1 OBJECTIF 1: FAVORISER L'ACCÈS AU MARCHÉ DU TRAVAIL

C'est la quête d'élargir les horizons professionnels via les potentialités des nouvelles technologies qui nous motive à recruter et mobiliser un corps étudiant pour chaque cycle annuel. En effet, le pivot technologique de MYTecC repose essentiellement sur l'octroi d'une certification du *Cisco Networking Academy Program – It Essentials 1 & 2* – (Fig. 3) cursus spécialisé des connaissances et compétences de bases liés aux réseaux informatiques et à Internet. Ce programme n'améliore

pas uniquement les chances des étudiants de décrocher un emploi de qualité mais les habilite également à prétendre au certificat professionnel A+, internationalement reconnu par l'Industrie des TIC. Ainsi, les employeurs n'auront aucune réticence à valider les compétences et les qualifications des candidats au poste de technicien informatique.

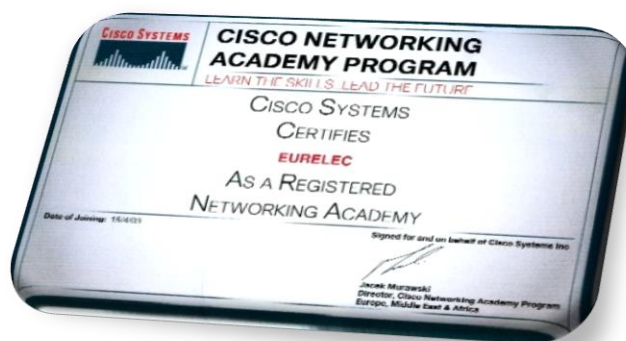


Fig. 3. Certification Cisco délivrée à la fin du programme MYTecC

6.2.1.2 OBJECTIF 2: SPONSORISER LE DÉVELOPPEMENT SOCIAL

Le but majeur de MYTecC est d'abord d'instaurer une culture de coexistence et de favoriser un dialogue prolifique entre des jeunes lucides et socialement responsables. Voilà pourquoi, en plus de la composante technologique, les jeunes sont aussi introduits à une panoplie de valeurs civiques et sociales (recueillies et formulées par des experts en la matière) susceptibles d'en faire des acteurs actifs au sein de leurs communautés, pays et régions. C'est ainsi que les participants sont dûment encouragés à fertiliser un esprit critique et à se fixer des objectifs tout en appréciant, dans un climat de respect et de tolérance, les vertus de la diversité et d'échanges avec autrui.

6.2.1.3 OBJECTIF 3: SPONSORISER UNE COMMUNICATION EFFECTIVE

La plateforme technique de la communauté virtuelle a été minutieusement conçue pour permettre aux étudiants des différents pays participant de pratiquer leur anglais ainsi que les compétences sociales acquises au sein de leurs classes. Etant donné qu'il est assez difficile d'assembler tous les jeunes dans un seul lieu physique en un temps précis – contraintes budgétaires et logistiques trop importantes – la plateforme virtuelle (Fig. 4) se distingue comme une astucieuse alternative. Afin d'accompagner l'avancement du programme, son contenu est régulièrement alimenté centralement comme par les étudiants eux-mêmes.



Fig. 4. Plateforme virtuelle communautaire (accès réservé uniquement aux bénéficiaires du projet)

6.2.2 LES CIRCUITS DE COMMUNICATION

Consciente de l'impact des TIC sur les relations de coopération et de coordination, l'équipe de MYTecC s'est inscrite dans la notion de réduction des contraintes de proximité par l'utilisation d'outils technologiques. Ainsi, au lieu d'opter pour un mode organisationnel pyramidal, le choix s'est naturellement porté sur une configuration plate basée sur la confiance, l'échange et la collaboration.

Ce qui pourrait ressembler à un organigramme hiérarchique (ci-dessous) n'est autre qu'un circuit de communication flexible ou tout un chacun occupe un rôle prépondérant. En effet, MYTecC n'est autre qu'un réseau virtuel dont les nœuds sont réduits au maximum à des entités actives et efficaces; réparties entre plusieurs lieux. Chaque entité est chargée d'un rôle spécifique en cohérence avec l'objectif commun et en étroite collaboration avec les autres collaborateurs.

Les échanges entre eux se font à travers un schéma de communication bien défini. Ainsi, ils arrivent, grâce aux outils appropriés, à communiquer, à traiter des affaires et à échanger des informations à distance. C'est à dire, sans aucune présence physique ou échange matériel. Seule l'information circule dans un environnement caractérisé par la confiance et l'interdépendance.

Clairement, le processus de communication adopté par MYTecC était totalement nouveau mais précurseur de notre contexte actuel, dans le sens où ce n'est plus telle ou telle personne qui est écartée du reste de l'équipe mais c'est tous les acteurs et toute l'activité. Evidemment, ce processus doit beaucoup aux potentialités des TIC qui ont accéléré l'échange des flux d'information, de la communication et des ressources (matérielles et immatérielles). Néanmoins, il importe de signaler que la colonne vertébrale de ce mode de communication repose également sur une notion d'E-leadership ponctuée par la responsabilisation des collaborateurs et la reconnaissance accordée à leurs compétences.

Sans craindre pour leur autorité, le chef du projet ainsi que les partenaires délèguent des tâches importantes et se contentent d'intervenir en cas de besoin et d'assurer l'encadrement des activités. Dans une organisation classique, il est présumé que ce processus serait vite écarté sous prétexte qu'il représente un danger apparent pour les décideurs puisqu'il limite leur champ d'action. Seulement, dans une configuration virtuelle cette nuance de vulnérabilité est plutôt perçue comme une forme de confiance et de reconnaissance envers les collaborateurs et leur apport.

7 CONCLUSION

Le modèle du projet MYTecC conforte clairement que le management à distance impliquant des équipes virtuelles est un vrai château de carte aux reliefs attrayants et à la structure fragile. A ce titre, il importe de retenir que tout est question de dosage et de finesse d'exécution en matière d'e-management. C'est dans cette veine qu'il est soutenu que cette configuration, loin d'être une simple notion impalpable et épisodique, est une réalité dont il convient d'appréhender les outils et les comportements.

Les Technologies de l'Information et de la Communication avec le flux impressionnant de données qu'elles véhiculent sponsorisent une notion chatoyante d'accélération. La rapidité s'impose tant pour la production des services que pour la circulation de l'information. Les grands titres et unes des médias parlent souvent d'une société à deux vitesses: il en va de même pour les entreprises, sachant que celles qui sont lentes sont déjà condamnées à disparaître.

Puisqu'il n'y aura bientôt plus de place pour les entreprises contemplatives, il est impératif aux managers de notre ère d'anticiper cette rupture et placer l'innovation au cœur des préoccupations. Ainsi, il ne s'agit plus de sonder le bon fonctionnement des organisations mais plutôt de projeter les mutations qui risquent de s'opérer. Pour ce, la question « Quoi de neuf ? » doit impérativement substituer celle qui s'interroge encore sur le « Tout va bien ? ».

De nos jours, briguer un bureau en bois massif avec les subordonnés qui vont avec s'avère un scénario chimérique voir nostalgique. La réalité renseigne sur une concurrence de plus en plus accrue. Une concurrence de mentalités et une fusion des cultures qui imposent de nouveaux schémas organisationnels et des approches relationnelles avant-gardistes.

Désormais, pour réussir cette transition et user pleinement des potentialités de l'e-management, il faudra manifester la volonté intrinsèque de passer du pouvoir hiérarchique à l'exercice des compétences et l'examen de la confiance. Il ne s'agit pas d'abattre l'Hydre de Lerne mais lorsqu'il doit s'appliquer à distance, l'art de la mobilisation des équipes virtuelles requiert des qualités personnelles chevaleresques et vigoureuses. Dans un tel écosystème, il est complètement déraisonnable de recourir aux préceptes de la hiérarchie pyramidale. Il convient plutôt de miser sur la complicité et la dimension humaine.

Evidemment, il n'est pas insinué que le management traditionnel va rapidement céder la place au management à distance. Avancer cela c'est comme dire que la pensée managériale écrase complètement sa devancière manageante. Dans les deux cas, les approches se complètent, se consolident mutuellement et génèrent une boîte à outils au service du manager contemporain.

C'est dans cette visée que l'accent a été mis sur les outils et les comportements pour tenter de répondre à la problématique soulevée: « assurer une proximité à distance, est-ce possible ? ». Oui c'est bel et bien possible, à condition de se préparer et d'anticiper cette distance. Une distance proche qui sollicite, à tambours battants, une reconfiguration de l'échiquier managérial par le développement de nouvelles compétences relationnelles et l'utilisation à bon escient des outils technologiques.

En d'autres termes, les e-managers comme les e-leaders ne doivent plus être perçus comme des fournisseurs de solutions ayant réponse à toute question. En revanche, ils doivent se considérer comme des animateurs, de fins techniciens et surtout des paters familias débonnaires et bienveillants envers leurs collaborateurs. Cette attitude ne peut qu'éclairer la voix aux membres de leurs équipes, proches ou éloignées, et entretenir une confiance et un environnement profitables à tous.

REFERENCES

- [1] T. Brytting, « The management of distance in antiquity », *Scandinavian Journal of Management Studies*, N°3, PP.139-155, 1996.
- [2] S. Harris, « Confession-building: long-distance networks and the organization of Jesuit science », *ESM*, N°1, PP.284-318, 1996.
- [3] A. Morel Lhuissier, « Du télétravail au travail mobile », *Collection des Rapports Officiels*, P. 10, 2006.
- [4] Wikipédia, Altair 8800. [Online] Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Altair_8800 (July 7, 1999).
- [5] C. Cohen, En 25 ans, Les PC ont transformés la vie. [Online] Available: <https://www.lapresse.ca/affaires/techno/actualites/200608/11/01-14056-en-25-ans-les-pc-ont-transforme-la-vie.php> (April 7, 2021).
- [6] M. Kalika, « Le Management est mort, vive le e-management », *Revue Française de Gestion*, N°129, juin, juillet, août, 2000.
- [7] C. Handy, « Trust and the virtual corporation », *Harvard Business Review*, Vol.73, N°3, 1995.
- [8] P.R. Gamble et D.A. Gibson, « Executive values and decision making: relationship of culture and information flows » *Journal of Management Studies*, 32,2, pp. 217-240, mars 1999.
- [9] Rapport de Développement Humain, « Mettre les Nouvelles Technologies au Service du Développement Humain », PNUD, New York, 2001.
- [10] Rapport de Développement Humain, « Au-delà des revenus, des moyennes et du temps présent: les inégalités de développement humain au XXIe siècle », PNUD, New York, 2019.
- [11] S.P. Robbins & T.A. Judge, « *Organizational Behavior* », 12ème édition, Pearson, New Jersey, 2007.

Les Equipes Virtuelles: Enjeux et facteurs de réussite

[Virtual Teams: Challenges and success factors]

Khalil Cherki

Education, Management et Responsabilité Sociétale des Organisations, Faculté des Sciences de l'Education,
Université Mohammed V, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: The drastic changes brought by the globalization of the economy and the dissolution of borders has considerably favored the emergence of remote management. In a fluctuating environment, the effectiveness of this new form of organization remains tightly linked to the ability of leaders to adapt their skills and consider the prerequisite of their virtual environment.

Thus, it is mandatory for modern managers to wear new behavioral glasses that they can federate, remotely, the ardor of their colleagues and at the same time to break with old hierarchical practices and bureaucratic recipes. More than ever, e-managers must develop a highly team awareness, continually identify tools and techniques and be responsive to whatever kind of limits to foster confidence and build a winning virtual team.

KEYWORDS: Remote Management, trust management, ICT, Telecommuting, E-leadership.

RESUME: Le changement induit par la globalisation de l'économie et la dissolution des frontières a considérablement favorisé l'émergence du management à distance. Dans un environnement fluctuant, l'efficacité de cette nouvelle forme d'organisation reste tributaire de la capacité des meneurs à s'adapter aux exigences et aux contraintes de leur environnement virtuel.

Ainsi, les managers modernes sont contraints de porter de nouvelles paires de lunettes comportementales pour pouvoir fédérer, à distance, l'ardeur des collaborateurs et par la même occasion rompre avec les vieilles pratiques hiérarchiques et recettes bureaucratiques. Plus que jamais, les managers à distance doivent développer une conscience de groupe, cerner les outils et les techniques et prendre connaissance des limites en œuvre pour fertiliser la confiance et fonder une équipe virtuelle gagnante.

MOTS-CLEFS: Management à distance, Management par la confiance, TIC, Télétravail, E-leadership.

1 INTRODUCTION

Il est communément admis que les équipes virtuelles représentent une nouvelle forme organisationnelle qui a émergé avec les TIC, notamment avec l'utilisation d'Internet. La doxa conforte également que la particularité des équipes virtuelles réside dans l'acquittement à distance de leurs tâches et la capacité de rassembler – a priori – de façon efficace des ressources et des compétences diverses (les meilleurs spécialistes dans chaque domaine), sans se déplacer.

En outre, elles peuvent réaliser un gain de temps important, puisque les 24 heures d'une journée peuvent être utilisées pleinement. Par exemple, le manager marocain qui a travaillé huit heures peut ensuite transmettre son travail à son collègue au Japon qui, lui, y consacrera également huit heures et transmettra le dossier au collègue espagnol.

Néanmoins, le problème majeur réside dans les éventuels malentendus au niveau de la communication (pas de vrai dialogue, peu d'échanges directs, contextes d'interprétation équivoques, etc.). Ainsi, souvent le manque de coordination de ces équipes réduit parfois tous les gains escomptés.

Pour ce, il est impératif de tisser le nouveau profil imposé aux managers en charge de ces équipes particulières. Il importe également de revisiter les fondements des équipes traditionnelles pour comprendre le fonctionnement de leur réplique moderne. Cela prescrit inéluctablement de déceler les facteurs d'efficacité et détecter les freins de son développement afin d'assurer une compréhension mutuelle et une bonne connaissance de ce composite humain.

2 LE NOUVEAU PROFIL DU 'E-MANAGER'

Le manager est par définition celui qui génère le mouvement, un acteur réactif et une source d'initiatives motrices. En effet, le manager a pour mission délicate de mobiliser le système dont il a la charge et de s'attaquer aux problèmes qui risquent de le mettre en péril. L'histoire, riche de sens, guide le manager dans son combat avec son quotidien mais le futur, incertain et aléatoire, le pousse constamment à se surpasser et à se détacher de sa nostalgie contemplative.

À la question « quelles sont les compétences que doit posséder un manager à distance ? » on pourrait lister d'innombrables qualités, certes pragmatiques et tangibles pour la plupart, mais susceptibles de tisser l'image d'un être surnaturel. En effet, dans le contexte actuel, le bon manager se doit de composer non seulement avec les attentes de ses collaborateurs mais aussi avec son environnement virtuel et les caractéristiques des organisations plates. Autant d'éléments qui le poussent à se surpasser en mobilisant toute son énergie, ses valeurs humaines et ses gisements de matière grise.

À l'ère de *l'hoteling* (bureau hôtel), qu'il plaisait à Davenport et Pearlson [1] d'en rappeler l'usage par les entreprises depuis des décennies, la proximité des managers avec leurs collaborateurs a été complètement redéfinie. La distance amplifie les effets d'un nombre de facteurs relativement insignifiants lors du management d'équipes sur un même lieu de travail. Les modèles habituels, qui permettent aux managers de définir des priorités et de concentrer leurs efforts, doivent être adaptés pour minimiser l'impact de ces facteurs sur les efforts humains.

L'expérience montre qu'il existe des actions clés pouvant faire la différence entre succès et échec quand les membres d'équipes sont physiquement séparés. Ces actions sont un investissement, et tous les investissements doivent être justifiés. L'étape de planification des projets virtuels ou à distance doit prendre en compte les nombreux facteurs de risques pouvant affecter la livraison du projet (décalage horaire, perspectives culturelles, conflits interpersonnels et erreurs de communication). Cette approche permet aux managers à distance d'être plus fiables et réalistes dans la planification et l'exécution des projets.

Reconnaître qu'il existe un problème et trouver ensuite la meilleure réponse à la situation est une compétence essentielle. Anticiper le problème est une approche encore plus efficace qui nécessite un état d'esprit différent du modèle courant de management. Le facteur commun à tous ces éléments est la qualité de réflexion qu'un manager efficace peut apporter suivant la situation.

Dans les équipes virtuelles un équilibre est à trouver par le manager lui-même entre les processus de travail, l'utilisation de la technologie et les relations entre individus. Si le travail virtuel présuppose un transfert des responsabilités vers les collaborateurs, il exige tout de même que les managers renforcent leur rôle de contrôle [2].

En effet, les risques qui menacent communément les équipes traditionnelles, tels que la méfiance, les clans, les managers désinformés, les développements intéressants mais non liés au projet, de même que le faible engagement des collaborateurs, la surcharge et l'ambiguïté des rôles, ainsi que l'absentéisme peuvent être encore plus prononcés dans le cas des équipes virtuelles.

Du fait de leur situation particulière, les managers virtuels doivent avoir des compétences techniques – notamment dans la résolution de problèmes et l'apprentissage des outils technologiques – supérieures à celle de leurs collègues qui travaillent physiquement dans l'organisation. En outre, ils doivent être adaptables, techniquement indépendants, orientés résultats, et surtout avoir des compétences de communication qui puissent permettre d'échanger des idées sans être critiques et d'émettre des messages compréhensibles par tous, y compris par celles ou ceux dont la langue de communication, le plus souvent l'anglais, n'est pas la langue maternelle [2].

La définition des attentes et des règles doit recevoir une attention plus grande de la part des managers à distance, car ils n'auront pas d'occasions de renforcer leur message au cours de rencontres en face à face. Les e-managers doivent promouvoir la motivation et la cohésion de l'équipe, travailler à l'établissement de relations de confiance entre ceux-ci, promouvoir une vision commune, assurer la formalisation et la communication de nombreux aspects du travail, ainsi que l'entretien de l'équipe et sa productivité [3]. Barney & Hansen (1994) réconfortent cette idée en présentant la confiance comme « une croyance

mutuelle qu'aucune partie dans l'échange ne profitera des faiblesse de l'autre » [4]. Le rôle de l'e-leader dans la gestion de la confiance est alors mis en relief puisque plusieurs études ont montré que les équipes ayant un leader arrivent à développer un niveau de confiance plus élevé que les équipes autodirigées [5].

En dehors du rôle critique des compétences non techniques, ces managers de la nouvelle ère doivent comprendre les caractéristiques uniques de la communication électronique, d'utiliser à bon escient les différentes technologies et de remplacer un moyen de communication par un autre en cas de problème.

2.1 COMPÉTENCES CLÉS DU 'E-MANAGER'

Il ne serait en aucun cas dérisoire de rappeler que le management repose sur plusieurs disciplines comme la psychologie, la sociologie, les mathématiques, l'économie et même l'ethnographie (l'étude descriptive et analytique des populations). Pour les meneurs d'hommes, l'alliance de toutes ces branches scientifiques est à la fois un défi et un trophée. Les managers deviennent donc des artistes appelés à développer des compétences transversales et secréter une énergie neuronale considérable. Plus que de simples méthodes et de techniques, le management s'articule d'abord sur l'action des managers et leur capacité à relancer l'ardeur des hommes.

Ainsi, pour dégager un profil type de l'e-manager modèle, plusieurs attitudes techniques et comportementales deviennent indispensables. A ce titre, il est possible d'énumérer quelques compétences faisant l'unanimité, toutes organisations virtuelles confondues, à savoir:

- **Le manager-coach**

Le bon e-manager doit entamer le passage de celui qui sait seulement comment faire les choses à celui qui sait également ce qu'il faut faire. En d'autres termes, il ne suffit plus d'être un manager mais il faut aussi jouer le rôle d'un coach afin d'assister les collaborateurs à atteindre les objectifs tout en les aidant à libérer leur potentiel. Le manager coach est donc un leader nuancé qui prend des initiatives et rassemble les bonnes volontés au sein des équipes. Il sait déléguer des tâches importantes à ses collaborateurs sans craindre pour son pouvoir. Il peut rester à l'ombre quand rien ne l'invite aux devants de la scène et s'exposer pour intervenir et faire face à toutes les contraintes.

- **La capacité d'écoute et de dialogue**

Pour gagner l'estime et le respect de ses collaborateurs, il importe au e-manager de savoir écouter et palper les attentes, d'organiser autant de réunions virtuelles que nécessaires et de planifier également, principalement en cas d'urgence, des rencontres pour réunir l'ensemble de l'équipe dans le même espace physique et pallier au sentiment d'isolement. Toutefois, il convient de préciser qu'il ne suffit pas uniquement de tendre l'oreille mais surtout de récolter les opinions et générer un feedback effectif, clair et précis.

- **Le sens de la communication écrite et des relations interculturelles à distance**

Dans un contexte technologique régit par les TIC, il est vitale pour le manager à distance de maîtriser la communication écrite et de choisir le support approprié à ses collaborateurs. Cette nécessité est largement justifiée par le poids que peut avoir un message contenant des directives écrites s'il reste ouvert à diverses interprétations.

La diversité culturelle est un aspect qu'il faudrait également considérer. Le e-manager est fortement sollicité à se munir d'une compétence interculturelle capable de favoriser son intégration dans un environnement fluctuant et peu palpable. L'acquisition de cette compétence l'habilitera à épouser plus facilement les contours de différents moules culturels pour combiner des qualités comportementales, cognitives et affectives en quête d'une interaction effective.

- **La reconnaissance**

Le manager à distance doit mettre en avant les efforts et les réalisations de son équipe au lieu d'insister sur les échecs et les erreurs. Les emails peuvent aussi servir à véhiculer des messages motivants en parallèle aux directives. Les retombées d'un tel geste, aussi insignifiant paraît-il, peuvent doper la motivation des équipiers et renforcer leur sentiment d'appartenance. Ainsi, les erreurs pourront servir de méthode d'apprentissage pour les collaborateurs et comme une orientation axée sur l'excellence en prévenant que les mêmes erreurs ne se reproduisent.

- **L'exemplarité**

Le bon manager doit donner l'exemple et assumer ses responsabilités pour gagner sa crédibilité auprès de son équipe. En effet, l'exemplarité renferme une notion de respect qui veut que le manager soit le premier à respecter et à s'aligner aux règles et normes en adoptant une conduite et un état d'être modèle.

- **L'anticipation**

Pour répondre à l'instabilité dans un contexte de plus en plus mondialisé, le manager moderne est appelé à se projeter dans l'avenir et anticiper des décisions susceptibles d'assurer la pérennité de son organisation et faire face aux défis concurrentiels. Il doit être prédisposé à abandonner la pensée purement opérationnelle au profit d'une pensée évolutive et anticipatrice. Valoriser le potentiel humain par la détection précoce de l'évolution des métiers et l'anticipation des compétences à maîtriser pour demain reste le moyen le plus réfléchi pour pré-visualiser et assurer un futur prometteur à toutes organisations.

- **Le courage**

Le courage d'un manager réside dans sa disposition à assumer ses responsabilités, à prendre des initiatives, à faire face aux autres et s'engager à contre-courant de l'opinion dominante. Il convient aussi de souligner qu'être courageux ne signifie pas de prendre des risques inconsciemment. Bien au contraire, un manager courageux et celui qui domine ses peurs et qui arrive à les surpasser pour décider dans l'incertitude et le danger.

- **L'autonomie**

Il serait fatal pour un manager à distance de confondre autonomie et indépendance. Manager et managé sont dans un bateau. L'un d'eux tombe à l'eau. Que reste-t-il ? Rien...l'entreprise a tout perdu [6]. L'organisation bâtie sur les relations hiérarchiques cède progressivement la place à une organisation fondée sur la complémentarité des Hommes et la mise en commun des compétences. Le manager moderne a donc le devoir de puiser ses décisions de l'action concertée de son équipe et faire valoir le rôle de chacun.

- **L'intuition**

Aujourd'hui, le bon manager est un visionnaire qui sait concilier les techniques et les recettes de la pensée managante à une pensée décompensée de logiques rationnelles. Il doit être conscient de l'importance d'une appréciation subjective dans le fondement d'un bon jugement. Cette approche est la seule capable d'éclairer son apport et le doter d'un champ d'action et de réflexion plus important. Dans cette veine, la touche personnelle reste une pièce maîtresse et le catalyseur pour prendre des décisions en se fiant à ses convictions et à son intuition.

- **Le pragmatisme**

Le manager dans ses réflexions constantes doit garder, même dans un contexte virtuel, les pieds sur terre et établir un juste milieu entre les projections futuristes et les exigences réelles des organisations. Dans cette perspective, Le manager est dans l'obligation d'user de bon sens et de décisions étudiées et fondées pour garantir le bon déroulement de son quotidien et faire face aux défis qu'exhibe son entourage. Ainsi, les tâches réparties et leur planification doivent être réalistes et réalisables.

- **L'autorité**

Un bon manager doit sponsoriser la souplesse mais doit parfois se montrer autoritaire pour trancher sur un problème sans pour autant chercher à s'imposer arbitrairement. Sous une autre formulation, l'autorité est une carte qu'il convient de garder au fond de sa poche mais jamais s'en séparer.

- **La capacité à encadrer une équipe virtuelle**

À travers les âges, la conscience collective n'a cessé de gagner de l'importance et de susciter l'intérêt de tous. Aujourd'hui, on ne parle plus de groupes mais d'un système plus élaboré qui n'est autre que l'équipe. Cette unité réalisée à partir de la diversité éclaire des intentions particulières visant à faire de l'idéal commun le prolongement des aspirations individuelles pour

concilier les attentes légitimes des acteurs et les exigences croissantes des organisations. Encadrer des forces aussi puissantes que celles qui émanent des groupes humains, assurément mobilisés, requiert une bonne compétence managériale. Le statut virtuel amplifie ce challenge et pousse le e-manager à formuler des techniques astucieuses et à nourrir le rapport affectif pour empêcher que ces énergies restent inemployées, ou pire de fonctionner à contre sens.

3 LES FONDEMENTS D'UNE ÉQUIPE VIRTUELLE GAGNANTE

En renforcement aux contours du concept de l'équipe virtuelle, il est toujours vénial de revisiter la notion commune de l'équipe. Ainsi, ce composite humain se définit généralement comme: « un groupe d'individus, organisés ensemble, conduits par un leader et œuvrant à l'intérieur d'un contexte, pour un même objectif » [7]. Cette formulation met la lumière sur quatre composants internes:

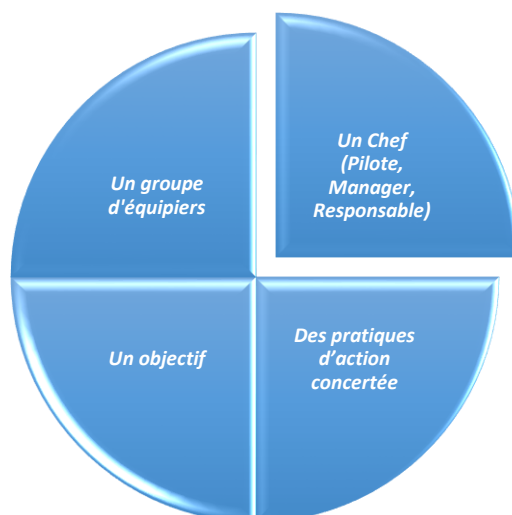


Fig. 1. Les quatre composantes qui confèrent à un groupe le statut d'équipe

En effet, l'équipe repose sur une alchimie subtile de deux logiques, l'une rationnelle, l'autre sensitive et affinitaire. La tâche confiée à une équipe est souvent difficile et relève parfois de l'impossible. Dans ce sens, on comprend mieux « l'origine du mot équipe qui appartient initialement au domaine maritime (du germanique « skip », bateau). Avant d'être connoté par le sport, équipage et équipe sont issus du « voyage et de la lutte d'un groupe d'hommes contre les aléas naturels » [7].

Dans la même perspective, les équipes virtuelles ne manquent pas de challenges. Elles ont pour mission paradoxale de résister aux fluctuations de leur environnement tout en s'accommodant à ce même changement. Le dicton qui stipule que « tout bois ne peut faire bonnes flèches. Mais tout bois tordu peut faire feu droit » s'applique parfaitement à ce gisement synergétique. Les relations psycho-sociales très étroites et l'équilibre affectif et fonctionnel lui acquièrent un degré d'engagement et de sur-motivation devant lesquels on reste admiratif. L'idéal commun remplace les aspirations individuelles, tandis que les réalisations collectives favorisent l'épanouissement des individus.

D'après Hart et McLeod (2003), « on appelle équipes virtuelle les équipes géographiquement dispersées. On les considère comme virtuelles quand leurs membres se rencontrent face à face moins d'une fois par mois, et utilisent les technologies de communication comme médium central pour la conduite de réunion de groupe » [8]. A l'instar de son leader, les équipes virtuelles doivent donc, au risque de périr dans le dandinement de leur environnement, faire preuve de robustesse et de flexibilité en optimisant l'utilisation des outils technologique et le déploiement de leurs potentiels.

Les organisations modernes ont compris qu'une bonne cohésion des équipes constitue non seulement la garantie d'un meilleur rendement mais aussi l'essentiel de tout développement. Encore faut-il prendre conscience des besoins d'une équipe pour en faire une configuration gagnante, favoriser son épanouissement et canaliser ses forces internes.

Pour ce, il est vital d'assurer la présence de certains éléments dont les principaux sont:

- **Un objectif commun**

L'équipe en général est une configuration à la fois humaine et opérationnelle forgée pour s'attaquer à des objectifs de grandes dimensions et achever des résultats impressionnants. Pour l'habiller à concrétiser sa mission il est primordial de définir au préalable un objectif précis et pertinent. C'est principalement au leader de l'équipe d'orienter ses collaborateurs et leur faire partager cet objectif pour éviter toute atomisation ou perte d'énergie.

- **Le respect des différences individuelles**

L'équipe est un système humain qu'on ne peut comparer à un modèle mécanique. La force et la richesse de ses éléments émane d'abord de leur diversité. Cela implique que pour utiliser ces énergies et les diriger vers un objectif commun il faut apprécier les différences et faire en sorte que chaque élément se retrouve dans son équipe et se sente reconnu pour son apport. C'est ainsi que les aspirations légitimes de chacun deviennent identiques et s'harmonisent avec l'idéal commun.

- **Des contacts dynamiques et constants**

L'équipe est un flux dynamique qu'il convient d'entretenir pour atteindre la sur-motivation et l'orienter vers les objectifs escomptés. La 'présence' à distance est une exigence. L'appartenance collective s'actualise par une restructuration souple mais permanente qui façonne la complémentarité des éléments et renforce leur disposition à jouer des rôles différents selon les situations. Des contacts dynamique via les outils technologique sont tout aussi capitaux pour mobiliser les énergies, maintenir un degré d'excitation élevé et nourrir le goût de vaincre. Aussi, le registre du management à distance doit impérativement comprendre des visites sur le terrain et des rencontres en face-à-face avec les collaborateurs.

- **Un bon manager**

L'équipe virtuelle est un système humain complexe, un oxymore homogène et dispersé, dont il faut connaître les ressorts de mobilisation pour l'appréhender et en tirer profit. Le manager reste l'homme clé, son rôle dans l'équipe nécessite des compétences très développées pour gérer l'interdépendance, canaliser les forces et les articuler entre elles.

Un bon manager serait un être d'énergie capable d'user, avec beaucoup de tact, de sa technique managériale pour renverser les situations, contrecarrer les résistances et favoriser le développement d'autres pouvoirs internes sans craindre pour son autorité. Un meneur d'équipe performant constitue une des plus importantes sources de rentabilité pour l'organisation. Sa présence est plus que nécessaire pour piloter les flux dynamiques et empêcher qu'ils fonctionnent à contre sens.

4 LES FACTEURS D'EFFICACITÉ DE L'ÉQUIPE VIRTUELLE

Après avoir parcouru les fondements de bases d'une équipe virtuelles, il importe de souligner trois facteurs d'efficacité à observer avant et après la constitution d'une équipe virtuelle, à savoir:

4.1 LA SÉLECTION DES MEMBRES

La formation d'une équipe virtuelle gagnante est une opération délicate qui requiert des compétences managériales particulières. En effet, la sélection des membres nécessite un don distinctif pour savoir choisir des personnes techniquement compétentes et culturellement ouvertes. Des personnes prêtes à adhérer et s'impliquer dans le projet, des personnes responsables qui sauront assumer leur place et les retombées de leurs décisions pour mener leur mission à terme.

Par ailleurs, la maîtrise de l'anglais est souvent une nécessité plus qu'un atout. Composer une équipe réclame aussi beaucoup d'application pour prévenir les conflits et purger les morosités.

4.2 L'ENCADREMENT DES ACTIVITÉS

L'équipe possède une capacité mobilisatrice qu'il convient d'encadrer pour pérenniser les effets dynamiques. Encore une fois, la 'présence à distance du manager' se déclare comme la clef de voûte d'une équipe virtuelle efficiente. Dans ce sens, il est essentiel de maintenir le contact avec la réalité externe de l'organisation et la réalité interne de l'équipe afin de garder une vision claire des attentes des collaborateurs et des exigences organisationnelles. Cela engage l'obligation d'amorcer la

discussion et de stimuler le processus collectif du dialogue pour favoriser l'appartenance à l'entité et profiter du plaisir de l'unité.

L'encadrement des activités renvoie également à une organisation sans faille. Le manager virtuel doit toujours envisager de redéfinir les missions de ses collaborateurs. Il doit également formuler une charte de fonctionnement et clarifier les règles ainsi que la stratégie à suivre pour l'atteinte des objectifs.

Le *reporting* (Rapports et comptes rendus fournies par les collaborateurs) est un autre point des plus cruciaux. Il est impérative de coordonner les tâches de l'équipe virtuelle et d'assurer son suivie en établissant les modalités et la fréquence du *reporting*.

Parallèlement, la gestion de l'information doit observer un tracé bien défini. Hormis le choix des modes de communication (email, vidéoconférence, Intranet...) la fréquence des contacts doit être parfaitement planifiée pour garantir un suivi renouvelé et un feedback porteur de sens. Il va sans dire que l'encadrement des activités passe aussi par une utilisation à bon escient des technologies de l'information et de la communication pour éviter leur double tranchant et profiter pleinement de leurs potentialités.

4.3 LE MAINTIEN DE LA SOLIDARITÉ

Une équipe solidaire est une équipe qui gagne. Cette réalité se confirme dans presque tous les mouvements collectifs dont les membres se pensent comme des acteurs d'un ensemble. Dans cette optique, la portée individuelle se dissout dans une atmosphère de coexistence et de satisfaction issues d'actions contributives.

Pour ce, il est essentiel de développer la solidarité en répartissant un travail d'équipe formateur sur les différents facteurs de cohésion. Profiter du rassemblement de ses collaborateurs dans un seul espace physique pour mener des activités de team building est une alternative tout aussi porteuse.

Subséquentement, encourager son coéquipier devient alors un moyen de développement personnel et une recette motivationnelle qui gagne l'ensemble des collaborateurs et entretient un tonus élevé chez tous.

5 LES FREINS DES ÉQUIPES VIRTUELLES ET POINTS DE VIGILANCE

Aucune équipe, qu'elle soit traditionnelle ou virtuelle, n'est à l'abri des forces disruptives qui sèment l'usure mentale, disloquent les liens affectifs et emboîtent les actions collectives. Une période difficile pourrait réduire la solidarité et favoriser les rivalités au sein de l'équipe. Il faut alors prévenir et contourner tout obstacle susceptible de menacer la conscience collective et conduire à la perte des repères, ou pire, à l'échec des résultats convoités [9].

Ces obstacles sont multiples mais peuvent être écartés. Encore faut-il en prendre connaissance et les identifier pour y faire face et consolider l'esprit d'une équipe virtuelle déjà assez vulnérable de par son éloignement géographique. Justement, tous les freins relevés sont de près ou de loin liés à l'atomisation géographique. A ce titre, les points de vigilance les plus cruciaux sont:

- **La perte de l'objectif commun**

L'esprit d'équipe ne parvient pas à s'installer ou se dissout suite à la dispersion géographique de ses membres. L'objectif commun est perdu de vue, la communication ne s'effectue plus qu'au sein d'un sous-groupe ou encore les logiques purement individuelles prennent le dessus.

A ce stade, il est primordial de renforcer le sentiment de proximité et de booster les échanges pour pallier à la distance géographique. Dans les cas les plus extrêmes et sur recommandation du manager à distance, l'entreprise devra débloquent des fonds pour réunir les coéquipiers dans un endroit physique et stimuler à la fois leur dynamique et leur sentiment d'appartenance.

- **Manque d'efficacité collective**

La diversité culturelle et professionnelle entre les membres de l'équipe engendre beaucoup d'incompréhensions. Parfois, le manager ne parvient plus à dégager un accord sur un socle minimal de méthodes de travail communes, permettant d'appréhender et de traiter efficacement les problèmes. Le groupe s'enlise dans des débats sans fin, générateurs de perte de temps et facteurs de découragement.

Souvent, ceci est un signal que le manager averti doit capter et proprement interpréter pour revoir sa gestion de l'information et redéfinir les missions des collaborateurs. Une restructuration de l'échiquier s'impose pour une bonne répartition des tâches, un meilleur emplacement des coéquipiers et une clarification de l'objectif à atteindre.

- **Perte en qualité de rendement**

La distance et le décalage horaire entraînent un délai prohibitif entre le moment où le problème est identifié, communiqué aux différents interlocuteurs, analysé puis décidé collectivement. L'équipe perd en crédibilité vis-à-vis de sa hiérarchie, de ses partenaires et de ses clients.

Cette situation indique une carence en anticipation. Une équipe virtuelle performante est contrainte de considérer toutes les variables, y compris celle du décalage horaire et du traitement de l'information. Sa réussite est tributaire de son degré de projection et d'anticipation des besoins afin de générer son output dans les meilleurs délais et conserver son avantage concurrentiel.

- **Démotivation individuelle**

Faute d'interactions régulières, le sentiment d'isolement et de marginalisation gagne certains membres de l'équipe. Faute de stimulants collectifs, les individus puisent en eux l'énergie et la motivation qui finissent par s'essouffler au fil du temps.

En réaction à cette situation, le manager en charge de l'équipe virtuel devra investiguer sur le degré de motivation de ses collaborateurs, sur leur niveau d'implication et également sur leurs rapports.

Il ne faudrait pas écarter l'éventualité d'un conflit entre collègues. Dans une équipe, des rapports de force se pratiquent au quotidien et résultent en l'exclusion d'un ou de quelques membres de l'équipe. Ces attitudes ne tardent jamais à nuire à la cohésion et la solidarité de l'ensemble de l'organisation [10].

A ce stade, il convient de déceler les symptômes et analyser les raisons des tensions pour appréhender le problème et éviter le clivage de l'équipe et l'éclosion de sous-groupes.

- **La dissimulation des objectifs**

La dissimulation des objectifs est un phénomène qui touche toutes les configurations d'équipes qu'elles soient traditionnelles ou virtuelles. Les organisations où les objectifs et les stratégies ne sont pas expliqués et sont délibérément dissimulés aux collaborateurs représentent un terrain fertile pour les tensions et les conflits. Par conséquent, l'esprit de compétition écrase celui de la collaboration et conduit à l'atomisation de l'équipe et à une perte considérable du potentiel humain.

6 CONCLUSION

Les organisations avisées comptent, aujourd'hui plus que jamais, sur la compétence collective de leurs équipes virtuelles. L'enjeu étant de réaliser au mieux leurs missions délocalisées et s'attaquer à des objectifs de grandes envergures, cette configuration organisationnelle se démocratise de plus en plus et devient synonyme d'un édifice dynamique très élaboré. Un système humain défiant l'éclatement géographique, qu'il convient d'entretenir à travers une présence digitale assidue pour maintenir son hyper réactivité tendue et garder le cap sur un objectif commun.

Face à cet enjeu, le défi majeur de l'e-manager est de créer un environnement qui favorise la complémentarité, la réflexion autonome et les possibilités de contribution aux objectifs partagés. Le manager moderne ne doit plus être perçu comme un fournisseur de solutions ayant réponse à toute question. En revanche, il doit se considérer comme un animateur qui déploie la voie aux membres de son équipe 3.0 pour les habiller à concrétiser les objectifs escomptés et entretenir un environnement profitable à tous.

Néanmoins, manager à distance ne devrait jamais inciter à faire l'économie des opportunités de visites et de rencontres présentiels. En effet, il reste vital de privilégier périodiquement des déplacements et de réunir les collaborateurs afin de booster leur motivation et les préparer à replonger dans le contexte virtuel. C'est là une manière d'apporter un peu de chaleur humaine et une démarche astucieuse pour radier toute éventuelle inquiétude ou sentiment d'isolement.

La combinaison hybride, proportionnelle à chaque cas de figure, demeure donc cruciale en matière de management d'équipe virtuelle. Il s'en suivra une cohésion naturelle en symbiose, d'abord, avec les spécificités de notre contexte, hélas

caractérisé dans sa dimension sanitaire pas la nécessité de distanciation physique. Les attentes des collaborateurs en termes d'intérêt et d'encadrement seront également comblées. Cette imbrication conduira in fine à garantir sans cesse le gage d'une poursuite effective des objectifs stratégiques des Organisations. Au centre, l'e-manager demeure clairement la clef de voûte pour instaurer un dosage de chimiste et garder un œil bienveillant, digital soit-il, sur ses proches bien que lointains collaborateurs.

REFERENCES

- [1] T.H. Davenport, K. Pearlson, « Two cheers for the virtual office », Sloan Management Review, PP.51-65, 1998.
- [2] F. Wayne Casio, « Managing a virtual workplace », Academy of Management Executive », Août 2000, Vol 14, N° 3, P.P 81-83, 2000.
- [3] F. Bidault, « Comprendre la confiance: la nécessité d'une nouvelle problématique », Economies et Sociétés, 1998.
- [4] J. B. Barney et M. H. Hansen, « Trustworthiness as a source of competitive advantage », Strategic Management Journal, 15: 175-190, 1994.
- [5] S.L. Jarvenpaa, K. Knoll et D.E. Leidner, « Is there anybody out there ? Antecedents of trust in global virtual teams », Journal of Management Information Systems, (14, 4), PP. 29-64, 1998.
- [6] V. D. Bulke et I. Monème, « Le management relationnel: manager et managé sont dans un bateau », Edition Dunod, Paris, 2003.
- [7] O. Devillard, « La Dynamique des Equipes », éditions d'organisations, Paris, 2001.
- [8] R. K. Hart et P. L. McLeod (2003), « Advances in Interdisciplinary Studies of Work Teams », Elsevier, pp. 352-353, 2003.
- [9] M. Daassi, M. Favier, « Developing a Measure of Collective Awareness in Virtual Teams », International Journal of Business Information Systems, Vol. 2, N°4, 2007.
- [10] H. Barki et DM. Saunders, « Conflits et gestion de conflits dans l'implantation de systèmes informatisés », TIS, Vol3, N°1, 1990.

Optimal reducing of harmonics in output voltage of multilevel single phase and three phase inverters

Arzika Makaou Ali and Mamane Souleye Ibrahim

Department of mathematics and computer Science, Abdou Moumouni University, Niamey, Niger

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

ABSTRACT: In this paper, we are interested to reduce harmonics odd H_k , with $k > 1$, of the signal in output voltage of five levels single phase and three phase cascade multilevel inverters. This consists to determine optimal switching angles that reduce certain harmonics to zero. As it is usually done, we first mathematically formulate the problem as an algebraic system of equations. After, we transform the problem as an unconstrained optimization problem. Indeed, we optimize the nonlinear functions say F_m and F_t , such that by applying the first order necessary optimality condition, we obtain solutions of the previously considered algebraic system of equations. To solve the problem, we apply conjugate gradient algorithm with both Armijo and Wolfe type line search. With respect to different values of the modulation index, we find optimal angles that eliminate odd harmonics H_k with rank $k = 2n \pm 1, 1 \leq n \leq 5$ for single phase inverters and harmonics H_k with rank $k = 6n \pm 1, 1 \leq n \leq 3$ for three-phase inverters.

KEYWORDS: Inverters, Harmonics, Optimization, Conjugate gradient, line search method.

1 INTRODUCTION

The output voltage issued from an inverter supplied by a battery or an output of a controlled rectifier contains several harmonics. In view to reduce such harmonics several solutions have been proposed. One of these solutions consists to increase the number of inverter levels. This contributes to improve significantly the output voltage signal. Note that the output signal can be square wave, quasi square wave or nearly sinusoidal wave. We distinguish single phase and three phase inverters. Single-phase inverters convert a direct voltage into a single-phase alternating voltage. These types of inverters are widely used in back-up equipment in computer networks. They make it possible to ensure the continuity of the power supply in the event of an outage on the network, and to filter any faults in the network voltage (interference or overvoltage). They are also found in solar panels, refrigerators, televisions and other household appliances. These inverters deliver a voltage with a fixed frequency. Three-phase inverters convert a direct voltage into three phase alternating voltages. These types of inverters are widely used in power plants, in industry for the speed variation of three phase machines. An inverter is said multilevel when it generates a cut-out voltage composed of at least three levels (shown in Fig.1). The traditional two or three levels inverter does not completely eliminate the unwanted harmonics in the output waveform. When the number of levels increases, the Total Harmonic Distortion (THD) decreases significantly [2].

In literature, many research studies has been conducted on the subject that consists to improve inverters output voltage signal. In [3] to improve inverters output voltage signal, authors resort to the selective harmonic eliminated pulse width modulation technique (SHE PWM) for the control of single- phase and three-phase full bridge three-level inverters. They explain the resolution method procedure of the nonlinear equation

systems in order to achieve the appropriate switching angles. To solve nonlinear equation systems, they apply Newton Raphson algorithm devised to solve unconstrained optimization problems. The method of obtaining the best starting point for Newton algorithm is also described. Note that such a problem is to a difficult task.

In [4] authors present an adapted carrier-based PWM modulation technique applied on both Neutral Point-Clamped (NPC) and Flying Capacitor (FC) structures of multilevel inverters.

The proposed modulation leads to an improved performance on the output voltage Total Harmonics Distortion (THD). It also reduces the total loss dissipation across the semiconductor devices compared to other conventional carrier-based PWM modulation techniques, such as Phase-Shifted PWM (PSPWM) and Level-Shifted PWM (LSPWM). In order to demonstrate the effectiveness of the proposed technique, they developed a three-phase, three-level, 6kW prototype for both NPC and FC topologies.

Chinnathambi and Kaliaperumal (2010) (see [5]) present a power loss minimization technique for a cascaded multilevel inverter using hybrid carrier based space vector modulation (SVM). They combine the features of carrier based space vector modulation and the fundamental frequency modulation strategy. The main characteristic of this modulation is the reduction of switching loss and energy efficiency improvements with better harmonic performance. In [6] authors deal with the removal of few lower order harmonics that are presented in the output of multilevel inverters output voltage to produce better quality output. The removal of lower order harmonics minimizes the Total Harmonic Distortion (TDH) and hence the quality of the output waveform will be increased. The optimum switching angles are obtained by genetic algorithm concept to eliminate few lower order harmonics.

To reduce harmonics of the output voltage signal, Daniel Depernet (1995) consider the three levels inverter. From Fourier signal series expansion, the author formulates the problem that consists to reduce harmonics to an algebraic system of equations. After, Daniel Depernet (1995) (see [1]) reformulates the problem as an unconstrained optimization problem. For solving, he applies conjugate gradient algorithm. The purpose of this paper is to reduce harmonics H_k , with $k > 1$, of the signal in output voltage of five levels single phase and three phase inverters. This consists to determine optimal commutation angles that reduce harmonics to zero. As it is usually done, we first mathematically formulate the problem as an algebraic system of equations. After, we transform the problem as an unconstrained optimization problem. Indeed, we optimize no linear functions as F_m and F_t , such that by applying the first order necessary optimality conditions, we obtain solutions of the previously considered algebraic systems of equations. To solve the problems as in [1], for five levels inverters, we apply gradient conjugate algorithm with both Armijo and Wolfe type line search. With respect to different values of the modulation index, we find optimal angles that eliminate odd harmonics H_k with rank $k = 2n \pm 1$, $1 \leq n \leq 5$ for single phase inverters and harmonics H_k with rank $k = 6n \pm 1$, $1 \leq n \leq 3$ for three phase inverters, respectively (see result tables). As one can observe, computational results, reported on different tables, show that in few number of iterations, the conjugate gradient algorithm with Wolfe type line search generate stationary solutions of the objective functions F_m and F_t , comparatively to the one combined with Armijo type line search. This confirms the theoretical result. Moreover, Wolfe type line search ensures the fact that the Total Harmonic Distortion (THD) is significantly lower.

The paper is organized as follow. In the second section, we present and describe the mathematical models that formulate the harmonics reducing problem. Such models are based on Fourier series expansion. With respect to single phase and three phase inverters, we consider the algebraic systems of equations resulting from the output voltage signal Fourier series expansions. After, we reformulate the problems as an unconstrained optimization problems. In section 3, we discuss the conjugate gradient algorithm combining with the Wolfe and Armijo type line searches used to solve optimization problems. In the fourth section, we report the computational results obtained applying the conjugate gradient algorithm considering different values of the modulation index.

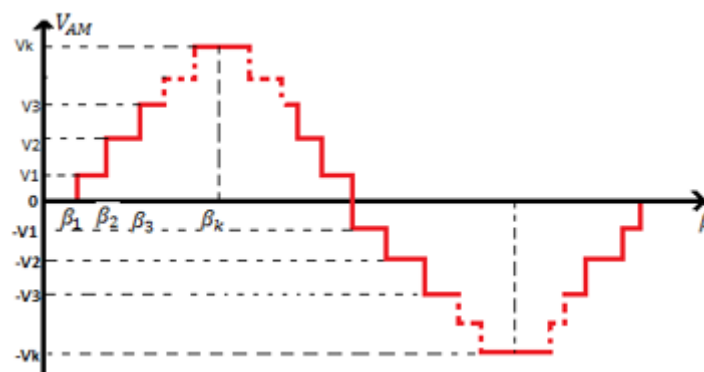


Fig. 1. Example of multilevel inverters output voltage

2 MATHEMATICAL MODELS

The output voltage of the multilevel inverter takes several values on a switching period as shown in Fig.1. The voltage V_{AM} is double symmetrical with respect to the quarter ($\pi/4$) and at the half of period ($\pi/2$). Because of this feature, the study will be limited to a quarter-period only. Fourier series expansion which shows the existence of harmonics of odd orders only, is given by:

$$V_{AM}(\alpha) = \sum_{n=1}^{+\infty} a_n \sin(n\alpha) \quad (1)$$

$$a_n = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} V_{AM}(\alpha) \sin(n\alpha) d\alpha \quad (2)$$

After integration, we get:

$$H_n = \frac{4E}{n\pi} [S_1 \cos(n\alpha_1) + S_2 \cos(n\alpha_2) + \dots + S_c \cos(n\alpha_c)] \quad (3)$$

Where

n : is an odd number for single-phase inverter and non-multiple of 3 odd number for three-phase inverter;

E : is a DC voltage at the input of the inverter;

H_n : represents an harmonic of order n of the output voltage V_{AM} ;

H_1 : is the fundamental of the output voltage V_{AM} ($n=1$);

α_i : is a switching angles;

S_i : the sign of $\cos$ ($S_i = 1$ for the angle at which there is a passage from a lower level to a higher level and $S_i = -1$, otherwise [7]);

C : is the number of switching angles for quarter period.

2.1 MATHEMATICAL MODEL FOR SINGLE PHASE INVERTERS

For single-phase inverters, even harmonics cancel each other out naturally [1]. We thus obtain that equations of harmonics of order $2n \pm 1$ for $n \geq 1$. In our study, these are harmonics H_1, H_3, H_5, H_7, H_9 and H_{11} . The first non-zero harmonic is of rank 13. The system to be solved is:

$$\begin{cases} H_1 = \frac{4E}{\pi} [S_1 \cos(\alpha_1) + S_2 \cos(\alpha_2) + \dots + S_c \cos(\alpha_c)] \\ H_3 = \frac{4E}{3\pi} [S_1 \cos(3\alpha_1) + S_2 \cos(3\alpha_2) + \dots + S_c \cos(3\alpha_c)] \\ \vdots \\ H_{11} = \frac{4E}{11\pi} [S_1 \cos(11\alpha_1) + S_2 \cos(11\alpha_2) + \dots + S_c \cos(11\alpha_c)] \end{cases} \quad (4)$$

By setting $r = \frac{H_1}{2E}$ (with $0 < r < 1$) the nonlinear system (4) can be written in the form:

$$\begin{cases} f_1(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_c) = \frac{\pi r}{2} \\ f_3(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_c) = 0 \\ \vdots \\ f_{11}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_c) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

r is the modulation index. The objective function to be minimized to resolve the nonlinear system (5) is:

$$F_m = \left[\left(f_1 - \frac{\pi r}{2} \right)^2 + f_2^2 + \dots + f_{11}^2 \right] \quad (6)$$

The solutions must satisfy the following condition:

$$\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_6 < \frac{\pi}{2} \quad (7)$$

2.2 MATHEMATICAL MODEL FOR THREE PHASE INVERTERS

For a three-phase inverter, even and odd harmonics multiple of 3 cancel each other out naturally [1]. We thus obtain equations of harmonics of order $6n \pm 1$ for $n \geq 1$, in this study they are harmonics $H_1, H_5, H_7, H_{11}, H_{13}$ and H_{17} . The first non-zero harmonic is of rank 19. The system to solve is therefore the following:

The system to be solved is:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_1 = \frac{4E}{\pi} [S_1 \cos(\alpha_1) + S_2 \cos(\alpha_2) + \dots + S_c \cos(\alpha_c)] \\ H_5 = \frac{4E}{5\pi} [S_1 \cos(5\alpha_1) + S_2 \cos(5\alpha_2) + \dots + S_c \cos(5\alpha_c)] \\ \vdots \\ H_{17} = \frac{4E}{17\pi} [S_1 \cos(17\alpha_1) + S_2 \cos(17\alpha_2) + \dots + S_c \cos(17\alpha_c)] \end{array} \right. \quad (8)$$

The system (8) becomes:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6) = \frac{\pi r}{2} \\ f_5(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6) = 0 \\ \vdots \\ f_{17}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6) = 0 \end{array} \right. \quad (9)$$

The objective function to be minimized to resolve the nonlinear system (8) is:

$$F_t = \left[\left(f_1 - \frac{\pi r}{2} \right)^2 + f_5^2 + \dots + f_{17}^2 \right] \quad (10)$$

The solutions must satisfy the condition (7). Note that by expressing the first order necessary condition on functions F_m and F_t respectively, we determine the switching angles which eliminate the first harmonics of orders 3, 5, 7, 9 and 11 for the single-phase inverter and 5, 7, 11, 13 and 17 for three-phase which are the most troublesome for the loads (with $S_i = [1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1]$).

In the following section, we briefly describe the iterative algorithm and solve system (4) and (8) for single phase and three phase inverters, respectively.

3 THE CONJUGATE GRADIENT ALGORITHM AND LINEAR SEARCH

Even if the conjugate gradient algorithm has been first devised to solve unconstrained optimization, in this paper, we resort to it, in view to solve systems (4) and (8) defined in the previous section. For this reason, applying the first order necessary condition on F_m and F_t is sufficient. Linear search consists in determining the step θ_k which ensures a significantly decrease of the objective function. This amounts to minimizing the one-dimensional function $f(x_k + \theta_k d_k)$. There are several methods to determine this step.

In this paper we will focus on *Wolfe's* and *Armijo's* methods.

- We say that the step θ_k is *Armijo* step (noted θ_k) if it satisfies the so-called *Armijo's* condition:

$$f(x_k + \theta_k d_k) \leq f(x_k) + \theta_k \beta_1 \nabla f(x_k)^T d_k \quad (11)$$

With $0 < \beta_1 < 1$

- We say that the step θ'_k is *Wolfe step* (noted θ'_k) if it satisfies the so-called *Wolfe's conditions*:

$$\begin{cases} f(x_k + \theta'_k d_k) \leq f(x_k) + \theta'_k m_1 \nabla f(x_k)^T d_k \\ \nabla f(x_k + \theta'_k d_k)^T \geq m_2 \nabla f(x_k)^T d_k \end{cases} \quad (12)$$

with $0 < m_1 < m_2 < 1$

In the following section, consider different values of the modulation index r , we report on results obtained by solving systems of no linear equations (4) and (8), defined in Section 2 using the conjugate gradient algorithm.

Algorithm 1: Conjugate gradient algorithm (Fletcher & Reeves (1964))

Data: A function F and an initial x^0

Result: The stationnary point x^k of F

begin

$\epsilon \leftarrow 10^{-6}$

$k \leftarrow 1, u_0 \leftarrow -\nabla F(x^0)$

$\theta \leftarrow \text{LinearSearch}(0)$

$x^1 \leftarrow x^0 + \theta_0 u_0$

while $\|\nabla F(x^k)\| > \epsilon$ **do**

$\beta_k = \frac{\|\nabla f(x_k)\|^2}{\|\nabla f(x_{k-1})\|^2}$

$u_k \leftarrow -\nabla F(x^k) + \beta_{k-1} * u_{k-1}$

$\beta_k \leftarrow \text{LinearSearch}(k)$

$x^{k+1} \leftarrow x^k + \theta_k u_k$

$k \leftarrow k + 1$

end

return x^k

end

4 COMPUTATIONAL RESULTS

The computational results of the different objective functions giving the optimal angles for different values of the modulation index r are given in Tables 1 to 5 for five levels single-phase inverter and Tables 6 to 9 for five levels three phase inverter. The THD is calculated by the following formula:

$$THD\% = 100 * \frac{\sqrt{\sum_k^\infty \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^c \cos(n\alpha_i) \right)^2}}{\sum_{i=1}^c \cos(n\alpha_i)} \quad (13)$$

In our study, the infinite sum was limited. $k = 3, 5, 7, 9, 11$ and 13 for single-phase inverter and

$k = 5, 7, 11, 13, 17$ and 19 for three phase inverter.

In what follows, Table 1 summarizes entries of Tables 2 to 9 presented below.

Table 1. Meaning of entries of Tables 2 to 9

Column	Description
r	The modulation index
$\alpha_i (i = 1, 2 \dots 6)$	Switching angles
H_k	Harmonics order k
F_m and F_t	Objective functions depending on the type of inverter
$TDH(\%)$	Total Harmonic Distorsion

Table 2. Computational angles (in radians) related to F_m with Wolfe line search

r	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 4$	$\alpha 5$	$\alpha 6$	F_m
0,614	0,30289	0,47767	0,61599	1,32733	1,41743	1,57724	0
0,662	0,27685	0,43293	0,55998	1,17157	1,25745	1,51281	0
0,665	0,27497	0,42958	0,55627	1,16647	1,25434	1,5109	0
0,666	0,27433	0,42846	0,55504	1,16485	1,25338	1,51026	0
0,667	0,27363	0,42719	0,55369	1,1631	1,25229	1,50964	0
0,668	0,27301	0,4261	0,55249	1,16157	1,25145	1,50901	0
0,669	0,27234	0,42491	0,55122	1,15998	1,25053	1,50839	0
0,67	0,27163	0,42362	0,54987	1,15833	1,24954	1,50776	0
0,671	0,27094	0,4224	0,54858	1,15677	1,24867	1,50715	0
0,672	0,27025	0,42117	0,54728	1,15523	1,24783	1,50653	0
0,673	0,26955	0,41992	0,54598	1,15372	1,247	1,50592	0
0,674	0,26884	0,41866	0,54468	1,15222	1,2462	1,50531	0
0,675	0,26828	0,41772	0,54365	1,15103	1,24572	1,50466	0
0,676	0,26756	0,41643	0,54234	1,14956	1,24495	1,50405	0
0,677	0,26682	0,41512	0,54101	1,14811	1,2442	1,50345	0
0,678	0,26608	0,41381	0,53969	1,14667	1,24348	1,50284	0
0,679	0,26533	0,41247	0,53835	1,14525	1,24277	1,50224	0
0,68	0,26457	0,41112	0,53701	1,14385	1,24208	1,50164	0
0,681	0,2638	0,40975	0,53566	1,14246	1,24141	1,50105	0
0,682	0,26302	0,40837	0,53431	1,14108	1,24075	1,50045	0
0,683	0,26222	0,40697	0,53294	1,13972	1,24011	1,49986	0
0,684	0,26142	0,40555	0,53157	1,13837	1,23949	1,49926	0
0,685	0,2606	0,40411	0,5302	1,13703	1,23888	1,49867	0
0,688	0,25808	0,39969	0,52602	1,1331	1,23715	1,4969	0
0,691	0,25543	0,39509	0,52179	1,12927	1,23554	1,49514	0
0,694	0,25266	0,39031	0,51748	1,12554	1,23404	1,49338	0
0,697	0,24973	0,38532	0,51311	1,12189	1,23265	1,49163	0
0,7	0,24659	0,38	0,50858	1,11828	1,2313	1,48989	0
0,76	0,03777	0,17551	0,40822	1,05699	1,21722	1,45446	0

Table 3. Harmonics and THD related to (Fm) with Wolfe line search

<i>r</i>	<i>H1</i>	<i>H3</i>	<i>H5</i>	<i>H7</i>	<i>H9</i>	<i>H11</i>	<i>H13</i>	THD %
0,614	1,228	0,00000	0,00006	0,00009	0,00008	0,00004	0,28102	22,88427
0,662	1,324	0,00008	0,0001	0,00003	0,00001	0,00002	0,05366	4,05281
0,665	1,33	0,00005	0,00009	0,00005	0,00004	0,00005	0,04090	3,07535
0,666	1,332	0,00002	0,00004	0,00003	0,00003	0,00003	0,03671	2,75564
0,667	1,334	0,0001	0,00011	0,00004	0,00001	0,00003	0,0321	2,40601
0,668	1,336	0,00003	0,00006	0,00004	0,00003	0,00004	0,02805	2,09982
0,669	1,338	0,00003	0,00006	0,00004	0,00004	0,00004	0,02376	1,77585
0,67	1,34	0,00009	0,0001	0,00002	0,00001	0,00003	0,01919	1,43197
0,671	1,342	0,00009	0,0001	0,00002	0,00001	0,00003	0,01487	1,10827
0,672	1,344	0,00009	0,00009	0,00002	0,00002	0,00003	0,01055	0,78476
0,673	1,346	0,00009	0,00009	0,00002	0,00002	0,00003	0,00623	0,46265
0,674	1,348	0,00009	0,00009	0,00002	0,00002	0,00003	0,00189	0,14053
0,675	1,35	0,00017	0,00015	0,00003	0,00003	0,00006	0,00154	0,11548
0,676	1,352	0,00017	0,00015	0,00003	0,00003	0,00006	0,00589	0,43565
0,677	1,354	0,00017	0,00015	0,00002	0,00003	0,00006	0,01023	0,75595
0,678	1,356	0,00017	0,00015	0,00002	0,00003	0,00006	0,01459	1,07584
0,679	1,358	0,00017	0,00015	0,00002	0,00003	0,00007	0,01895	1,39531
0,68	1,36	0,00017	0,00015	0,00002	0,00003	0,00007	0,02332	1,71483
0,681	1,362	0,00017	0,00015	0,00002	0,00002	0,00007	0,02771	2,03425
0,682	1,364	0,00017	0,00015	0,00002	0,00002	0,00007	0,03209	2,35247
0,683	1,366	0,00017	0,00015	0,00002	0,00002	0,00007	0,03649	2,67125
0,684	1,368	0,00017	0,00015	0,00002	0,00002	0,00007	0,04090	2,98963
0,685	1,37	0,00017	0,00015	0,00001	0,00002	0,00007	0,04532	3,30802
0,688	1,376	0,00018	0,00015	0,00001	0,00002	0,00008	0,05864	4,26148
0,691	1,382	0,00018	0,00014	0,00001	0,00002	0,00008	0,07207	5,21479
0,694	1,388	0,00018	0,00015	0,00000	0,00002	0,00008	0,08560	6,16735
0,697	1,394	0,00018	0,00014	0,00000	0,00001	0,00008	0,09928	7,12168
0,7	1,4	0,00012	0,00009	0,00000	0,00001	0,00006	0,11332	8,09418
0,76	1,52	0,00023	0,00015	0,00005	0,00005	0,00010	0,43800	28,81557

Table 4. Computational angles (in radians) related to (Fm) with Armijo line search

r	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	Fm
0,614	0,30289	0,47767	0,61599	1,32734	1,41745	1,57725	0
0,662	0,27697	0,43321	0,56022	1,17192	1,25781	1,51278	0
0,665	0,27507	0,42982	0,55648	1,16676	1,25462	1,51086	0
0,666	0,27443	0,42867	0,55522	1,16509	1,25361	1,51023	0
0,667	0,27377	0,42751	0,55396	1,16345	1,25264	1,50959	0
0,668	0,27311	0,42633	0,55269	1,16182	1,25168	1,50897	0
0,669	0,27245	0,42514	0,55142	1,16022	1,25076	1,50834	0
0,67	0,27177	0,42394	0,55014	1,15864	1,24986	1,50772	0
0,671	0,27109	0,42272	0,54886	1,15708	1,24899	1,50711	0
0,672	0,27040	0,42149	0,54756	1,15554	1,24814	1,50649	0
0,673	0,26970	0,42025	0,54627	1,15402	1,24731	1,50588	0
0,674	0,26900	0,41899	0,54496	1,15252	1,2465	1,50527	0
0,675	0,26816	0,41744	0,54342	1,15078	1,24549	1,50472	0
0,676	0,26739	0,41607	0,54204	1,14925	1,24467	1,50412	0
0,677	0,26663	0,41472	0,54067	1,14777	1,24388	1,50352	0
0,678	0,26590	0,41343	0,53937	1,14637	1,24318	1,5029	0
0,679	0,26516	0,41211	0,53804	1,14497	1,24249	1,50229	0
0,68	0,26439	0,41076	0,5367	1,14357	1,24181	1,50169	0
0,681	0,26362	0,40938	0,53535	1,14218	1,24114	1,5011	0
0,682	0,262830	0,40799	0,53399	1,14081	1,24049	1,5005	0
0,683	0,262030	0,40658	0,53262	1,13945	1,23985	1,49991	0
0,684	0,261230	0,40516	0,53125	1,13811	1,23923	1,49931	0
0,685	0,260400	0,40370	0,52986	1,13676	1,23862	1,49872	0
0,688	0,258030	0,39959	0,52595	1,13304	1,23709	1,49691	0
0,691	0,255380	0,3950	0,52171	1,12922	1,23548	1,49515	0
0,694	0,252600	0,39021	0,517400	1,12548	1,23399	1,49339	0
0,697	0,249680	0,38521	0,513030	1,12184	1,2326	1,49164	0
0,7	0,246650	0,38011	0,508670	1,11833	1,23135	1,48988	0
0,76	0,035940	0,17494	0,40810	1,05695	1,21719	1,45447	0

Table 5. Harmonics and THD related to (Fm) with Armijo line search

<i>r</i>	<i>H1</i>	<i>H3</i>	<i>H5</i>	<i>H7</i>	<i>H9</i>	<i>H11</i>	<i>H13</i>	THD %
0,614	1,228	0,00000	0,00005	0,00009	0,00008	0,00003	0,28102	22,88444
0,662	1,324	0,00015	0,00016	0,00005	0,00003	0,00004	0,05451	4,11724
0,665	1,330	0,00016	0,00016	0,00004	0,00003	0,00004	0,04162	3,12907
0,666	1,332	0,00016	0,00015	0,00004	0,00003	0,00004	0,03731	2,80099
0,667	1,334	0,00016	0,00016	0,00004	0,00003	0,00005	0,03301	2,47467
0,668	1,336	0,00016	0,00015	0,00004	0,00003	0,00005	0,02870	2,14828
0,669	1,338	0,00016	0,00015	0,00004	0,00003	0,00005	0,02439	1,82305
0,67	1,340	0,00016	0,00015	0,00004	0,00003	0,00005	0,02008	1,49867
0,671	1,342	0,00016	0,00015	0,00003	0,00003	0,00005	0,01577	1,17548
0,672	1,344	0,00016	0,00015	0,00003	0,00003	0,00005	0,01145	0,85208
0,673	1,346	0,00016	0,00015	0,00003	0,00003	0,00006	0,00713	0,52977
0,674	1,348	0,00017	0,00015	0,00003	0,00003	0,00006	0,0028	0,20815
0,675	1,35	0,00005	0,00009	0,00007	0,00005	0,00006	0,00225	0,16722
0,676	1,352	0,00011	0,00015	0,00007	0,00004	0,00008	0,0068	0,50358
0,677	1,354	0,00014	0,00016	0,00006	0,00002	0,00008	0,01128	0,8333
0,678	1,356	0,00011	0,00012	0,00003	0,00000	0,00005	0,01556	1,14773
0,679	1,358	0,00010	0,0001	0,00002	0,00001	0,00004	0,01989	1,46468
0,68	1,360	0,00009	0,00009	0,00001	0,00001	0,00004	0,02425	1,78330
0,681	1,362	0,00010	0,00009	0,00001	0,00001	0,00004	0,02865	2,10324
0,682	1,364	0,00009	0,00009	0,00001	0,00001	0,00004	0,03303	2,42192
0,683	1,366	0,00010	0,00009	0,00001	0,00001	0,00004	0,03744	2,74107
0,684	1,368	0,00010	0,00009	0,00001	0,00001	0,00004	0,04185	3,05948
0,685	1,370	0,00011	0,0001	0,00001	0,00001	0,00005	0,04631	3,38048
0,688	1,376	0,00011	0,00009	0,00001	0,00001	0,00005	0,05886	4,27798
0,691	1,382	0,00012	0,00009	0,00001	0,00001	0,00005	0,07229	5,23066
0,694	1,388	0,00012	0,00009	0,00000	0,00001	0,00005	0,08583	6,18365
0,697	1,394	0,00012	0,00009	0,00000	0,00001	0,00006	0,09951	7,13824
0,7	1,400	0,00019	0,00014	0,00000	0,00001	0,00009	0,11309	8,07772
0,76	1,520	0,00016	0,00010	0,00003	0,00003	0,00007	0,43844	28,84504

Table 6. Computational angles (in radians) related to (Ft) with Wolfe line search

r	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	Ft
0,632	0,23319	0,34115	0,40786	1,16431	1,21155	1,57041	0
0,711	0,26297	0,3437	0,64439	1,11391	1,22256	1,37623	0
0,712	0,26379	0,34489	0,64358	1,11354	1,22312	1,37619	0
0,713	0,26459	0,34605	0,64279	1,11315	1,22366	1,37613	0
0,714	0,26538	0,34717	0,64202	1,11276	1,22418	1,37604	0
0,715	0,26615	0,34827	0,64127	1,11236	1,22469	1,37592	0
0,738	0,28183	0,36903	0,62734	1,10225	1,23442	1,36917	0
0,749	0,28862	0,37749	0,62189	1,09711	1,23825	1,36435	0
0,761	0,29574	0,38631	0,61634	1,09143	1,24203	1,35845	0
0,772	0,30216	0,39419	0,61159	1,08615	1,24509	1,35245	0
0,784	0,30900	0,40269	0,60661	1,08036	1,24798	1,34538	0
0,798	0,31681	0,41258	0,60104	1,07356	1,25061	1,33631	0
0,814	0,32549	0,42396	0,59496	1,06574	1,25224	1,32456	0
0,87	0,35217	0,46485	0,57471	1,03668	1,21999	1,24814	0
0,881	0,35504	0,47148	0,56924	1,02911	1,18635	1,20865	0
0,888	0,35516	0,47352	0,56395	1,02205	1,14887	1,17018	0
0,892	0,35404	0,47297	0,55968	1,01627	1,12143	1,14416	0
0,896	0,35191	0,47084	0,55430	1,00804	1,09059	1,11734	0
0,899	0,34969	0,46819	0,54956	0,99941	1,06648	1,09875	0
0,903	0,34599	0,46341	0,54244	1,07869	1,03530	0,98416	0
0,907	0,34179	0,45755	0,53456	1,06564	1,00800	0,96574	0
0,911	0,33697	0,45083	0,52633	1,05630	0,98414	0,94696	0
0,916	0,33049	0,44159	0,51562	1,04863	0,96002	0,92505	0
0,921	0,32352	0,43138	0,50439	1,04362	0,94216	0,90657	0
0,922	0,3221	0,4294	0,50233	1,04251	0,93846	0,90279	0
0,923	0,32068	0,42752	0,50039	1,04128	0,93453	0,89885	0
0,924	0,31922	0,42551	0,49827	1,04013	0,93089	0,8952	0
0,925	0,3177	0,42323	0,49592	1,03949	0,92857	0,89235	0
0,926	0,31613	0,42086	0,49351	1,03894	0,92656	0,88972	0
0,934	0,30512	0,40731	0,47975	1,03001	0,89948	0,86111	0

Table 7. Harmonics and THD related to (Ft) with Wolfe line search

r	H1	H5	H7	H11	H13	H17	H19	THD %
0,632	1,264	0,00016	0,00010	0,00010	0,00005	0,00009	0,10967	8,67669
0,711	1,422	0,00013	0,00002	0,00002	0,00010	0,00008	0,02922	2,05467
0,712	1,424	0,00014	0,00002	0,00002	0,00010	0,00008	0,02999	2,10608
0,713	1,426	0,00014	0,00002	0,00001	0,00010	0,00008	0,03081	2,16078
0,714	1,428	0,00014	0,00002	0,00001	0,00010	0,00008	0,03168	2,21827
0,715	1,43	0,00014	0,00002	0,00001	0,00010	0,00008	0,03258	2,27835
0,738	1,476	0,00012	0,00000	0,00001	0,00008	0,00006	0,06000	4,06487
0,749	1,498	0,00009	0,00001	0,00002	0,00004	0,00004	0,07543	5,03513
0,761	1,522	0,0001	0,00001	0,00005	0,00006	0,00003	0,0926	6,08425
0,772	1,544	0,00006	0,00001	0,00005	0,00003	0,00000	0,10861	7,03437
0,784	1,568	0,00005	0,00001	0,00005	0,00002	0,00001	0,12559	8,00985
0,798	1,596	0,00005	0,00002	0,00004	0,00002	0,00001	0,14432	9,04282
0,814	1,628	0,00006	0,00003	0,00005	0,00003	0,00001	0,16353	10,04469
0,87	1,74	0,00016	0,00016	0,00012	0,00012	0,00000	0,19155	11,00884
0,881	1,762	0,00013	0,00014	0,00009	0,00011	0,00001	0,17836	10,12264
0,888	1,776	0,00001	0,00001	0,00000	0,00001	0,00000	0,15984	8,99983
0,892	1,784	0,00001	0,00000	0,00000	0,00001	0,00000	0,1446	8,10522
0,896	1,792	0,00003	0,00004	0,00002	0,00003	0,00002	0,12646	7,05669
0,899	1,798	0,00002	0,00005	0,00002	0,00003	0,00002	0,11166	6,21033
0,903	1,806	0,00003	0,00003	0,00001	0,00000	0,00002	0,09172	5,07841
0,907	1,814	0,00022	0,00047	0,00026	0,00029	0,00019	0,07191	3,96459
0,911	1,822	0,00017	0,00049	0,00023	0,00027	0,00022	0,05472	3,00340
0,916	1,832	0,00012	0,00059	0,00025	0,00026	0,00031	0,03541	1,93304
0,921	1,842	0,00008	0,00079	0,00032	0,00028	0,00045	0,01741	0,94650
0,922	1,844	0,00011	0,00063	0,00025	0,00029	0,00034	0,01468	0,79710
0,923	1,846	0,00013	0,00037	0,00013	0,00027	0,00017	0,01248	0,67671
0,924	1,848	0,00001	0,00015	0,00006	0,00005	0,00009	0,01031	0,55788
0,925	1,85	0,00001	0,00018	0,00007	0,00005	0,00011	0,00687	0,37143
0,926	1,852	0,00000	0,00022	0,00009	0,00006	0,00013	0,00326	0,17683
0,934	1,868	0,0002	0,00255	0,00109	0,00045	0,00159	0,00258	0,22137

Table 8. Computational angles (in radians) related to (Ft) with Armijo line search

r	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	Ft
0,632	0,23308	0,34099	0,40777	1,16447	1,21167	1,57037	0
0,711	0,26295	0,34351	0,64456	1,11385	1,22247	1,37603	0
0,712	0,26377	0,34470	0,64375	1,11347	1,22303	1,37600	0
0,713	0,26458	0,34587	0,64295	1,11309	1,22357	1,37594	0
0,714	0,26537	0,34699	0,64219	1,11270	1,22409	1,37584	0
0,715	0,26614	0,34810	0,64143	1,11230	1,22461	1,37573	0
0,738	0,28187	0,36896	0,62744	1,10221	1,23436	1,36905	0
0,749	0,28866	0,37746	0,62195	1,09708	1,2382	1,36428	0
0,761	0,29580	0,38630	0,61640	1,09140	1,24198	1,35837	0
0,772	0,30220	0,39420	0,61162	1,08613	1,24505	1,35241	0
0,784	0,30904	0,40270	0,60663	1,08034	1,24795	1,34535	0
0,798	0,31684	0,41260	0,60106	1,07355	1,25058	1,33628	0
0,814	0,32555	0,42400	0,59499	1,06572	1,25219	1,3245	0
0,87	0,35241	0,46508	0,57485	1,03656	1,21923	1,24744	0
0,881	0,35521	0,47165	0,56933	1,02896	1,18552	1,20793	0
0,888	0,35505	0,47342	0,56391	1,02223	1,14962	1,17077	0
0,892	0,35395	0,4729	0,55966	1,01649	1,12208	1,14460	0
0,896	0,35186	0,47081	0,55431	1,00826	1,09098	1,11752	0
0,899	0,34964	0,46817	0,54958	0,99966	1,06673	1,09875	0
0,903	0,34586	0,46332	0,54244	1,07814	1,03507	0,98452	0
0,907	0,34169	0,45753	0,53467	1,06489	1,00729	0,96577	0
0,911	0,33689	0,45089	0,52651	1,05553	0,98301	0,94658	0
0,916	0,33046	0,44182	0,51598	1,04773	0,95820	0,92407	0
0,921	0,32360	0,43196	0,50509	1,04245	0,93935	0,90482	0
0,922	0,32217	0,42987	0,50285	1,0416	0,93628	0,90144	0
0,923	0,32071	0,42772	0,50058	1,04083	0,93346	0,89823	0
0,924	0,31928	0,42568	0,49851	1,04003	0,93055	0,89488	0
0,925	0,31788	0,4239	0,49669	1,03877	0,92656	0,8909	0
0,926	0,31620	0,42108	0,49379	1,03880	0,92612	0,88934	0
0,934	0,30177	0,39917	0,47329	1,03572	0,91650	0,87328	0

Table 9. Harmonics and THD related to (Ft) with Armijo line search

r	$H1$	$H5$	$H7$	$H11$	$H13$	$H17$	$H19$	THD %
0,632	1,264	0,00001	0,00001	0,00001	0,00000	0,00001	0,10988	8,69291
0,711	1,422	0,00004	0,00001	0,00000	0,00003	0,00002	0,02959	2,08072
0,712	1,424	0,00004	0,00001	0,00000	0,00003	0,00002	0,03036	2,13172
0,713	1,426	0,00004	0,00001	0,00000	0,00003	0,00002	0,03117	2,18611
0,714	1,428	0,00004	0,00001	0,00000	0,00003	0,00002	0,03205	2,24437
0,715	1,430	0,00004	0,00001	0,00000	0,00003	0,00002	0,03295	2,30393
0,738	1,476	0,00003	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001	0,06031	4,08617
0,749	1,498	0,00003	0,00000	0,00001	0,00002	0,00001	0,07563	5,04853
0,761	1,522	0,00003	0,00000	0,00001	0,00002	0,00001	0,09288	6,10265
0,772	1,544	0,00002	0,00000	0,00001	0,00001	0,00000	0,10878	7,04521
0,784	1,568	0,00002	0,00000	0,00001	0,00001	0,00000	0,12573	8,01823
0,798	1,596	0,00002	0,00000	0,00001	0,00001	0,00000	0,14445	9,05065
0,814	1,628	0,00002	0,00001	0,00002	0,00002	0,00000	0,1637	10,05549
0,870	1,740	0,00002	0,00001	0,00001	0,00002	0,00000	0,19189	11,02836
0,881	1,762	0,00001	0,00001	0,00000	0,00002	0,00000	0,17838	10,12383
0,888	1,776	0,00011	0,00013	0,00008	0,00010	0,00002	0,16000	9,00894
0,892	1,784	0,00010	0,00013	0,00008	0,00010	0,00003	0,14484	8,11871
0,896	1,792	0,00010	0,00016	0,00009	0,00011	0,00005	0,12670	7,07030
0,899	1,798	0,00010	0,00019	0,00009	0,00013	0,00006	0,11195	6,22662
0,903	1,806	0,00026	0,00032	0,00027	0,00024	0,00015	0,09225	5,10788
0,907	1,814	0,00005	0,00008	0,00004	0,00004	0,00003	0,07272	4,00859
0,911	1,822	0,00003	0,00008	0,00003	0,00005	0,00003	0,05569	3,05636
0,916	1,832	0,00002	0,00008	0,00003	0,00004	0,00003	0,03699	2,01905
0,921	1,842	0,00001	0,00011	0,00004	0,00004	0,00006	0,02023	1,09835
0,922	1,844	0,00001	0,00012	0,00004	0,00005	0,00007	0,01696	0,91997
0,923	1,846	0,00001	0,00013	0,00005	0,00005	0,00008	0,01366	0,74018
0,924	1,848	0,00015	0,00007	0,00000	0,00023	0,00002	0,01065	0,57654
0,925	1,85	0,00016	0,00026	0,00014	0,00017	0,00022	0,00914	0,49456
0,926	1,852	0,00014	0,00012	0,00002	0,00023	0,00003	0,00377	0,20400
0,934	1,868	0,00003	0,00029	0,00013	0,00003	0,00018	0,02777	1,48669

Table 10. The lowest TDH obtained by the two methods

THD %	F_m	F_t
conjugate gradient with Wolfe line search	0.11548	0.17683
conjugate gradient with Armijo line search	0.16722	0.20400

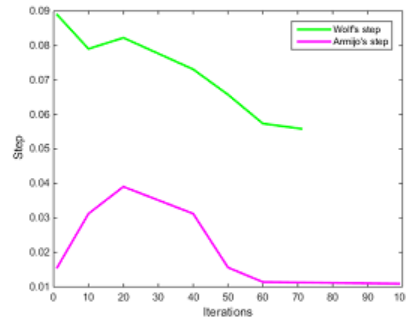


Fig. 2. Optimal steps according to the number of iterations for F_m ($r = 0.675$)

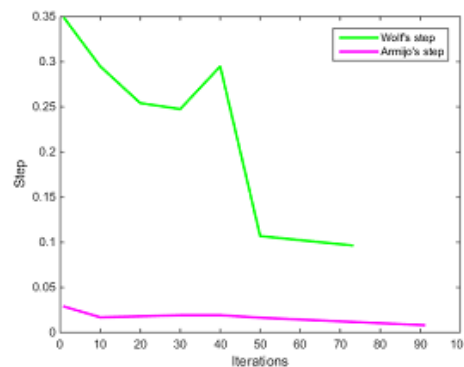


Fig. 3. Optimal steps according to the number of iterations for F_t ($r = 0.926$)

Tables 2 and 4 give the switching angles of the single-phase inverter obtained with applying the conjugate gradient method Wolfe and Armijo line searches. In other words, this corresponds to minimize harmonics voltage. These angles minimize the objective function F_m and represent solutions of the nonlinear system (4). The solutions are global minimums, because the minimum the objective function F_m is equal to zero for the values of the modulation index between 0, 614 and 0, 760.

Tables 2 to 5 show that the best value of the THD is obtained for a modulation index $r = 0,675$ for single phase inverters Tables 6 and 8 give the switching angles of the three-phase inverter obtained with applying the conjugate gradient method Wolfe line search and Armijo line search to minimize harmonics voltage. These angles minimize the objective function F_t and represent solutions of the nonlinear system (8). The solutions are global minimums, because the minimum the objective function F_t is equal to zero for the values of the modulation index between 0, 632 and 0,932. Tables 6 to 9 show that the best value of THD obtained for $r = 0,926$.

gives the lowest TDH obtained by the two methods for the objective functions. We also see that the TDH is lower when we minimize the harmonics by the conjugate gradient method with Wolfe line search.

Observing Tables 3 and 5 for single phase inverter and and 9 for three phase inverter, it follows that odd harmonics $k = 2n \pm 1$ (for single phase inverter) and $k = 6n \pm 1$ (for three phase inverter) are almost reduced to zero. Fig 2 and 3 give the shape of the Wolfe and Armijo optimal step of F_m and F_t objectives. We can see that at each iteration the optimal step of Wolfe is greater than Armijo's optimal step. So the conjugate gradient algorithm by Wolfe line search converges faster than Armijo line search. This is confirmed by comparing the number of iterations of the two methods.

5 CONCLUSION

In this paper we have minimized harmonics of five-level single-phase and three-phase inverters. The conjugate gradient algorithms with Wolfe and Armijo line searches have been applied for this purpose. Results obtained from the running of the conjugate gradient algorithm confirm that Wolfe line search converges faster than Armijo line search. With respect to different values of the modulation index, we find optimal angles that eliminate odd harmonics H_k with rank $k = 2n \pm 1, 1 \leq n \leq 5$ for single phase inverters and harmonics H_k with rank $k = 6n \pm 1, 1 \leq n \leq 3$ for three phase inverters. More ever Wolfe type line search ensures that the Total Harmonic Distortion (THD) to be lowered possible.

REFERENCES

- [1] Depernet Daniel, « Optimisation de la commande d'un onduleur MLI a trois niveaux de tension pour machine asynchrone », Thèse de doctorat, Université de Reims - Champagne Ardenne, 1995.
- [2] P. Tamilvani and K.R. Valluvan, "Modelling and Control of 27-Level Inverter Using Unified Phase Shifted Modulation (UPPWM) for Power Systems," American-Eurasian Journal of Scientific search, vol. 11, n°. 2, pp. 125-134, 2016.
- [3] Y. Sahali, M.K. Fellah. M. K, "Technique de Modulation à Selection d'Harmoniques à Eliminer (SHE PWM) pour la Commande des Onduleurs de Tension Trois Niveaux Monophasés et Triphasés," Intelligent Control and electrical Power Systems laboratory ICEPS, Université Djillali Liabes de Sidi-Bel-Abbes, 2003.
- [4] G.A.L. Henn, P.P. Praca, R.N.A.L. Silva, D.S. Oliveira Jr, L.H.S.C. Barreto, E.R.C. da Silva, "Adapted modulation for TDH performance improvement and losses reduction on multilevel inverters," Revista SOBRAEP, vol. 16, n°.2, pp. 103-109, 2011.
- [5] Chinnathambi G, Kaliaperumal B, "Power Loss Minimizing Control of Cascaded Multilevel Inverter with Efficient Hybrid Carrier Based Space Vector Modulation," International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems, Vol. 1, n°. 1, pp. 45-53, 2010.
- [6] Madhusudhan J, P S Puttaswamy, and Sunil Kumar, "genetic algorithm based 15 level modified multilevel inverter for stand alone photovoltaic applications," International Journal of Modern Trends in Engineering and search (IJMTER), vol. 3, n°. 6, pp.2349–9745, 2016.
- [7] N. Ould Cherchali, A. Tlemçani, L. Barazane and M.S. Boucherit, « Contribution dans l'application des algorithmes génétiques pour commander des onduleurs de tension a cinq niveaux par la technique d'élimination d'harmoniques », In: 3rd conference on Electrical Engineering, Algiers, pp. 19-21, 2009.
- [8] Fletcher, R., Reeves, C.M, « Function minimization by conjugate gradients », Computer journal, vol. 7, n°. 2, pp. 149-154,1964.

New SHE-PWM approach and model applied to Multilevel inverters

Arzika Makaou Ali and Mamane Souleye Ibrahim

Department of mathematics and computer Science, Abdou Moumouni University, Niamey, Niger

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

ABSTRACT: In this paper, we present a new approach Pulse Width Modulation, (PWM, for short), to determine the optimal switching angles by Selective Harmonic Elimination of a cascade multilevel inverters. Based on mean voltage values, we address a formula that relates inverters switching angles with voltages in three phase multilevel inverters. After, using inverse generalized technique, we determine such angles expression depending on mean voltages values. In view to eliminate harmonics, we consider these calculated switching angles in the resulting system of nonlinear equations obtained from Fourier series decomposition of the output of three phase and single phase voltage. Therefore, with respect to different values of the modulation rate r , applying Newton algorithm to solve the optimization problem, we obtain for five level inverters, optimal switching angles that eliminate harmonics of rank 3 and 5 for single phase and three phase, respectively.

KEYWORDS: Optimization, SHE-PWM, Multilevel Inverters, Newton-Raphson algorithm.

1 INTRODUCTION

Multilevel inverters constitute an effective and practical solution for increasing power and reducing harmonics of ac waveforms. The main advantages of multilevel PWM inverters are: firstly, the fact that the series connection allows high voltage without increasing voltage stress on switches, secondly, Multilevel waveforms reduce the dv/dt at the output of an inverter and thirdly, at the same switching frequency, a multilevel inverter can achieve lower harmonic distortion due to more levels of the output waveform in comparison to a two level inverter [4].

To provide stepped sinusoidal waveforms with low harmonic content with reduced distortion. Improving the inverter performance means improving the quality of the output voltage. For this purpose a set of transcendental equations known as selective harmonic elimination equation is used for eliminating or reducing magnitude of desired harmonics. Transcendental equations known as selective harmonic elimination equation is used for eliminating or reducing magnitude of desired harmonics. The required switching angles can be computed by solving the selective harmonic equations by using Newton-Raphson technique [6].

The Stepped Selective Harmonic Elimination Pulse Width Modulation (SSHEPWM) technique is widely used in recent years for eliminating preselected lower order harmonics with controlling the fundamental voltage component for multilevel inverter. The main difficulty associated with this technique is how to calculate the switching angles for a wide range of the modulation index (r). Solution of the problem relies on iteration methods or optimization techniques are suffering from large computational time, dependent on equations roots initial values and limited range of r have practical switching angles solutions [5].

In [1], authors present a selective harmonic elimination pulse-width modulation (SHE-PWM) method for cascaded H-bridge multilevel inverters. The concept of volt-second area balancing is applied to estimate the voltage ratings of the DC sources, which provides different voltage ratings of each dc source. The control of output voltage is achieved by varying switching notch created at the center of each level. This method calculates switching angles in real time easily owing to the usage of univariate equations. A comparison study shows that the proposed method eliminates more harmonics compared with the conventional SHE-PWM methods. Simulation and experimental studies are conducted to validate the performance of the proposed SHE-PWM method.

A new application of Selected Harmonic Elimination Pulse Width Modulation Technique (SHE-PWM) for multilevel inverters is discussed in [2]. The switching angles are calculated using constrained optimization technique. With these switching angles both the

fundamental harmonic can be controlled and the selected harmonics can be eliminated. Using these calculated switching angles, a set of equations is formed which calculates the switching angles with respect to the modulation index. Using that technique three-phase voltage has been obtained from a five-level cascade inverter.

In [3], authors propose a new approach to the Pulse Width Modulation strategies of multilevel Voltage Source Inverters. In the study, the modelling is focused on a flying capacitor three-level topology. This mathematical approach is based on the concepts of pseudo inverse and generalized inverse. According to authors this study allows recovering classical Pulse Width Modulation (PWM) solutions. It also offers a new investigative tool to explore the degree of freedom provided by the duty cycle solution set. In [5], authors propose a novel generalized empirical formula for calculating the initial values of the switching angles at zero r in the case of the SSHEPWM technique based on the Newton Raphson method. The proposed formula guarantees solution set at a low computational time for the complete range of the modulation rate r . Theoretical, simulation and experimental results validated the proposed algorithm. A totally different approach based on equal area criteria and harmonics injection in the modulation waveform is fully studied in [7]. The results of a case study with maximum five switching angles show that the proposed method can be used with excellent harmonics elimination performance for the modulation index range from 0.2 to 0.9.

In this paper, based on mean voltage values, we address a formula that relates inverters switching angles with voltages in three phase multilevel inverters. After, using inverse generalized technique used in [3] to define a new approach of the carrier based PWM dedicated to cascade multilevel inverter structure, we determine such angles expression in function of mean voltages values. In view to eliminate harmonics, we consider these calculated switching angles in the resulting system of nonlinear equations obtained from Fourier series decomposition of the output of three phase en single phase voltage. After, we consider, the one-dimensional optimization problem such that applying the first order necessary optimality condition, we retrieve the same system of nonlinear equations.

Therefore, with respect to different values of the modulation rate r , applying Newton algorithm to solve the one-dimensional optimization problem, we obtain for five level inverters, results reported in Table 1 for single phase and Table 2 for three phase voltage.

The paper is organized as follows. In Section 2, consider multilevel inverters with uniform pitch, we determine the expression of inverters voltage at the terminals of switching angles. In Section 3, we briefly recall generalized inverse method and its application w.r.t voltages expression according to switching angles. Section 4 is devoted to the problem that consists to eliminate output voltage undesirable harmonic. In this part, to eliminate harmonics, we take into account the expression of switching angles in function to voltage values. On the other hand, as the harmonic reducing problem is transformed into an optimization problem, we present results obtained and reported in Tables 1 and 2 by applying Newton algorithm to solve the optimization problem.

2 MATHEMATICAL MODEL

A three-phase multilevel inverter is made up of three phases which are fixed to a three-phase load, (see Fig 1 below)

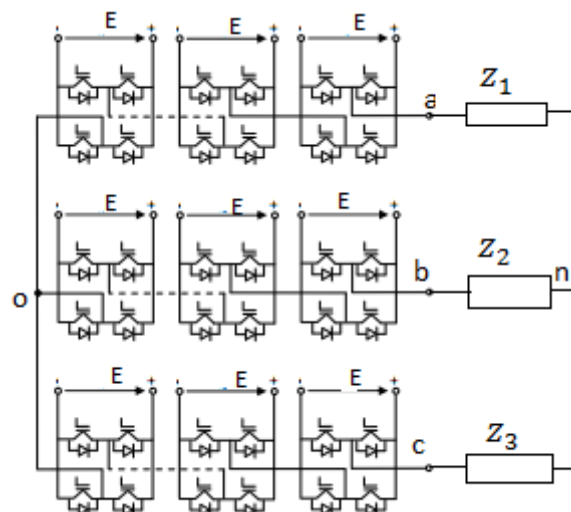


Fig. 1. Example of a three phase multilevel inverter

The output voltage of each phase takes several values over a switching period. Fig 2 shows the shape of the voltage V_{ao} of the phase "a" of the multilevel inverter. The voltage V_{ao} presents a double symmetry with respect to the quarter ($\pi/4$) and to the half-period ($\pi/2$). So, the study will only be limited considering the quarter of period.

- $V_1, V_2 \dots V_k$ correspond to the possible levels of the voltage V_{ao} ;
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ correspond to the instants of change of the voltage levels V_{ao} ;
- k is the number of commutations for quarter of period, $k = (N - 1)/2$, where N is an odd number which represents the level of the inverter;
- V_{ao}, V_{bo} and V_{co} are the phase voltages $\{a, b, c\}$;
- V_{ab}, V_{bc} and V_{ca} are the phase-to-phase voltages (between phases $\{a, b, c\}$ respectively);
- V_{an}, V_{bn} and V_{cn} are the voltages at the terminals of the load $\{z1, z2, z3\}$. The load will be considered balanced, i.e, $V_{an} + V_{bn} + V_{cn} = 0$.

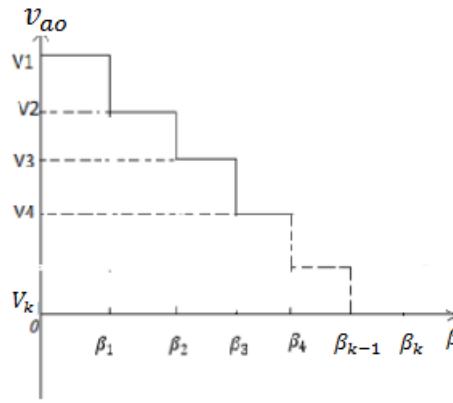


Fig. 2. Phase "a" of a multilevel output signal

Consider a multilevel inverter with uniform pitch, i.e, the voltage difference between two consecutive levels is constant ($V_2 - V_1 = V_k - V_{k-1} = \Delta V$). The mean value of V_{ao} denoted $\langle V_{ao} \rangle$ is given by:

$$\langle V_{ao} \rangle = \frac{1}{\beta_k} \int_0^{\beta_k} v_{ao}(\beta) d\beta$$

Subsequently, we will adopt the writing V_{ao} as the mean value of the voltage.

$V_k - V_{k-1} = \Delta V$, the mean value becomes:

$$V_{ao} = \langle V_{ao} \rangle = \frac{\Delta V}{\beta_k} (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{k-1})$$

(Because $V_k = 0$)

We deduce the matrix form of the voltage V_{ao}

$$V_{ao} = \frac{\Delta V}{\beta_k} [1 \ 1 \ \dots \ 1] [\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{k-1}]^T$$

Let us set $L = [1 \ 1 \ \dots \ 1]$. L is a vector of dimension k .

As we deal with three phase inverters, we deduce the mean values of voltages of the phases B and C.

V_t is the mean value vector of the voltage of phases $\{a, b, c\}$

$$V_t = [V_{ao}, V_{bo}, V_{co}]^T$$

$$V_t = \frac{\Delta V}{\beta_k} \begin{bmatrix} L & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & L \\ 0 & \dots & 0 & L \end{bmatrix} \beta$$

Using the Kronecker product, we get:

$$V_t = \frac{\Delta V}{\beta_k} (I_3 \otimes L) \beta \quad (1)$$

I_3 is the identity matrix of dimension 3. β is a row vector of dimension $3k$ such that:

$$\beta = [\beta_1^a \ \beta_2^a \ \dots \ \beta_{k-1}^a \ \beta_1^b \ \beta_2^b \ \dots \ \beta_{k-1}^b \ \beta_1^c \ \beta_2^c \ \dots \ \beta_{k-1}^c]^T$$

By introducing the point n , the compound voltages are given by the following relations:

$$V_{ab} = V_{an} - V_{bn}; V_{bc} = V_{bn} - V_{cn} \text{ and } V_{ca} = V_{cn} - V_{an}$$

Let us express the difference $V_{ab} - V_{ca}$ from the previous relations;

$$V_{ab} - V_{ca} = (V_{an} - V_{bn}) - (V_{cn} - V_{an}) = 3V_{an}$$

So the voltage V_{an} is given by:

$$V_{an} = \frac{(V_{ab} - V_{ca})}{3}$$

By introducing the point o , the compound Voltages are given by the following relations:

$$V_{ab} = V_{ao} - V_{bo}; V_{bc} = V_{bo} - V_{co} \text{ and } V_{ca} = V_{co} - V_{ao}$$

By replacing V_{ab} and V_{ac} by their previous expressions we get:

$$V_{an} = \frac{1}{3} [2V_{ao} - V_{bo} - V_{co}]$$

In a similar way, we determine the other voltages:

$$V_{bn} = \frac{1}{3} [-V_{ao} + 2V_{bo} - V_{co}]$$

$$V_{cn} = \frac{1}{3} [-V_{ao} - V_{bo} + 2V_{co}]$$

$$\begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{ao} \\ V_{bo} \\ V_{co} \end{bmatrix} \quad (2)$$

By setting:

$$V1 = [V_{an} \ V_{bn} \ V_{cn}]^T$$

$$M = \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$$

Equation (2) becomes:

$$V_1 = \frac{1}{3} M V_t \quad (3)$$

Applying the expression of V from equation (1) to equation (3) we get:

$$V_1 = \frac{1}{3} \frac{\Delta V}{\beta_k} M(I_3 \otimes L)\beta \quad (4)$$

The matrix M is not invertible, we are going to exploit the characteristic of the load which is balanced.

The relation $V_{cn} = -V_{an} - V_{bn}$ allows us to consider a new matrix

$$F = \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$

and a new vector $V_2 = [V_{an} \ V_{bn}]^T$. F is a reduced matrix of M (see [3]).

Finally, the general model relating the voltages at the terminals of the load and the switching angles three-phase inverter is given by:

$$V_2 = \frac{\Delta V}{3\beta_k} (F \otimes L)\beta \quad (5)$$

Subsequently, we will determine the expression of the set of solutions of the linear system by using the generalized inverse method.

3 APPLICATION OF THE GENERALIZED INVERSE METHOD TO THE INVERTER MODEL

Formular (5) is a system of compatible linear equations. However, the theories of inverse matrices do not allow to solve this system, because the matrix F is not invertible. In fact, to determine the angles we are going to resort to the notion of generalized inverse method. The idea consists in expressing the switching angles as a function of the voltages of V_{an} , V_{bn} and V_{cn} . Generalizing inverse method comes from the need to solve the systems of type: $Ax = b$ (6)

Where A is a matrix, not necessarily square, with m rows and n columns, x is an unknown vector, b is a m dimensional vector that components are the RHS of the system. Such a system can have zero, one, or an infinite number of exact solutions. The system $Ax = b$ admits at least one solution if and only if: $\text{Rank}[A] = \text{Rank}[A \ b]$ ($\text{Rank}[A]$ is the rank of the matrix A , it means the maximum number of the matrix A rows or columns that are linearly independent).

Moreover, if $\text{Rank}[A] = n$, then the system admits a unique solution. Otherwise, the system admits an infinity of solutions. The solution of the linear equation system (6) is defined in the form:

$$x = A^{[1]} b + (I_m - A^{[1]} A) z \quad (7)$$

- z is an arbitrary vector which allows to explore the set of solutions.
- $A^{[1]}$ is a generalized inverse of A .
- I_m is the identity matrix to m . dimension
- $A^\dagger$ is a particular generalized inverse (pseudo-inverse of A), the set of solutions (7) can be generated as follows:
- $x = A^\dagger b + (Im - A^\dagger A) z$ (8)

The equation contains two terms:

- basic solution: $A^\dagger b$
- A free solution: $(Im - A^\dagger A) z$. (For more details regarding the method, see [8], [9]). The solution of the system of linear equation (5) is then defined in the form:

$$\beta = k. (F \otimes L)^\dagger. V_2 + [In - (F \otimes L)^\dagger (F \otimes L)] \lambda$$

Using the product property of Kronecker $(A \otimes B)^\dagger = A^\dagger \otimes B^\dagger$, we get a final relation of the angles:

$$\beta = k \cdot (F^\dagger \otimes L^\dagger) \cdot V2 + [In - (F^\dagger \otimes L^\dagger)(F \otimes L)]\lambda \quad (9)$$

With

$$k = \frac{3\beta_k}{\Delta V} \text{ and } F^\dagger = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$$

We set $= F \otimes L$, which gives $D^\dagger = F^\dagger \otimes L^\dagger$

In is the identity matrix of dimension $\frac{3(n-1)}{2}$; λ is an arbitrary vector of the same dimension as In .

Equation (9) becomes:

$$\beta = k \cdot D^\dagger \cdot V2 + [In - D^\dagger D]\lambda \quad (10)$$

Equation (10) gives us an expression for the switching angles.

4 COMPUTATION OF ANGLES AND EXPERIMENT RESULTS

Selective Harmonics Elimination strategy is based on the development in Fourier series of the voltage V_{ao} . This voltage admits a symmetry with respect to half and a quarter of the period. As a result, it is well known that even harmonic components in cosines and in sines are zero. The Fourier series decomposition of this voltage is given by:

$$V_{AM}(\alpha) = \sum_{n=1}^{+\infty} a_n \sin(n\alpha)$$

$$a_n = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} V_{AM}(\alpha) \sin(n\alpha) d\alpha$$

After integration, and by means of some calculations, we end up with an algebraic system of nonlinear equations as follows:

$$\begin{cases} \cos(\beta_1) + \cos(\beta_2) + \dots + \cos(\beta_{k-1}) = \frac{\pi}{4E} h_1 \\ \cos(5\beta_1) + \cos(5\beta_2) + \dots + \cos(5\beta_{k-1}) = \frac{5\pi}{4E} h_2 \\ \vdots \\ \cos(n\beta_1) + \cos(n\beta_2) + \dots + \cos(n\beta_{k-1}) = \frac{n\pi}{4E} h_n \end{cases} \quad (13)$$

Where

- n is an odd number for single-phase inverter and non-multiple of 3 odd number for three-phase inverter;
- h_i : harmonic component (harmonic of order i) of the output voltage;
- β_i : switching angle (i takes value from 1 to k)
- E : DC bus voltage

This system eliminates harmonics from the output voltage. The solution sought must satisfy the following condition.

$$\beta_1 < \beta_2 < \dots < \beta_{k-1} < \beta_k \quad (14)$$

With $k = \frac{\pi}{2}$.

For the five level inverter, we need two angles to eliminate the first harmonic.

We have: $N = 5, \beta_k = \frac{\pi}{2}$ then $k = \frac{6\pi}{E}$

$L = [1 \ 1]$, then

$$D = \begin{bmatrix} -2 & 1 & 1 & -2 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 & -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

and

$$D^\dagger = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}^T$$

The switching angles are given by the equation (9) with:

$$\beta = [\beta_1^a \ \beta_2^a \ \beta_1^b \ \beta_2^b \ \beta_1^c \ \beta_2^c]^T$$

The voltages V_{an}, V_{bn} are alternating and sinusoidal.

$$V_{an} = V_{max} \sin(\theta + \varphi_1) \text{ et } V_{bn} = V_{max} \sin(\theta + \varphi_2)$$

Where φ_1 and φ_2 are the phase of the alternating sinusoidal V_{an} and V_{bn} respectively. We are interested in the angles of the phase "a" which are: $\beta_1^a = \beta_1$ and $\beta_2^a = \beta_2$

After calculation we get: $\beta_1 = \frac{2\pi}{E} V_{max} \sin(\theta + \varphi_1) + \lambda_1$ and $\beta_2 = \frac{2\pi}{E} V_{max} \sin(\theta + \varphi_2) + \lambda_2$

By setting $r = \frac{V_{max}}{E}$, we get $\beta_1 = 2\pi r \sin(\theta + \varphi_1) + \lambda_1$ and $\beta_2 = 2\pi r \sin(\theta + \varphi_2) + \lambda_2$

Where $0 < r < 1$, λ_1 and λ_2 are parameters.

For three-phase inverter, odd-numbered harmonics and not multiples of 3 are the most troublesome. The Fourier transformation of voltage V_{ao} of the 5-level inverter which makes it possible to eliminate the 5th harmonic is given by the following system:

$$\begin{cases} \cos(\beta_1) + \cos(\beta_2) = \frac{\pi r}{2} \\ \cos(5\beta_1) + \cos(5\beta_2) = 0 \end{cases} \quad (15)$$

With $\beta_1 < \beta_2 < \frac{\pi}{2}$ and $0 < r < 1$

The objective function which minimizes the 5th order harmonics is defined by:

$$F_t = f_1^2 + f_2^2$$

with:

$$f_1 = \cos(\beta_1) + \cos(\beta_2) - \frac{\pi r}{2}$$

$$f_2 = \cos(5\beta_1) + \cos(5\beta_2)$$

By replacing in system (15), β_1 and β_2 by its expressions in (13) we obtain an objective function of the real variable θ defined by:

$$F_t(\theta) = f_1^2(\theta) + f_2^2(\theta)$$

With:

$$f_1(\theta) = \cos[2\pi r \sin(\theta + \varphi_1) + \lambda_1] + \cos[2\pi r \sin(\theta + \varphi_1) + \lambda_1] - \frac{\pi r}{2}$$

$$f_2(\theta) = \cos[10\pi r \sin(\theta + \varphi_1) + 5\lambda_1] + \cos[10\pi r \sin(\theta + \varphi_1) + 5\lambda_1] - \frac{\pi r}{2}$$

$$0 < r < 1 \text{ and } 0 < \theta < 2\pi$$

Let determine the value of θ which minimizes F_t . From θ we can deduce the ones of β_1 and β_2 .

We then have to solve the following unconstrained one-dimensional optimization problem

$$(P): \begin{cases} \min F_t(\theta) \\ \theta \in \mathbb{R} \end{cases}$$

To solve such a problem, we apply Newton Raphson algorithm described below.

Algorithm 1: Newton Raphson unidimensional algorithm

Data: A function F and an initial x^0

Result: The stationary point x^k of F

begin

$\epsilon \leftarrow 10^{-6}$

$k \leftarrow 1,$

while $\|x_{k+1} - x_k\| > \epsilon$ **do**

$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}$

$k \leftarrow k + 1$

end

return x^k

end

We first set $\varphi_1 = \varphi_2 = 0, \lambda_1 = 0.2\pi, \lambda_2 = 0.4\pi$.

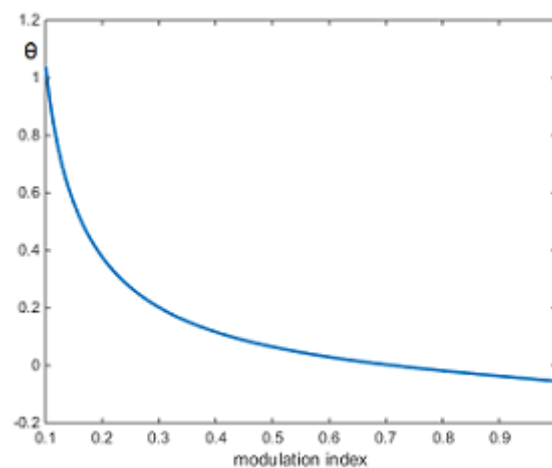
After, by considering different values of the modulation index r and by applying Newton algorithm, we obtain computational results reported in Table 1.

- On the first column of Table 1, one can observe the different values of the modulation rate r considering;
- the second column displays the optimal θ values obtained by applying Newton algorithm;
- The third and fourth columns of Table 1 gives values of angles β_1 and β_2 deduced from the value θ . β_1 and β_2 are optimal switching angles that eliminate the harmonic of rank 5.
- The fifth column of Table 1, gives the optimal value of the objective function F_t . With respect to the
- different values of r , we observe that the optimal value of F_t is equal to zero.
- On the last column of Table 1 is presented the value of the Total Harmonic Distortion (THD for short).
- We recall that TDH is calculated from the following formula:

$$THD\% = 100 * \frac{\sqrt{\sum_k^\infty \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^c \cos(n\beta_i) \right)^2}}{\sum_{i=1}^c \cos(n\beta_i)}$$

Table 1. Computational angles related to (F_t)

r	θ	β_1	β_2	F_t	THD%
0.375	0.133492	0.941919	1.570234	0	31.360533
0.392	0.121628	0.927150	1.555467	0	31.062920
0.406	0.112568	0.914870	1.543186	0	31.767937
0.430	0.098412	0.893775	1.522097	0	32.506718
0.480	0.073303	0.849197	1.477519	0	30.207441
0.494	0.067179	0.836677	1.464998	0	29.239489
0.515	0.058508	0.817531	1.445846	0	27.477114
0.542	0.048320	0.792808	1.421130	0	24.655218
0.559	0.042356	0.777041	1.405355	0	22.420815
0.585	0.033837	0.752666	1.380980	0	18.344477
0.659	0.012839	0.681480	1.309841	0	20.223440
0.672	0.009557	0.668671	1.296962	0	20.760332
0.723	-0.002434	0.617263	1.245528	0	21.755127
0.734	-0.004879	0.605816	1.234096	0	21.862438
0.735	-0.005098	0.604778	1.233051	0	21.862312
0.755	-0.009374	0.583851	1.212206	0	21.633421
0.771	-0.012683	0.566879	1.195170	0	21.475634
0.792	-0.016904	0.544203	1.172509	0	21.488253
0.811	-0.020603	0.523342	1.151664	0	20.857637
0.835	-0.025163	0.496318	1.124643	0	18.602015
0.836	-0.025336	0.495251	1.123560	0	18.496464
0.855	-0.028852	0.473344	1.101665	0	16.395521
0.913	-0.039239	0.403279	1.031593	0	10.604527
0.929	-0.042046	0.382967	1.011286	0	11.077692
0.941	-0.044152	0.367359	0.995673	0	11.411861
0.953	-0.046253	0.351461	0.979781	0	11.520555
0.969	-0.049058	0.329754	0.958075	0	11.912003
0.982	-0.051342	0.311674	0.939989	0	12.616569
0.995	-0.053641	0.293131	0.921446	0	13.227317

Fig. 3. θ as a function of the modulation index r

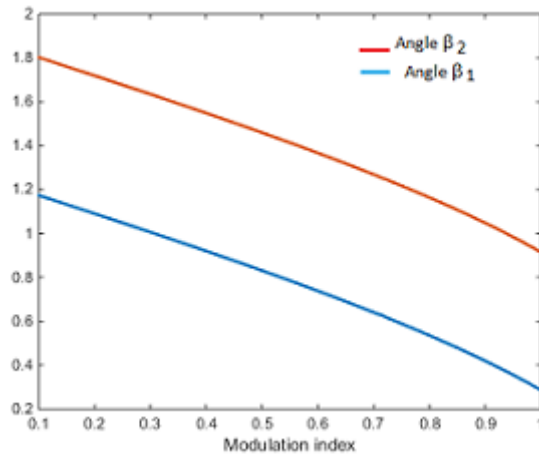


Fig. 4. Solutions angles as a function of the modulation index r

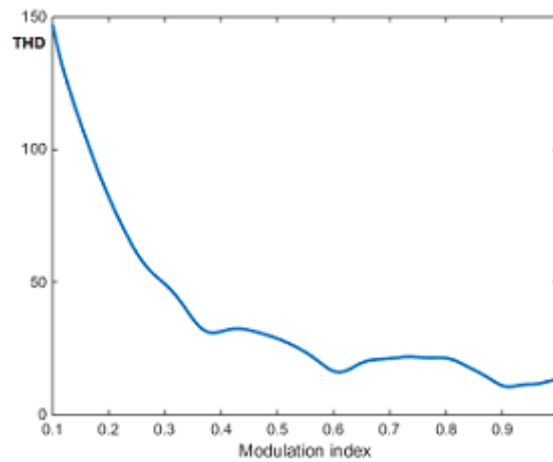


Fig. 5. THD as a function of the modulation index r

Fig 3, 4 and 5 give the variation of θ , angles β_1, β_2 as a function of the modulation index r , respectively.

For single phase inverters, proceeding similarly as the case of three phase multilevel inverters, the problem that consists to eliminate the third harmonic corresponds to solve the system (16) below.

$$\begin{cases} \cos(\beta_1) + \cos(\beta_2) = \frac{\pi r}{2} \\ \cos(3\beta_1) + \cos(3\beta_2) = 0 \end{cases} \quad (16)$$

With $\beta_1 < \beta_2 < \frac{\pi}{2}$ and $0 < r < 1$

After we solve the problem

$$(P') : \begin{cases} \min F_m(\theta) \\ \theta \in \mathbb{R} \end{cases}$$

Where F_m is such that resorting to the first optimality condition $\nabla F_m = 0$, (where ∇F_m is the gradient of F_m).

By setting $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ and $\lambda_1 = 0.1\pi$ and $\lambda_2 = 0.4\pi$ and applying Algorithm 1, we obtain results summarized in for single phase inverters. Note that is similarly read as

One can observe that solutions that satisfy the constraint (14) are obtained for values of modulation index between 0.552 and 0.999.

Table 2. Computational angles related to (F_m)

r	θ	β_1	β_2	F_m	THD %
0.552	0.033034	0.522959	1.570158	0	29.707884
0.570	0.026696	0.504003	1.551201	0	29.172338
0.583	0.022321	0.490165	1.537366	0	30.049889
0.593	0.019064	0.479433	1.526638	0	30.790928
0.604	0.015582	0.467538	1.514742	0	31.296768
0.613	0.012818	0.457774	1.504961	0	31.422117
0.624	0.009517	0.445718	1.492906	0	31.366093
0.632	0.007179	0.436913	1.484112	0	31.313562
0.645	0.003457	0.422418	1.469604	0	31.375290
0.655	0.000675	0.411186	1.458390	0	31.516411
0.664	0.001776	0.400998	1.448184	0	31.608780
0.678	0.005488	0.385029	1.432230	0	31.521713
0.697	0.010368	0.363002	1.410201	0	31.098921
0.708	0.013125	0.350024	1.397229	0	30.930948
0.717	0.015325	0.339371	1.386569	0	30.871294
0.724	0.017028	0.330951	1.378136	0	30.833595
0.733	0.019182	0.320070	1.367253	0	30.735920
0.744	0.021761	0.306688	1.353869	0	30.497179
0.753	0.023865	0.295509	1.342694	0	30.239445
0.761	0.025688	0.285593	1.332775	0	30.032373
0.771	0.027971	0.272923	1.320132	0	29.859732
0.783	0.030648	0.257650	1.304831	0	29.753925
0.794	0.033092	0.243349	1.290552	0	29.624149
0.805	0.035509	0.228845	1.276018	0	29.384880
0.816	0.037905	0.214112	1.261291	0	29.120844
0.828	0.040498	0.197775	1.244996	0	28.968079
0.839	0.042858	0.182548	1.229767	0	28.954813
0.859	0.047125	0.154158	1.201318	0	28.804274
0.878	0.051195	0.126111	1.173349	0	28.667114
0.892	0.054193	0.104830	1.152070	0	28.878223
0.905	0.056997	0.084484	1.131725	0	29.004269
0.919	0.060040	0.061932	1.109178	0	29.040771
0.939	0.064360	0.028954	1.075533	0	29.779659
0.953	0.066221	0.012180	1.050595	0	29.699574
0.970	0.062860	0.025552	1.019376	0	27.947081
0.982	0.057928	0.051191	0.995965	0	25.661882
0.994	0.053299	0.075691	0.971340	0	23.688560
0.999	0.051326	0.086386	0.960814	0	22.899231

As previously, Fig 6, 7, 8 show the variation of, angles β_1 , β_2 and the THD % with respect the modulation index r , respectively.

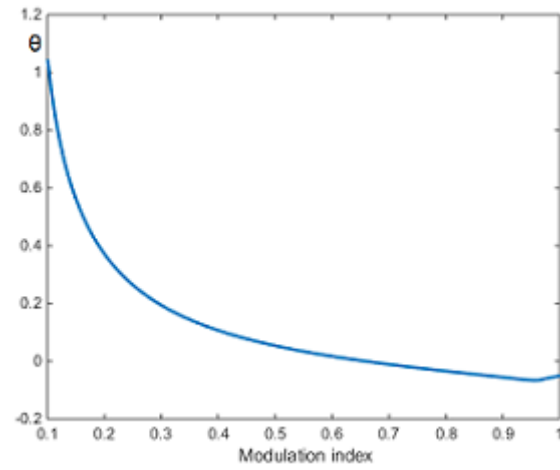


Fig. 6. θ as a function of the modulation index r

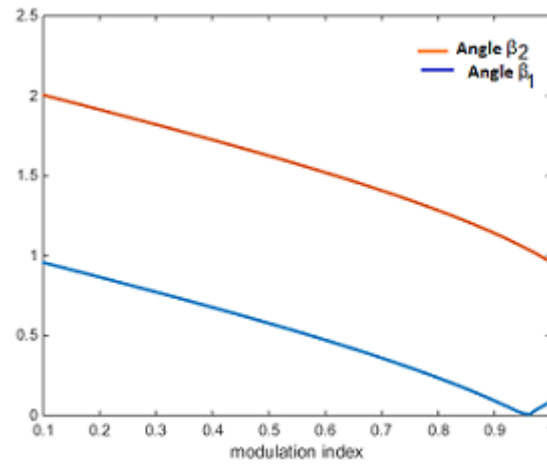


Fig. 7. Solutions angles as a function of the modulation index r

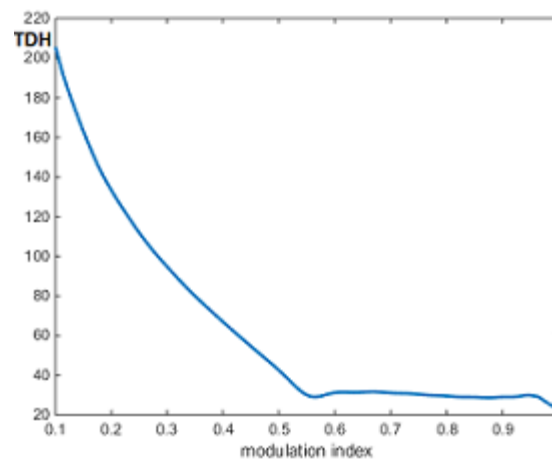


Fig. 8. THD as a function of the modulation index r

5 CONCLUSION

In this paper, based on mean voltage values and from a formula that relates inverters switching angles, we apply inverse generalized technique to determine the optimal switching angles by Selective Harmonic Elimination of a single phase and three phase five level cascade inverter. This allows to transform a function with several variables into a function with one variable. After, consider different values of the modulation index r , we use Newton algorithm to optimize the latter one-dimensional function. As results, we find optimal switching angles that eliminate harmonics of rank 3 and 5 for single phase and three-phase inverters respectively.

REFERENCES

- [1] Kamani, Piyush L and Mahmadasraf A. Mulla, "Univariate equation-based SHE-PWM for multilevel inverter," *Sadhana*, vol. 44, n°. 5, pp.1-5, 2019.
- [2] Tuncer, Servet, Yetkin Tatar, Hanifi Guldemir. "A SHEPWM Technique with Constant v/f for Multilevel Inverters," *Politeknik Dergisi*, vol. 8, n°. 2, pp. 123-130, 2005.
- [3] Berkoune Karima, Vidal Paul-Etienne, and Rotella Frederic, "New pulse width modulation approach and model applied to multilevel inverters, 2014.
- [4] Ashok.B and Rajendran. A, "Selective Harmonic Elimination of Multilevel Inverter Using SHEPWM Technique," *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, vol. 3, n°. 2, pp. 79-82, 2013.
- [5] Gamal M. Hashem and Ramy M. Hossam, "Complete Solutions for Stepped SHEPWM Technique Applied to Multilevel Inverter," In: 16th International Middle- East Power Systems Conference MEPCON, 2014.
- [6] Vinay Kumar A V, Arun Kumar M, Dr Parkash3, Meghna M C, "Selective Harmonic Elimination for Multilevel Inverter in Statcom," *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*: vol. 5, n°. 8, pp. 45.98, 2017.
- [7] Ahmadi Damoun and Wang Jin, "Full Study of a Precise and Practical Harmonic Elimination Method for Multilevel Inverters," *IEEE transactions on industry applications*, vol. 46, n°.2, pp.857-865, 2010.
- [8] Mbekhta, Mostafa, "Conorme et inverse generalisee dans les C^* -algebres," *Canadian mathematical bulletin*, vol. 35, n°. 35, pp. 515-5522.
- [9] Salhi Tarek, "Inverse generalisee et pseudo-inverse," 2011.

Typologie et rôle des arbres dans le milieu urbain et périurbain de la ville Korhogo

[Typology and role of trees in the urban and peri-urban environment of the city of Korhogo]

N'Guessan Simon Andon

Département de Géographie, UFR Sciences Sociales, Université Peleforo GON COULIBALY, BP 1328 Korhogo, District des Savanes,
Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Rapid and uncontrolled urbanization due to population growth in the city of Korhogo is creating socio-economic and environmental problems. Urban and peri-urban trees (AUP) play an important role in improving this situation. But this knowledge is very limited. Therefore, this research would like to show the types and role of AUPs based on the Millennium Ecosystem Assessment (MEA) services. Triangulation of methods (analysis of secondary data from the literature review and primary data from surveys and field observation) was used to highlight the types of trees that are predominantly present in the city of Korhogo and their role in the lives of 240 city dwellers. The results showed that (i) there are 44 species, divided into 23 families of which 10 families are dominant. The mango tree (*Mangifera indica*) is dominant with 80% and the other 20% represent exotic trees such as neem (*Azadirachta indica*), *Acacias Auriculiformis*, Eucalyptus, etc. (ii) The role of the trees is derived from those of the MAE services which are: Provisioning (fruits, leaves, wood, food, source of economic income, medicine, with the economic function); Regulating (especially the Provision of shade, recreation, well-being and health, carbon sequestration, oxygenation, microclimate, with the ecological function); Supporting (soil erosion control, maintenance of biodiversity, provision of organic matter, with the ecological function) and Cultural (meditation, education, respect us and custom, spiritual, aesthetic, with the social and cultural function). A sustainable management of all AUP is necessary in the city of Korhogo.

KEYWORDS: Korhogo, urban, peri-urban, tree, species, exotic, role.

RESUME: L'urbanisation rapide et incontrôlée due à la croissance démographique de la ville de Korhogo engendre des problèmes socio-économiques et environnementaux. Les arbres urbains et périurbains (AUP) jouent un rôle important pour améliorer cette situation. Mais cette connaissance est très limitée. C'est pourquoi, cette recherche voudrait montrer les types et le rôle des AUP en s'appuyant sur les services du millenium Ecosystem Assessment (MEA). La triangulation des méthodes (analyse des données secondaires de la revue de littérature et primaires issues des enquêtes et observation de terrain) a été utilisée pour mettre en lumière les types d'arbres majoritairement présents dans la ville de Korhogo et leur rôle auprès de 240 citoyens. Les résultats ont montré que (i) il y a 44 espèces, réparties en 23 familles dont 10 familles sont dominantes. Le Manguier (*Mangifera indica*) est dominant avec 80% et les autres 20% représentent les arbres exotiques tels que le neem (*Azadirachta indica*), l'*Acacias Auriculiformis*, l'*Eucalyptus*, etc. (ii) Le rôle des arbres découle de ceux des services du MAE qui sont: Approvisionnement (fruits, feuilles, bois, nourriture, source de revenu économique, médicament, avec la fonction économique); Régulation (surtout l'Apport d'ombre, récréation, bien-être et santé, séquestration du carbone, oxygénation, microclimat, avec la fonction écologique); Support (lutte contre l'érosion du sol, maintien de la biodiversité, apport de matière organique, avec la fonction écologique) et Culturels (méditation, éducation, respect us et coutume, spirituel, esthétique, avec la fonction sociale et culturelle). Une gestion durable de tous les AUP est nécessaire dans la ville de Korhogo.

MOTS-CLÉS: Korhogo, arbre, urbain, périurbain, espèce, exotique, rôle.

1 INTRODUCTION

Le sommet de Rio de Janeiro et les différents accords sur la ville durable exigent la promotion d'un modèle viable et durable d'établissements humains dans un monde qui s'urbanise (A. BERQUE et al., 2006 p 130; S. BORELLI et al., 2018, p. 4, 5). Les arbres participent

fortement au cadre de vie des citoyens qui représentent 51% de la population ivoirienne. L'urbanisation rapide et incontrôlée ainsi que la croissance démographique de la ville de Korhogo engendrent des problèmes socio-économiques (transport, santé, éducation, social, administration) et environnementaux (l'insalubrité, la pollution de l'air et de l'eau, l'accumulation des déchets, l'assainissement (eau usées et eaux pluviales), le bruit, augmentation de la canicule, etc.) (RCI-PNAE, 1994, p. 59; FAO, 2012 p. 4). Le rôle que jouent les arbres urbains pour améliorer cette situation paraît à première vue, très limité. Et pourtant, les arbres en milieu urbain fournissent des services écosystémiques qui contribuent à la santé et au bien-être des citoyens ainsi qu'à la régulation du climat, à la lutte contre le réchauffement climatique et à la préservation de la biodiversité (K.L WOLF et *al.*, 2020 p. 1). Quels sont donc les types des arbres du paysage urbain et périurbain de Korhogo? Malheureusement, ces arbres subissent des pressions anthropiques et des maladies phytosanitaires telles que décrites par D.J. NOWAK et E.J. GREENFIELD (2018) cité par K.L WOLF et *al.* (2020 p. 2). Quel rôle les arbres du paysage urbain et périurbain de Korhogo jouent-ils sur la biodiversité, sur le bien-être et la santé des citoyens, sur l'environnement local, régional et mondial? En s'appuyant sur les services écosystémiques du millénaire (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005 p. 9), il est possible d'identifier et localiser les types d'arbres du milieu urbain et périurbain de Korhogo d'une part et d'autre part de montrer le rôle de ces arbres suivant les services écosystémiques du millénaire. Il s'agira d'identifier et localiser les arbres indigènes et exotiques, les arbres comestibles et esthétiques majoritaires du paysage urbain et périurbain, et présenter les services écosystémiques du millénaire locaux (Approvisionnement (biens et produits: nourritures, fruits, bois, médicaments, noix, feuilles, économie)); Régulation (apport d'ombre, séquestration du carbone, purification de l'air, régulation du microclimat local (pluie), pollinisation, haie-vive (clôture), abri pour les animaux, brise vent, lutte contre l'avancée du désert); Support (lutte contre l'érosion et purification de l'eau souterraine et de surface) et Culturel (méditation, respect des us et coutume, éducation, héritage).

La connaissance du rôle des arbres urbains et périurbains peut d'une part informer sur leurs multiples services et fonctions environnementaux, sociaux, écologiques, culturels et économiques, et d'autre part, promouvoir la planification et la mise en œuvre de politique (stratégies) et de gestion saine et durable des arbres urbains et périurbains locaux.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La ville de Korhogo est située à environ 600 Km d'Abidjan au Nord de la Côte d'Ivoire. Elle est à la fois, le Chef-lieu de Sous-Préfecture, de département, de région du Poro et du district des savanes, avec une superficie de 700 Km² et une population de 258 699 habitants (RCI-RGPH, 2014b, p.21; UVICOCI, 2019 en ligne). Consacrée Commune de plein exercice par la loi No 78-07 du 09 janvier 1978, la population de cette ville est majoritairement composée d'autochtones Senoufo (Tiembara, Fodolon, Nafara et Kafire) (86,55%), d'allochtones (5%) originaires de diverses régions de la Côte d'Ivoire et allogènes (8,45%) ressortissants des pays de la CEDEAO, notamment des burkinabés et maliens (RCI-RGPH, 2014b, p. 11). La ville de Korhogo est la quatrième ville du pays en termes de population selon le RCI-RGPH de 2014b (p. 21). Elle compte trente-deux quartiers dont huit ont servi d'échantillon pour cette recherche. Il s'agit de quatre anciens quartiers ou du Centre-ville (Koko, Soba, Résidentiel 1 et Sinistré) et quatre (4) nouveaux quartiers ou quartiers périphériques (Logokaha Résidentiel, Résidentiel 2, Cocody et Kassrimé) tel que présenté par la Fig. 1.

La Commune est caractérisée par un climat tropical de type soudano-guinéen à deux saisons (une saison sèche de novembre à avril, et une saison de pluie qui s'étend de mai à octobre. Elle connaît un maximum de pluie en août et en septembre). L'essentiel des précipitations se concentre sur la période de juillet à septembre avec des pluviométries moyennes annuelles autour de 1 200 mm. Les températures moyennes annuelles sont voisines de 27° C et oscillent entre 29° C entre février - mars et 24° C en août (Y.T BROU et *al.*, 2005, p. 535). Elle appartient à la zone phytogéographique Sub-soudanienne avec une mosaïque de forêts et de savanes où l'on trouve des îlots de forêts denses sèches, claires, et galeries, des savanes arborées, arbustives et herbeuses, en bordure de drainage des cours d'eau (N. OUATTARA, 2001, p. 3). Il y a aussi des forêts sacrées dans certains quartiers et la présence des arbres floristiques dont le nombre et la densité varient selon les quartiers (qu'il soit central ou périphérique).

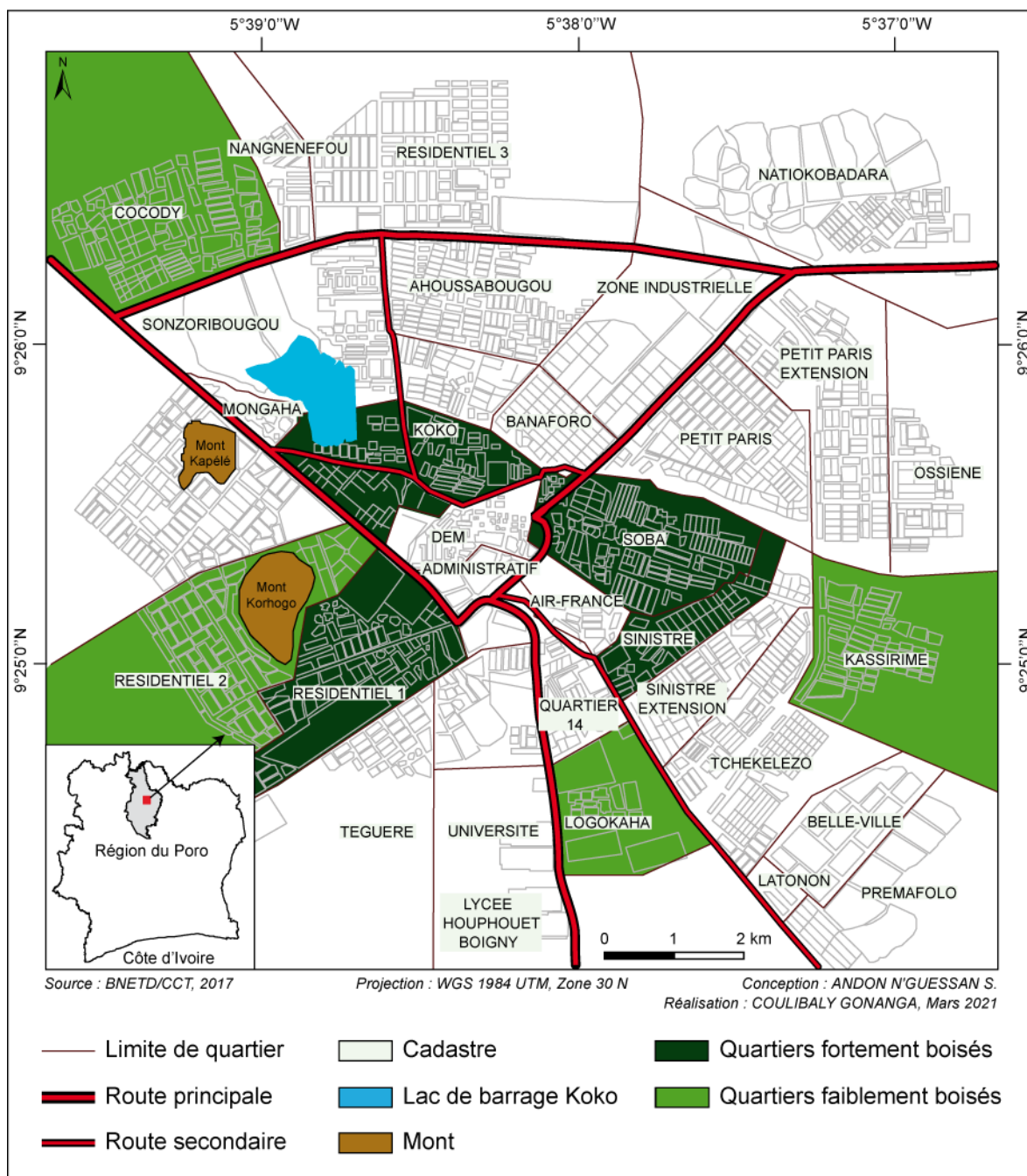


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2.2 ÉCHANTILLONNAGE ALÉATOIRE STRATIFIÉ ET RAISONNÉ

La méthode de l'échantillonnage aléatoire (H. GUMUCHIN et C. MAROIS, 2000, p.13) a permis de faire le choix des localités et des personnes à enquêter. Le choix de cette méthode s'explique par le fait que la ville de Koro possède les caractéristiques homogènes du point de vue géographique, biophysiques, socio-économiques et culturelles. L'arbre urbain et périurbain ainsi les forêts sacrées urbaines jouent le même rôle suivant services écosystémiques en termes d'approvisionnement, de régulation, édaphique (ou support) et culturel dans le paysage urbain et périurbain de la ville. Huit (8) quartiers ont été choisis de façon aléatoire et raisonné (4 anciens quartiers (ou Centre-ville) et 4 quartiers périphériques). L'enquête s'est faite au moyen de questionnaires. Trente (30) citadins pour six quartiers chacun et trente-et-un (31) citadins pour les quartiers Sinistré et Kassirimé-Extension ont été choisis au hasard. Ce qui fait un total de 242 citadins. Les entretiens semi-dirigés ont été également effectués auprès des autorités administratives et coutumières. Le tout dans le but de connaître les types d'arbres du milieu urbain et périurbain et le rôle de ces arbres. Les données collectées sont quantitatives et qualitatives. La totalité des quartiers enquêtés ainsi que les personnes interrogées sont consignées dans le

Tableau 1. Les quartiers et le nombre de citoyens enquêtés

Type de quartier	Nom de quartier	Nombre et type d'enquêté
ANCIEN QUARTIR OU CENTRE-VILLE	KOKO	30 citoyens
	SOBA	30 citoyens
	RÉSIDENTIEL 1	30 citoyens dont le Chef du village de Korhogo
	SINISTRÉ	31 citoyens
NOUVEAU QUARTIER OU QUARTIER PÉRIPHÉRIQUE	LOGOKAHA RÉSIDENTIEL	30 citoyens
	RÉSIDENTIEL 2	30 citoyens
	COCODY	30 citoyens
	KASSRIMÉ	31 citoyens

Les enquêtes de l'article, Mars 2021

2.3 ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE ET GUIDE D'ENTRETIEN

L'enquête par questionnaire a porté sur le mode d'administration direct, c'est-à-dire qu'au moment de l'enquête, des questions sont posées à l'enquêté suivant la structure du questionnaire. Elle a concerné les 242 citoyens.

2.4 ENQUÊTE PAR OBSERVATION D'ITINÉRAIRE ENVIRONNEMENTAL

Il s'agit d'une méthode pédagogique développée en éducation relative à l'environnement qui consiste à observer l'arbre sous tous ses aspects (l'arbre en lien avec son environnement immédiat (comment il pousse ? et son lien avec la biodiversité), le type d'arbre et l'arbre et ses liens avec les hommes dans la ville) lors de notre déplacement sur un itinéraire (route, rue) du milieu urbain (Guide pédagogique « arbre » - SFFERE, 2001 p1-5). Les moyens de déplacement ont été la voiture pour rejoindre les quartiers et à pied à l'intérieur des quartiers choisis. L'observation est une exploration visuelle.

2.5 MÉTHODES DE TRAITEMENT DE DONNÉES

Les données issues des questionnaires ont été saisies puis traitées sur Sphinx et exportées sur Excel pour être présentées sous formes de tableaux et de figures. La méthode d'observation d'itinéraire environnemental a permis de prendre des photos lors des observations in-situ des arbres urbains et périurbains. Ces photos ont servi à illustrer les résultats. Enfin, la carte a été réalisée avec le logiciel ARCGIS et Adobe Illustrator.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 TYPOLOGIE DES ARBRES DU MILIEU URBAIN DE KORHOGO: COMPOSITION, CARACTÉRISTIQUE ET RICHESSES FLORISTIQUES

Le peuplement arboré de la ville de Korhogo est composé de 44 espèces, réparties en 23 familles dans les sites étudiés. On dénombre 10 familles dominantes: Anacardiaceae, Mimosaceae, Combretaceae, Fabaceae, Meliaceae, Arecaceae, Annonaceae, Verbenaceae, Rutaceae, et Myrtaceae (Fig. 2). On note une abondance à large distribution des Anacardiaceae qui sont des espèces fruitières (la mangue et l'anacarde) et des Mimosaceae (l'acacia) suivi des Combretaceae. Ces familles affichent une aisance de propagation et une adaptation aux perturbations anthropiques.

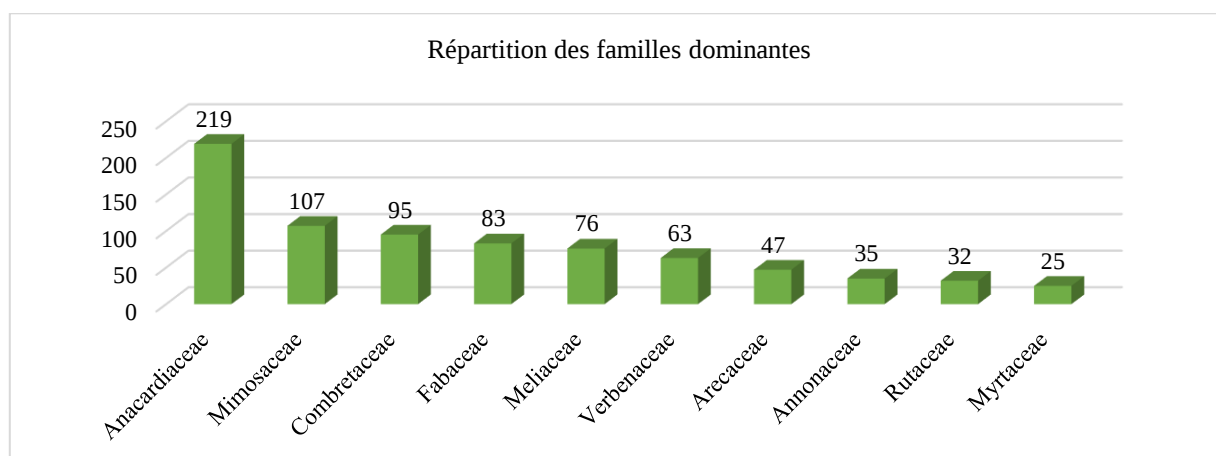


Fig. 2. Les familles dominantes de la végétation urbaine

Source: Enquêtes de l'article, relevées floristique, octobre 2019

Les familles qui comptent le plus d'espèce sont les Fabaceae avec une diversité de (8 espèces), les Combretaceae (4 espèces), suivie de 3 espèces pour les Arecaceae. Les familles suivantes sont composées de 2 espèces: Anacardiaceae, Bombacaceae, Verbenaceae, Rutaceae, Myrtaceae, Moraceae, et Meliaceae. Pour les autres familles elle se compose d'une seule espèce (Fig. 2).

3.1.1 LES ESPÈCES DOMINANTES ET SPATIALES DES PEUPELEMENTS LIGNEUX

Les relevés floristiques dans les parcelles échantillonnées, nous montre que l'espèce *Mangifera indica* (le manguier) est pratiquement présente dans toutes les concessions. Elle est suivie de l'*Acacia* sp, l'*Azadirachta indica* (le Nem), le *Terminalia mantaly*, *Cocos nucifera*, *Polyalthia longifolia*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Cassia siamea* et *Citrus limon* (Fig. 3).

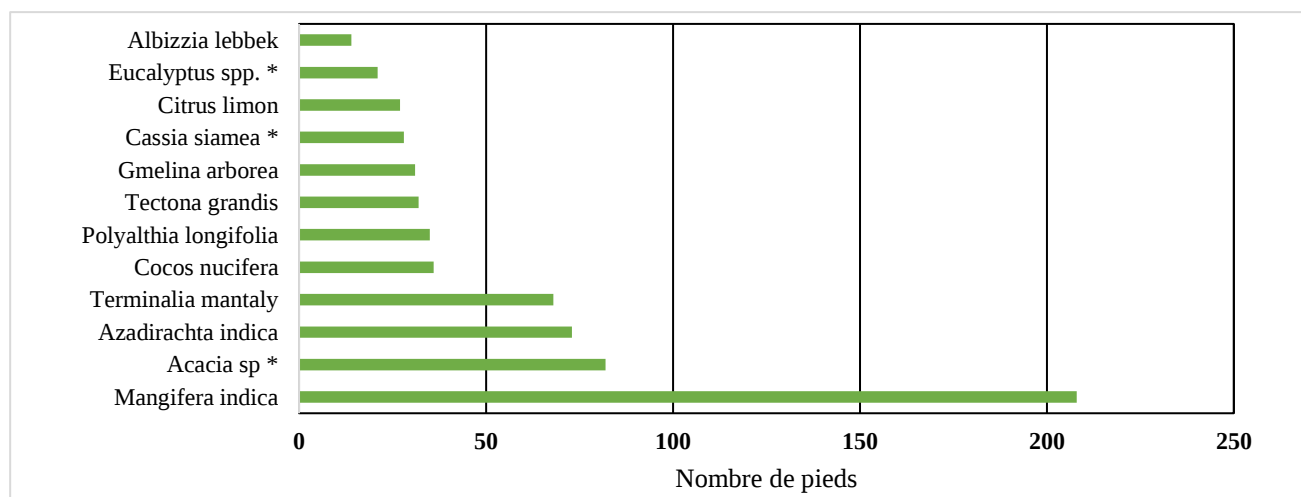


Fig. 3. Répartition des espèces en fonction du nombre de pieds

Source: Nos enquêtes, relevées floristique, octobre 2019

Le manguier est l'espèce dominante dans le paysage urbain. Elle est présente dans tous les quartiers de la ville et représente plus de 80 % du couvert arboré. Toutefois, dans les quartiers du centre-ville notamment Koko, Soba et Sinistré, il y a plus de 90% de manguier dans les concessions et les autres espèces exotiques 10% tandis qu'au quartier Résidentiel 1, on dénombre presque les mêmes proportions: 50% de manguier et de 50% des autres espèces exotiques.

Pour la FAO (2012 CH 6 p. 1), la décision de planter des arbres urbains et péri-urbains dépend des objectifs multiples de ceux ou celles qui les plantent. Ces objectifs peuvent être pour l'ornement, pour de l'ombre, pour des fruits comestibles, etc. C'est essentiellement pour ces trois objectifs majeurs que des arbres sont plantés dans le paysage urbain de Korhogo. Bien qu'en plus de cela ces arbres offrent également les services écosystémiques développés dans cette recherche.

3.1.2 NOMBRE D'ARBRE ET LEUR ÂGE SELON LES QUARTIERS URBAINS ET PÉRIURBAINS

Les arbres varient en nombre et en âge selon les quartiers en fonction des objectifs qui ont motivés leur plantation. Les Tableau 2, 3 et 4 en font l'illustration.

Tableau 2. Nombre d'arbre par concession des quartiers

Nombre d'arbres de la concession	Type de quartiers				Total	
	Anciens quartiers		Nouveaux quartiers			
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	59	57,85	43	42,15	102	41,97
2	52	64,20	29	35,8	81	33,33
3	18	58,07	13	41,93	31	12,76
4	8	66,67	4	33,33	12	7,06
5 et Plus	6	85,71	1	14,29	07	4,88
Total	143	58,87	100	41,13	243	100

Les enquêtes de l'article, avril 2021

D'après le tableau 2, les arbres des quartiers de Centre-ville sont plus nombreux que ceux des nouveaux quartiers.

Tableau 3. Nombre d'arbre par âge par quartier des anciens quartiers à Korhogo

Nom du quartier	KOKO					
Âge	] 2; 5]	] 5; 10 [	] 10; 15 [	] 15; 20 [	] 20; 25 [	] 25 et + [
Effectif	1	0	0	0	2	27
Pourcentage (%)	3,33	0	0	0	6,67	90
Nom du quartier	SINISTRE					
Âge	] 2; 5]	] 5; 10 [	] 10; 15 [	] 15; 20 [	] 20; 25 [	] 25 et + [
Effectif	0	6	5	8	2	9
Pourcentage (%)	0	20	16,67	26,67	6,66	30
Nom du quartier	SOBA					
Âge	] 2; 5]	] 5; 10 [	] 10; 15 [	] 15; 20 [	] 20; 25 [	] 25 et + [
Effectif	0	0	3	7	5	15
Pourcentage (%)	0	0	10	23,33	16,67	50
Nom du quartier	RESIDENTIEL 1					
Âge	] 2; 5]	] 5; 10 [	] 10; 15 [	] 15; 20 [	] 20; 25 [	] 25 et + [
Effectif	1	2	13	13	1	0
Pourcentage (%)	3,33	6,67	43,34	43,33	3,33	0

Source: les enquêtes de l'article Avril-Mai-Juin 2021

Tableau 4. Nombre d'arbre par âge par quartier des nouveaux quartiers à Korhogo

Nom du quartier	KASSIRIME					
Âge	] 2; 5]	] 5; 10 [	] 10; 15 [	] 15; 20 [	] 20; 25 [	] 25 et + [
Effectif	7	13	8	10	5	1
Pourcentage (%)	23,33	43,33	26,66	33,33	16,66	3,33
Nom du quartier	RESIDENTIEL Extension					
Âge	] 2; 5]	] 5; 10 [	] 10; 15 [	] 15; 20 [	] 20; 25 [	] 25 et + [
Effectif	0	9	5	7	0	9
Pourcentage (%)	0	30	16,67	23,33	0	30
Nom du quartier	COCODY Extension					
Âge	] 2; 5]	] 5; 10 [	] 10; 15 [	] 15; 20 [	] 20; 25 [	] 25 et + [
Effectif	2	5	11	10	0	0
Pourcentage (%)	7,14	17,86	39,29	35,71	0	0
Nom du quartier	LOGOKAHA					
Âge	] 2; 5]	] 5; 10 [	] 10; 15 [	] 15; 20 [	] 20; 25 [	] 25 et + [
Effectif	6	14	4	3	1	2
Pourcentage (%)	20	46,67	13,33	10	3,33	6,67

Source: les enquêtes de l'article, Avril 2021

Les tableaux 3 et 4 montrent qu'on trouve les arbres les plus âgés dans les quartiers de centre-ville que ceux des nouveaux quartiers. Toutefois, les résultats montrent qu'il y n'a pas d'arbre dans l'intervalle [0 5 [ans dans les quartiers du Centre-ville. Cela signifie qu'il y a cinq (5) ans qu'il n'y a pas eu de reboisement dans ces anciens quartiers du Centre-ville. Dans les nouveaux quartiers, le taux de jeune arbre est pourtant très faible bien que des vieux arbres. Et en générale, les résultats montrent que le nombre d'arbre varie selon les quartiers et à l'intérieur d'un même groupe de quartier.

3.1.3 CARACTÉRISTIQUES DENDROMÉTRIQUES: RÉPARTITION DES ARBRES EN FONCTION DU DIAMÈTRE

La circonférence est l'élément qui permet de distinguer les arbres les plus âgés des plus jeunes. Les classes de circonférences des arbres inventoriés ont été réparti en sept (7) classes avec un intervalle de cinquante (50) centimètres [0-50 [; [50-100 [; [100-150 [; [150-200 [; [200-250 [; [250-300 [; [300-350 [. Dans les quartiers de centre-ville sont généralement compris entre [150-200 [et [300-350 [tandis que ceux des quartiers périphériques compris entre [0-50 [et [50-100 [.

Le patrimoine arboré de Korhogo est composé d'arbres de différentes tailles avec des DBH (Diamètre Breast Height (signifie diamètre à hauteur de poitrine) qui varient entre 45 cm et 346 cm. Les arbres dont la hauteur est compris entre 200 cm et 346 cm se situe généralement dans les quartiers du centre-ville (Exemple les arbres de la place de l'indépendance). Toutefois, de manière plus générale, les arbres dont le DBH est compris entre 100 cm et 200 cm occupent environ 51,93% de la population arborée de Korhogo soit un total de 525 pieds d'arbres (Fig. 4.). Par exemple, dans les établissements publics: l'université, le Centre Hospitalier Régional (CHR), Centre Aptitude à la Formation Professionnelle (CAFOP)) ont un DBH inférieur ou égal à 200 cm.

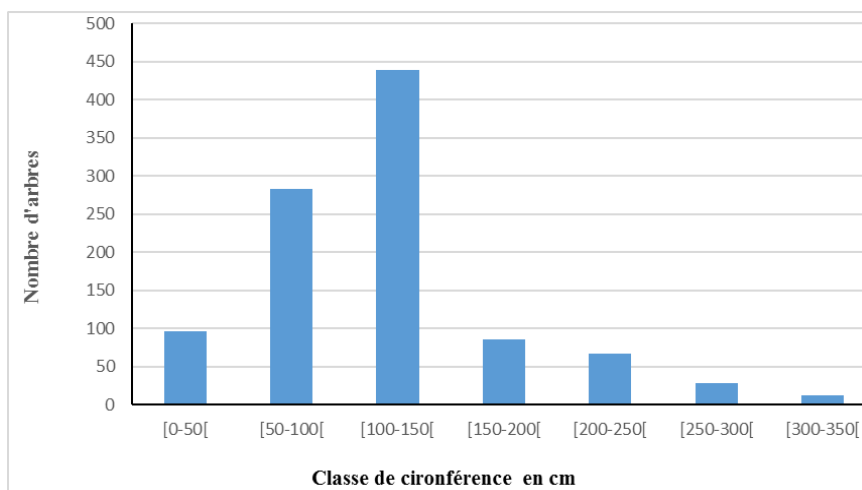


Fig. 4. Nombre d'arbre par classe de diamètre

Source: les enquêtes de l'article, relevées floristique, octobre 2019

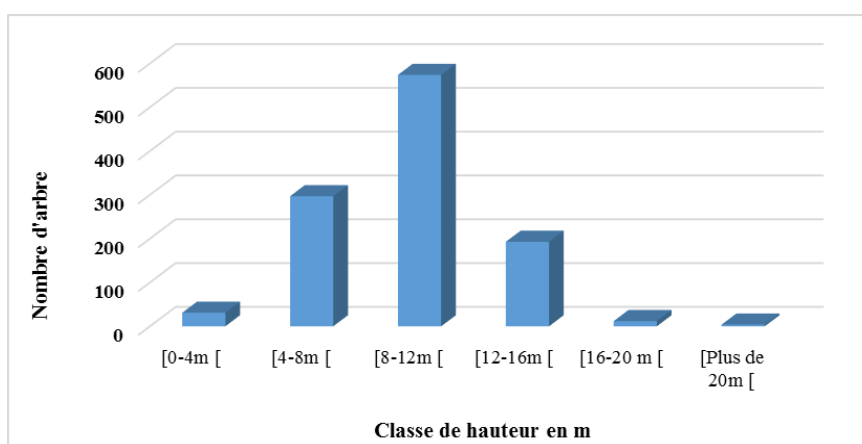


Fig. 5. Nombre d'arbre par classe de hauteur

Source les enquêtes de l'article, relevées floristique, octobre 2019

La Fig. 5 illustre que la classe qui regroupe le plus d'individu est celle de la classe [8-12 [; elle compte 574 pieds. On retrouve les vieux arbres dans les classes de [16-20m [et [Plus de 20m [. Ils sont en nombre faible et possèdent respectivement les valeurs 12 et 4.

Ces différentes hauteurs sont dues au fait que les arbres n'ont pas été plantés à la même période, par ailleurs certains paramètres tel que l'aspect du sol et l'humidité du sol influencent la croissance des arbres. Soulignons que la hauteur ici, ne permet pas d'avoir une idée sur l'âge des arbres car; l'élague irrégulier effectué à différentes périodes a permis aux jeunes pieds non élagués d'atteindre la hauteur des anciens pieds. Mais la mesure dendrométrique permet de connaître l'âge des arbres. Ce qui a d'ailleurs été confirmé par nos enquêtes consignées dans les tableaux 3 et 4. Les arbres isolés développent une ramification abondante et la pratique d'étêtage, certes irrégulière, limite la croissance en hauteur des arbres.

Les arbres du paysage urbain de Korhogo obéissent par leur localisation à un mode de plantation respectant des choix des essences préférentielles dictés par des raisons diverses par des populations locales et la Municipalité ainsi que des privés. En général, les arbres indigènes et comestibles comme le manguier (*Mangifera indica*) sont plantés dans les concessions ou les cours des citadins tandis que les arbres exotiques ou esthétiques préférés par les techniciens sont plantés dans les établissements publics et privés. Dans cette partie, les types d'arbres majoritaires sont présentés en fonctions de leur lieu de plantation, leur nom, leur taille et leur âge. Ainsi, les manguiers sont les plus nombreux. On les trouve sur les artères principales et dans les concessions individuelles tandis que l'acacia sp, le Nem *Azadirachta indica*, le *Terminalia mantaly*, *longifolia*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *cassia siamea* et le ficus sont plus présents dans les établissements publics et privés. Mais qu'en est-il du rôle de ces arbres.

3.2 RÔLE DES ARBRES DU MILIEU URBAIN DE KORHOGO SUIVANT LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DU MILLÉNAIRE

Le rapport de synthèse du MEA (Millenium Ecosystem Assessment) (2005 p 7-9) fait le lien entre le bien-être et la santé humaine et le fonctionnement des écosystèmes. Il recense vingt-quatre services d'origine écosystémique regroupés en quatre catégories: Services d'approvisionnement (en nourriture, en matériaux, etc.), service de régulation (la régulation du climat, de la qualité de l'air et de l'eau, etc.), services édaphiques ou de support (lutte contre l'érosion des sols, améliore la qualité des eaux, enrichit le sol) et services culturels (méditation, éducation, etc.). Les réponses des citadins et les observations ont été regroupés dans le (Tableau 5) et illustrées par des photos.

Tableau 5. Rôle de l'arbre dans le paysage urbain et périurbain de la Ville de Korhogo

APPREHENSION DU RÔLE	Nb. cité	Fréquence (%)
Approvisionnement (biens et produits (nourritures, bois, fruits, noix, feuilles, médicaments, économie))	210	86,8
Régulation (apport d'ombre, brise vent, abri pour les habitants, lutte contre le réchauffement climatique, séquestration du carbone, régulation de microclimat, lutte contre l'avancée du désert, haie vive)	218	90,1
Support ou édaphique (lutte contre l'érosion, purifie l'eau souterraine et de surface, augmente la production)	27	11,2
Culturels (méditation, favorise la socialisation, éducation, héritage, terroir et respect des us et coutume)	8	3,3
Total Observé	242	

Source: Les enquêtes, mars 2021

Le nombre de citation est supérieur au nombre d'observations du fait de réponses multiples (4 au maximum).

3.2.1 SERVICES DE RÉGULATION ET D'ESTHÉTIQUE

Les services de régulation et d'approvisionnement sont les plus connus des citadins. En effet, 90% des citadins affirment que l'arbre apporte de l'ombre dans les habitations et les espaces verts. Il constitue un abri surtout pendant les pics de chaleur de la ville de Korhogo où la température maximum peut atteindre 42 °C. Tandis que 86,8 % des citadins donnent de l'importance l'arbre à travers le service de l'approvisionnement suivant des biens et services des arbres: nourritures, bois, fruits, noix, feuilles, médicaments, économie (Tableau VIII). Les arbres fruitiers comme les manguiers (*mangifera indica*) apportent des fruits comestibles. D'autres comme le neem (*azadirachta indica*) est efficace pour lutter contre le paludisme, etc. L'ombre favorise le commerce de rue sous son houppier au bord des rues (Photo 1).



Photo 1. Houppier du mangier servant de lieu de vente pour les commerçants de la rue

Source: Les enquêtes (Parc Place de la paix, Avril 2021)

3.2.1.1 PROCURATION DE L'OMBRE

L'ombre des arbres sert de lieu de récréation et de socialisation. Le regroupement autour des arbres devrait favoriser la cohésion sociale. Mais avec le téléphone androïde, l'on constate un regroupement de citoyens peu enclins à la socialisation. Néanmoins, l'arbre demeure le lieu de multiples interactions sociales (Photo 2).



Photo 2: Houppier du manguiers, lieu de récréation et de socialisation

Source: Nos enquêtes (Parc Place de la paix, Avril 2021)

L'arbre adoucit la chaleur et réduit la mobilité des citoyens à travers son ombre. Dans le Parc de la place de la paix, des sièges sont aménagés pour le repos et la récréation des citoyens de Korhogo comme présenté par la photo 2. Les espaces verts et les jardins publics constituent des lieux de rencontre et de récréation également. À l'Université Peleforo GON COULIBALY les étudiants se réunissent sous l'ombre des arbres pour se reposer ou pour étudier.

3.2.1.2 FAVORISE LA SANTÉ

La présence d'arbre dans les centres de santé favorise la bonne santé physique, elle a également un effet thérapeutique important sur la santé des patients». Pour lui c'est ce qui explique en partie la présence d'arbre dans la majorité des centres de santé.

Par ailleurs, utilisé comme une haie-vive, l'arbre renferme l'image de propriétés et de territorialités. L'on l'utilise pour marquer son empreinte ou pour marquer sa propriété dans un contexte où le foncier urbain est parfois vendu à plusieurs et est source de conflit à cet effet.

3.2.2 SERVICE ESTHÉTIQUE

Si dans les villes des pays du nord, les arbres urbains ont pour fonction l'embellissement et l'esthétique, à Korhogo, ce sont les arbres fruitiers notamment les manguiers qui sont prisés par la population. C'est seulement les édifices publics et privés qui possèdent d'arbres esthétiques notamment les espèces exotiques tandis que les résidences se sont des manguiers qui sont plus plantés. Force est de constater qu'on retrouve une très faible densité d'arbres alignés au bord des voies routières. Cependant il existe seulement quatre (4) rues possédant des arbres en alignement, la plus forte densité se trouve au centre-ville sur la rue menant à la BCEAO à partir de la mairie Planche 1 (Photo). Ces arbres jouent un rôle décoratif au sein du paysage urbain Planche 1 (Photo B). Ce rôle se perçoit au niveau des espaces verts, jardins publics et des propriétés privées (maison) Planche 1 (Photo C). Ils agissent comme un élément de design et de structure.



Photo



Photo B



Photo C

Planche 1: Photos des arbres esthétiques

Nos enquêtes, juillet 2021

3.2.3 SERVICE CULTUREL

Le service culturel soit peu cité, il présente l'arbre comme un génie protecteur (Photo 3). L'on y fait des sacrifices et des prières animistes dans le but d'obtenir un besoin ou un souhait en faisant appel aux génies. Les animistes espèrent que cet arbre abrite les esprits des ancêtres ou des génies protecteurs et que ce sont ces génies qui protègent la ville de Korhogo.

**Photo 3. Arbre lieu de méditation et de prière**

Source: Nos enquêtes (Vers le pont Karzal, Avril 2021)

Le service culturel permet donc la méditation, la récréation, le respect des us et coutume, l'éducation et l'héritage.

3.2.4 SERVICES DE SUPPORT

Les arbres représentent un support important pour la biodiversité. Ils servent d'habitat pour de nombreuses espèces présentes en ville.

3.2.4.1 MAINTIEN DE LA BIODIVERSITÉ

La ville de Korhogo abrite la présence d'une variété d'espèces végétales et animales. Que ce soit au niveau des racines, du tronc ou du feuillage, toutes les parties servent à l'abri pour les oiseaux (corbeau, hirondelle, calao, pigeons), les insectes (abeilles, guêpes, fourmis chenilles, papillons, etc.) reptiles, les mammifères et les rongeurs (souris). (Photo 4)



Photo 4. Des nids d'oiseau sur des cocotiers

Source: Cliché Ahogni Jérôme, Mai 2020

Les arbres représentent une richesse pour la biodiversité et constituent également l'habitat (nid d'oiseau, nid d'abeille) et la nourriture de certaines espèces animales.

3.2.4.2 PROTECTION DES SOLS

Les zones enquêtées relèvent que les zones qui ont une densité élevée d'arbres ne sont pas érodées. Par contre les zones qui affichent de faible densité d'arbre sont marquées par les effets de l'érosion. Les arbres protègent le sol contre l'érosion et maintiennent en place les éléments structurant le sol que s'il y a présence d'une couverture végétale suffisante.

En outre, les arbres ont une fonction nourricière par l'apport de la matière organique qu'ils apportent au sol.

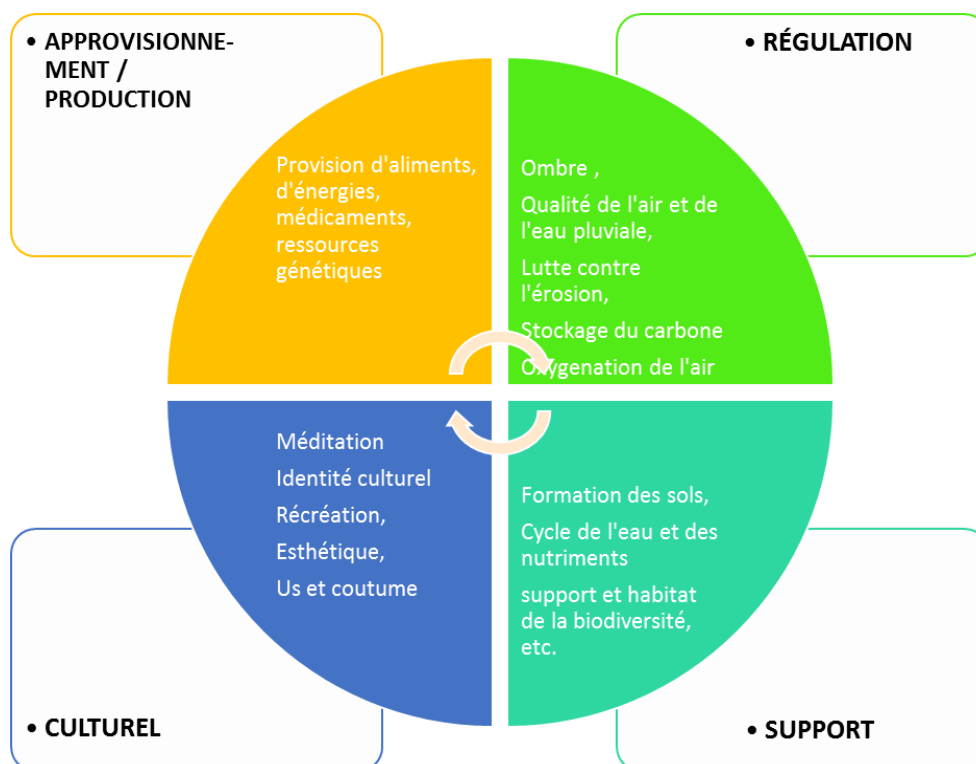


Fig. 6. Synthèse du rôle de l'arbre selon le Millenium Ecosystem Assessment, 2005 et 2012

Source: Les enquêtes de l'article, 2019-2021

La Fig. 6 fait une synthèse de rôle de l'arbre selon les services écosystémiques du millénaire. Un «service écosystémique» est un service gratuit, rendu par la nature, qui permet à l'Homme de vivre et de faire fonctionner sa société. Ces services se déclinent en quatre (4) catégories qui sont:

- Les services d'approvisionnement/production: ces services permettent à l'Homme de se nourrir et de se donner des ressources (bois, poissons, pollinisation, accès à l'eau etc.)
- Les services de régulation: ils permettent la résilience de la biosphère face aux perturbations (protection ou atténuation de catastrophes naturelles par des écosystèmes particuliers, stockage du CO2 et limitation du réchauffement climatique, purification de l'eau etc.)
- Les services de support: ces services permettent aux écosystèmes de fonctionner sans trop de problèmes (formation des sols, cycle de l'eau et des nutriments, résilience grâce à la biodiversité etc.). Cette catégorie est souvent fusionnée aux services de régulation.
- Les services culturels: ce sont les services qui nous touchent en tant qu'être humain (beauté des paysages, spiritualité, éducation, appréciation de la nature en général etc.), un rôle extrêmement important dans le fonctionnement des sociétés humaines ainsi que de leur économie, et le négliger pourrait à termes être fatale pour l'Homme.

L'idée est de montrer qu'une forte pression anthropique sur ces services pour ce qui nous concerne, la réduction des ressources ligneuses peut avoir de graves conséquences sur les citoyens de Korhogo. Ces informations sont soutenues par IPBES, 2019 p. 4 et 5; Tela Botanica, 2020 p. 2)

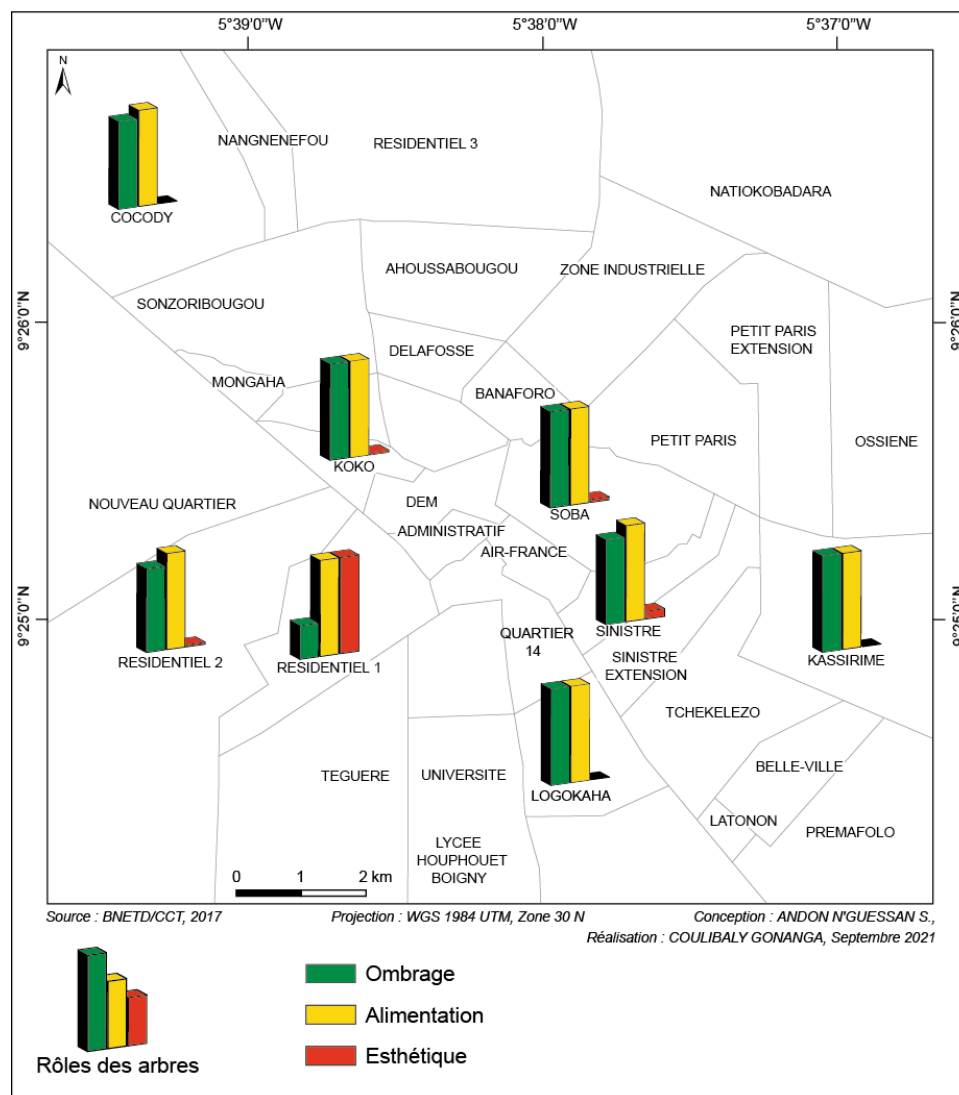


Fig. 7. Les rôles classiques de l'arbre à Korhogo

La Fig. 7. illustre le rôle prépondérant de l'arbre dans le paysage urbain de Korhogo. L'analyse des services écosystémiques de l'arbre dans le paysage urbain de Korhogo nous a permis d'identifier trois rôles classiques qui sont: le rôle alimentaire, écologique et esthétique. Le rôle écologique (l'ombrage) apparaît en premier, il est suivi du rôle alimentaire et enfin vient le rôle esthétique.

Le rôle alimentaire est quant à lui plus élevé dans les quartiers périphériques que ceux des quartiers du centre-ville. Par contre le rôle écologique montre une égalité entre les deux types de quartiers. Cependant, une différence apparaît au niveau du rôle esthétique. Dans les quartiers du centre-ville le rôle esthétique est majoritaire par rapport aux quartiers périphériques.

Dans la majorité des quartiers de la ville, il ressort que le service de régulation notamment l'ombrage et le service d'approvisionnement (la production de fruit) sont les principaux rôles des arbres dans les quartiers du centre-ville (Koko, Soba, Résidentiel 1, Sinistré) et périphériques (Cocody, Logokaha, Kassirimé, Résidentiel 2). Ces représentent près de 96% du rôle des arbres de la ville. Par contre le rôle esthétique reste très faible dans les quartiers excepté l'ancien quartier Résidentiel 1 et le quartier 14 qui affiche un taux de plus de 50%.

La fourniture en ombrage et la production de fruit sont liées au fait que le manguier représente 80% du couvert arboré du paysage urbain de Korhogo. De plus, le manguier est un arbre fruitier très apprécié par la population locale à cause de ces fruits et de son feuillage large qui procure de l'ombrage en toute saison. Ces rôles sont très importants et motivent les populations à protéger et à conserver les arbres à l'intérieur de leur concession.

Le rôle esthétique reste cependant faible dans les quartiers populaires du fait que les populations riveraines préfèrent planter des manguiers que les espèces exotiques. Or ce sont les espèces exotiques qui correspondent au rôle esthétique des arbres. Cependant certains riverains affirment que le manguier est l'une espèce qui s'adapte le mieux malgré les conditions difficiles du milieu par rapport aux espèces

exotiques. Certains citoyens insistent sur le fait que ce choix lié à plusieurs raisons: la cherté des plants exotiques, elles exigent assez de temps d'entretiens et de technicité, ils ne disposent pas assez de moyens financiers pour le faire. Par contre d'autre personnes pensent que les espèces exotiques ne produisent ni de fruits et elle occupe l'espace pour rien.

Ces services sont mis en péril par plusieurs menaces, notamment la réduction des ressources ligneuses dans les milieux urbains. À Korhogo, les arbres plantés le long de la rue des banques sont quasiment déracinés. Dans certaines cours également, ces actions de destructions des ressources ligneuses sont observées. Ce sont ces genres de situation qui ont fait dire à P. MÉRAL et D. PESCHE (2016 p. 16-17 et 261-262) qu'il faut repenser les relations nature et société pour remédier à cette situation de coupe à blanc des arbres urbains et périurbains.

4 CONCLUSION

L'inventaire des ressources ligneuses révèle 44 espèces réparties en 23 familles dont 10 familles sont dominantes dans la ville de Korhogo. Le Manguier (*Mangifera indica*) est le plus dominant avec 80% de la couverture arborée et les autres 20% représentent les arbres exotiques dont on peut citer entre autres, le neem (*Azadirachta indica*), l'*Acacia auriculiformis*, l'*Eucalyptus* et le *Ficus* ou l'arbre à palabre. Le manguier (*Mangifera indica*) se trouve dans la quasi-totalité des concessions individuelle, des places publiques et les principales artères (rue) du Centre-ville. Tandis que le Neem (*Azadirachta indica*), l'*Eucalyptus*, le *Ficus* et *Terminalia mantaly* se retrouvent dans les établissements publics et privés (écoles, centre de santé. Etc.)

Les arbres rendent de multiples services écosystémiques qui se regroupent en quatre (04) grandes de services écosystémiques ce sont: les services approvisionnements, culturels, de régulation et de support ou fonctions écologiques. Ces services possèdent en leur sein des fonctions qui sont transversales au rôle de l'arbre. Ces arbres offrent divers biens et services à la ville de Korhogo et servent à plusieurs utilisations.

Toutefois, les pressions anthropiques menacent les arbres urbains et périurbains de Korhogo ces dernières années. Des dispositions nécessaires méritent d'être prises en vue de préserver et protéger ces arbres.

REMERCIEMENTS

La réalisation de cet article a été possible grâce à la contribution de certaines personnes et structures à qui nous tenons à remercier. Il s'agit de Monsieur AHOGNI Jérôme Marc Saint Clair, le Service Technique de la Mairie, la Direction régionale des Eaux et Forêts du Poro ainsi que des citoyens et tous ceux et toutes celles qui d'une manière ou d'une autre ont contribué de leur soutien et leur information au succès de cette recherche.

REFERENCES

- [1] BERQUE Augustin, Philippe BONNIN et Cynthia GHORRA-GOBIN, 2006. *La ville insoutenable*, Édition Berlin, Collection: Mappemonde, 368 p.
- [2] BORELLI S., M. CONIGLIARO et F. PINEDA, 2018. Les forêts urbaines dans le contexte mondial. In UNASYLVA 250 Revue des forêts et des industries forestières, Vol. 69 2018/01, pp.3-10.
- [3] BROU Yao. Télésphore, AKINDES Francis, BIGOT Sylvain, 2005. « La variabilité climatique en Côte d'Ivoire: entre perceptions sociales et réponses agricoles » Cahiers Agricultures, vol. 14, n° 6, 533-540.
- [4] FAO (Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), 2012. Pour des villes plus vertes en Afrique. Premier rapport d'étape sur l'horticulture urbaine et périurbaine. Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 116 p.
- [5] IPBES, 2019: Abstract for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. DÍAZ, J. SETTELE, E. S. BRONDÍZIO E.S., H. T. NGO, M. GUÈZE, J. AGARD, A. ARNETH, P. BALVANERA, K. A. BRAUMAN, S. H. M. BUTCHART, K. M. A. CHAN, L. A. GARIBALDI, K. ICHII, J. LIU, S. M. SUBRAMANIAN, G. F. MIDGLEY, P. MILOSLAVICH, Z. MOLNÁR, D. OBURA, A. PFAFF, S. POLASKY, A. PURVIS, J. RAZZAQUE, B. REYERS, R. ROY CHOWDHURY, Y. J. SHIN, I. J. VISSEREN-HAMAKERS, K. J. WILLIS, and C. N. ZAYAS (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 p.
- [6] GUMUCHIAN Hervé et MAROIS Claude, 2000, Chapitre 6. Les méthodes d'échantillonnage et la détermination de la taille de l'échantillon In: Initiation à la recherche en géographie: Aménagement, développement territorial, environnement. Presses de l'Université de Montréal, 41 p. [En ligne] consulté le 18 Octobre 2018 URL: <http://books.openedition.org/pum/14800>. ISBN: 9791036513848. DOI: 10.4000/books.pum.14800.
- [7] MÉRAL Philippe et Denis PESCHE, 2016. Les services écosystémiques: repenser les relations nature et société. Édition Quae, 305 p.
- [8] MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Rapport de synthèse de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire. Version française. SCOPE France, Rapport de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire, 59 p.
- [9] NOWAK, D.J.; GREENFIELD, E.J. DECLINING, 2018, «Urban and community tree cover in the United States». Urban For. Urban Green. 2018, 32, pp.32–55.
- [10] OUATTARA N'Klo, 2001. Situation des ressources génétiques forestières de la Côte d'Ivoire: zone des savanes. FAO, Rome, 47 p.
- [11] RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE (RCI), 1994. *Le Livre Blanc de l'Environnement de Côte d'Ivoire* (Tome 1). Ministère de l'environnement et du tourisme, Cellule de coordination du Plan national d'action environnementale (PNAE-CI), Abidjan, 197 p.
- [12] RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE-RGPH, 2014. *Les principaux résultats du RGPH 2014*. Institut National de la Statistique, Abidjan, Côte d'Ivoire, 5 p.
- [13] RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE-RGPH, 2014b. Répertoire des localités, Région du Poro. Institut National de la Statistique, Abidjan, Côte d'Ivoire, 58 p.
- [14] SYSTÈME DE FORMATION DE FORMATEURS EN ÉDUCATION RELATIVE À L'ENVIRONNEMENT-SFFERE, 2001, Guide pédagogique « l'arbre » - Ce guide a été réalisé par la Fédération des Œuvres Laïques de Côte d'Or avec l'appui du comité technique de SFFERE dans le cadre des « journées de l'E.R.E. » – 2001 à mars 2002, Novembre 2001 49 p.
- [15] Tela-Botanica, 2020. Les «services écosystémiques», définition, discussion, et limites dans la protection de l'environnement. En ligne, Consulté le 04/10/2021; URL: <https://www.tela-botanica.org/2020/06/les-services-ecosystemiques-definition-discussion-et-limites-dans-la-protection-de-lenvironnement/>.
- [16] WOLF, Kathleen L., Sharon T. LAM, Jennifer K. MCKEEN, Gregory R.A. RICHARDSON, Matilda VAN DEN BOSCH and Adrina C. BARDEKJIAN, 2020, «Urban Trees and Human Health: A Scoping Review». In *International Journal of Environment Research and Public Health*, 2020, 17, 4371; Loi: 10.3390/ijerph17124371 see 25/05/2021, online: www.mdpi.com/journal/ijerph.

Caractères lithostratigraphiques des formations birimiennes de la zone Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fettekro, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Lithostratigraphic characteristics of the Birimian formations of the Dougbafla-Bandama zone (south of the Fettekro Birimian belt, central-Western of Côte d'Ivoire)]

Aboubakar Sidik Ouattara¹, Allou Gnanzou², Inza Coulibaly¹, Yacouba Coulibaly², and Droh Laciné Gane¹

¹Laboratoire de Géosciences et Environnement, UFR SGE, Université de Nangui Abrogoua (UNA), 02 BP 801 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, UFR STRM, Université Félix HOUPOUET-BOIGNY d'Abidjan-Cocody, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This study was carried out with the aim of clarifying the lithostratigraphy of the Dougbafla –Bandama area located in the southern part of the Birimian belt of Fettekro, in the center-West of Côte d'Ivoire. The vertical succession of these formations can be summarized at the base by volcanic rocks (basaltic and andesitic) mainly basalts, with in intermediate positions several successive volcanoclastic flows of autobrechic type and at the top by Various sedimentary lithologies usually composed of black schists or a more modest volume of sericite or chlorite schists capped with quartzites. These various shales sometimes play an important role of transition between lithologies. This complex is intersected by intrusions (granites, granophyres, granodiorites, tonalites, epidiorites, microgranodiorites, microdiorites, lamprophyres) and several generations of veins and quartz veinlets.

KEYWORDS: Birimian, Côte d'Ivoire, Fettekro, Oumé, Volcano-Sedimentary.

RESUME: Cette étude a été menée dans le but de préciser la lithostratigraphie de la zone de Dougbafla-Bandama située dans la partie méridionale du sillon birimien de Fettekro, au Centre- Ouest de la Côte d'Ivoire. La succession verticale des formations de la zone d'étude, peut se résumer à la base par les roches volcaniques (basaltiques et andésitiques) surtout basiques comprenant principalement les basaltes, avec en positions intermédiaires plusieurs successions de coulées volcanoclastiques de type autobréchiques et au sommet par diverses lithologies sédimentaires composées généralement de schistes noirs ou en volume plus modeste de schistes sériciteux ou chloriteux coiffés de quartzites. Ces schistes variés jouent parfois un rôle important de transition entre les lithologies. Ce complexe est recoupé par des intrusifs (granites, granophyres granodiorites, microgranodiorites, microdiorites, lamprophyres) et plusieurs générations de filons et des filonnets de quartz.

MOTS-CLEFS: Birimien, Côte d'Ivoire, Fettekro, Oumé, Volcano-Sédimentaire.

1 INTRODUCTION

La région d'Oumé est située au centre-ouest de la Côte d'Ivoire dans la partie méridionale de la ceinture de roches vertes d'Oumé-Fettekro (Fig. 1). L'absence presque totale d'affleurements et l'insuffisance des travaux de profondeur dans la région n'ont jusque-là pas permis de mener une étude géologique très détaillée. Cette étude qui se veut une contribution à la connaissance des caractères pétrographiques du Birimien, est spécifiquement menée dans le but de préciser la lithostratigraphie des formations de la zone Dougbafla-

Bandama regroupant les prospects de Dougbafla Centre, de Dougbafla Est, de Dougbafla Nord, de Dougbafla Ouest, de Dougbafla Sud et de Bandama inscrite dans le permis PR105 d'Oumé.

2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

L'histoire géologique du district aurifère d'Oumé-Hiré s'inscrit dans celle du domaine Baoulé-Mossi de la dorsale de Man (Fig. 1). Ce domaine d'âge protérozoïque [1] a été structuré au cours du cycle orogénique éburnéen daté entre 2,5 et 1,6 Ga. Ce méga cycle qui s'est déroulé dans les derniers chapitres de l'histoire géologique ouest-africaine correspond à la mise en place des formations birimiennes [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Dans la région d'Oumé, les formations birimiennes rencontrées appartiennent au protérozoïque inférieur [8]. Elles peuvent être subdivisées en trois grandes unités qui sont:

- L'unité volcanique.
- L'unité des formations d'origine sédimentaire.
- L'unité des intrusifs ([14], [15])

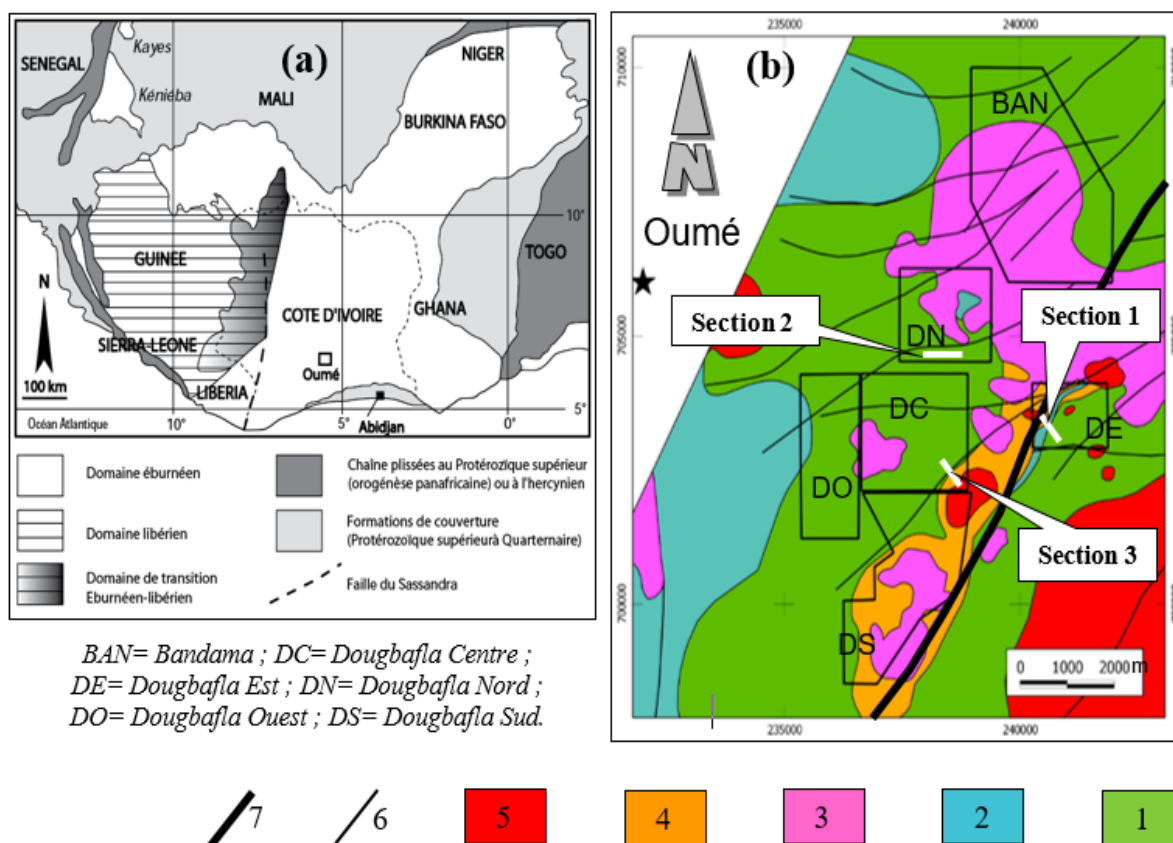


Fig. 1. (a) Carte de la dorsale de Man [1]; (b) Carte géologique synthétique du secteur minier de Dougbafla-Bandama [15]

1) Volcanites mafiques; 2) Métasédiments; 3) Granitoïdes plutoniques; 4) Microdiorites; 5) Granophyres; 6) Schistosité; 7) Faille.

3 METHODOLOGIE

Du fait de l'épaisse couche d'altération latéritique (40 à 120 m d'épaisseur) qui rend presque impossible toute observation d'affleurements, cette étude a porté essentiellement sur la description pétrographique d'une centaine d'échantillons de sondages carottés. L'approche méthodologique utilisée dans cette étude a consisté dans un premier temps, en l'analyse minéralogique et texturale des différentes roches à l'œil nu. Ensuite, elle a reposé sur l'identification microscopique des minéraux grâce aux lames minces. Dans un deuxième temps, l'étude stratigraphique des formations volcano-sédimentaires de la zone d'étude a été réalisée à partir de

l'interprétation des données pétrographiques issues de forage (logs). Pour caractériser les différents modes de succession verticale des formations de la zone Dougbafla-Bandama, trois sections longitudinales ont été réalisées en fonction des particularités lithologiques et texturales (unité), dans les prospects de Dougbafla Est, Nord et Centre.

4 RESULTATS

4.1 SECTION 1

La coupe géologique 1 a été réalisée au Nord-Est du permis d'Oumé dans le prospect de Dougbafla Est à partir de 18 forages orientés WNW-ESE (N110°). Les lithologies traversées de la base au sommet peuvent être regroupées en trois unités distinctes (Fig. 2):

- Une unité volcanique homogène, localisée dans la partie est, composée d'un terme basique représenté par un important volume de basaltes, d'un terme intermédiaire représenté par de faibles coulées d'andésite et d'un terme acide marqué par de faibles coulées de rhyodacite.
- Une unité intrusive felsique, composée essentiellement de granophyre, se singularise par un pendage de 60° vers le nw.
- Une unité sédimentaire, composée essentiellement de schistes noirs, schistes sériciteux à chloriteux, et de quartzite peu abondant au sommet de la pile.

Dans cette section longitudinale, l'unité sédimentaire interstratifiée avec les volcanites homogènes (basaltes, andésites et rhyodacites) sont intrudés par des plutons de granophyre en position médiane. Les roches sédimentaires jouent le plus souvent un rôle de transition entre les autres lithologies.

Tous les termes lithologiques sont globalement interstratifiés obliquement à un angle de 45°, et semblent caractériser un plissement anisopaque à charnière serrée et à flancs larges marqués par l'élargissement de la rhyodacite mis en évidence par les sondages F004, F001 et F015.

On peut indiquer la succession verticale suivante (des formations les plus vieilles aux plus récentes) (Fig. 3):

Basaltes – andésites – rhyodacites – sédiments interstratifiés (schistes noirs, schistes sériciteux à chloriteux, et quartzites) – granophyres.

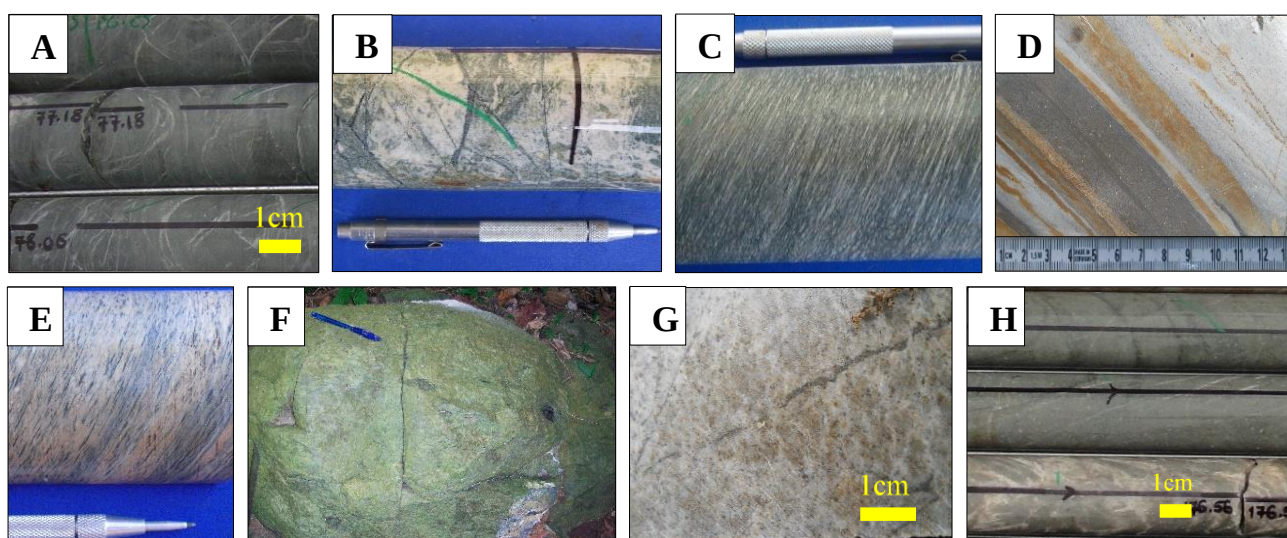


Fig. 2. Aspects macroscopiques des formations recoupées par la section 1

A) Basalte et B) Andésite (Volcanites homogènes); C) Schistes chloriteux; D) Schistes noirs; E) Schistes sériciteux; F) Quartzites; G) Granophyres; H) Rhyodacites.

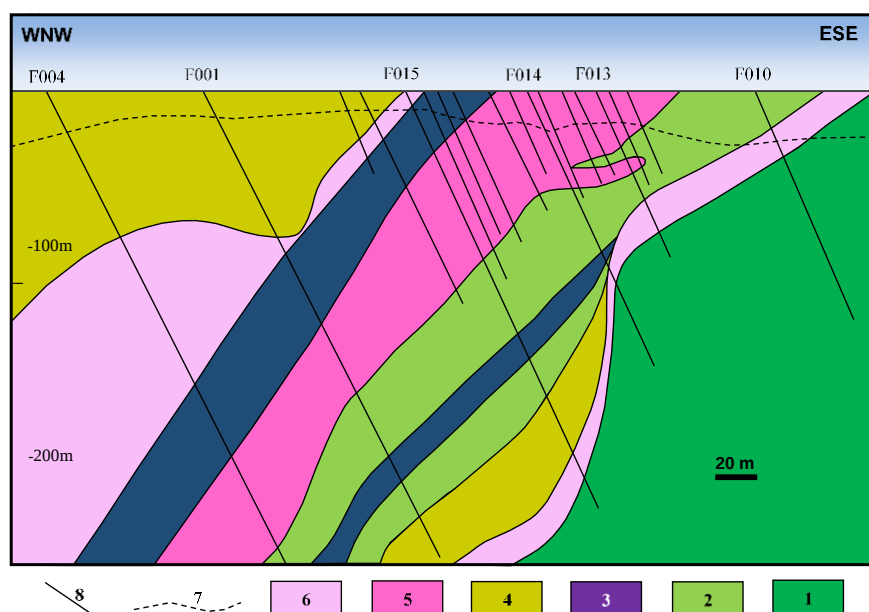


Fig. 3. Coupe géologique de la section 1 réalisée à Dougbafla Est

1) Volcanites homogènes (basaltes et andésites); 2) Schistes chloriteux; 3) Schistes noirs; 4) Schistes sériciteux; 5) Granophyres; 6) Rhyodacites; 7) Niveau oxydé; 8) Forage.

4.2 SECTION 2

La coupe verticale 2 a été réalisée à Dougbafla Nord à l'extrême nord-est du permis d'Oumé à partir de 21 forages orientés E-W (N90°). Les lithologies rencontrées qui semblent décrire un plissement peuvent se résumer en cinq unités de la base au sommet (Fig. 4):

- Une unité volcanique homogène à grain fin comprenant un terme basique (basaltes) plus répandu et accessoirement un terme intermédiaire (andésites) interstratifié.
- Une unité volcanique mafique à grain moyen composé de basaltes porphyriques.
- Une unité volcanoclastique mafique à claste grossier en important volume associée ou interstratifiée avec les coulées de basaltes homogènes.
- Une unité intrusive plutonique avec un pendage d'environ 75° vers l'ouest composé de granodiorite, de tonalite et d'épidiorite.
- Une unité filonienne composée d'une part, de dykes de microdiorite orientés NNE à NE (N035 à N075°) avec un pendage subvertical (75° vers l'ouest); et d'autre part, de dykes mafiques de lamprophyre orientés N030 à N040°.

Cette coupe montre un granoclassement latéral des faciès à grains fins représentés par les volcanites homogènes (basaltes et andésites) aux faciès plus grossiers des volcanoclastites en passant par le faciès à grains moyens représentés par les basaltes porphyriques. On observe dans cette coupe, des zones mylonitisées mises en évidence par les sondages F021 à F026 présentant une forte schistosité orientée NE-SW (N035 à N075°) avec un pendage redressé (80° vers l'ouest). Ces zones mylonitisées semblent border les contacts lithologiques et sont plus marquées dans les zones affectées par les intrusions felsiques et de dykes intermédiaires. L'unité filonienne (microdiorites et lamprophyres) peu abondante et subparallèle recoupe exclusivement unité volcanique mafique porphyrique alors que les intrusions felsiques (granodiorites) ne s'observent que dans les volcanites homogènes et porphyriques. Le parallélisme et l'épaisseur constante des différentes lithologies peuvent être la conséquence d'un plissement semblable.

La stratigraphie composée de formations les plus vieilles aux plus récentes est comme suit (Fig. 5):

Volcanites homogènes (basaltes et andésites) – basaltes porphyriques – volcanoclastites – intrusifs plutoniques (granodiorites, tonalites et d'épidiorites) – dykes (microdiorites et lamprophyres).

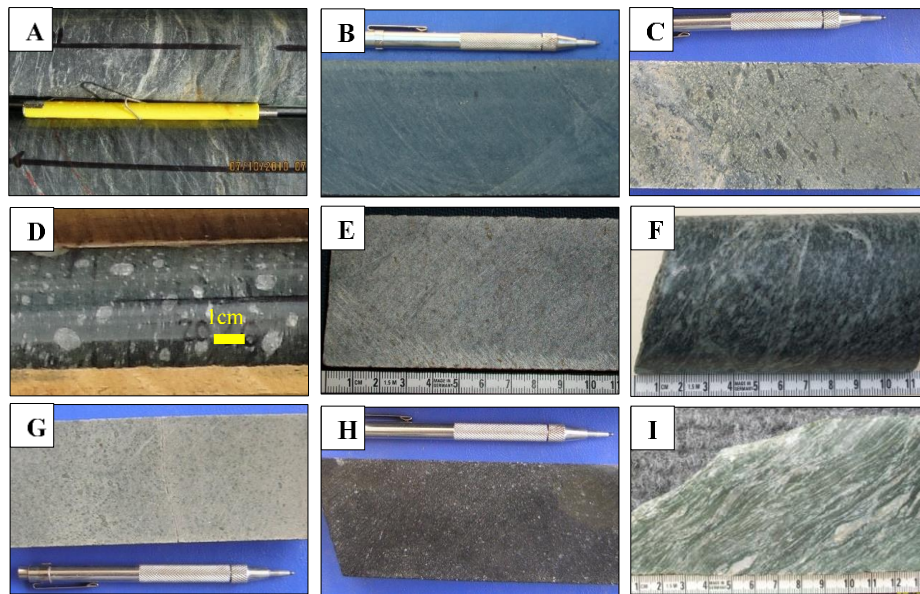


Fig. 4. Aspects macroscopiques des formations recoupées par la section 2

A) Basaltes et B) Andésites (Volcanites homogènes); C) Basaltes porphyriques; D) Volcanoclastites; E) Granophyres et F) Granodiorites (Intrusifs felsiques); G) Microdiorites; H) Dyke de lamprophyre; I) Zones mylonitisées.

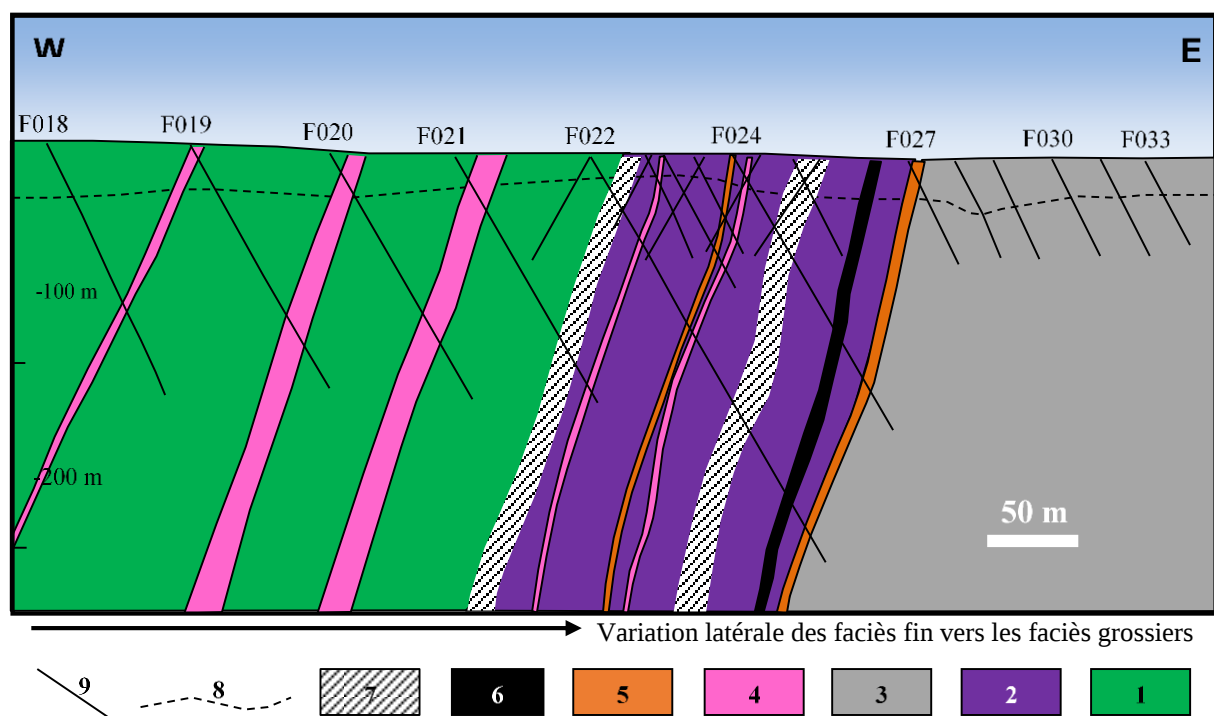


Fig. 5. Coupe géologique de la section 2 réalisée à Dougbafla Nord montrant un granoclassement latérale

1) Volcanites homogènes (basaltes et andésites); 2) Basaltes porphyriques; 3) Volcanoclastites; 4) Intrusifs felsiques (granophyres et granodiorites); 5) Microdiorites; 6) Dyke de lamprophyre; 7) Zones mylonitisées; 8) Niveau oxydé; 9) Forage.

4.3 SECTION 3

La coupe lithologique 3, réalisée dans le prospect de Dougbafla Centre à partir de 8 forages avec une orientation générale WNW-ESE (N110°), semble montrer le flanc d'un pli composé d'une alternance de faciès volcaniques homogènes, de volcaniques porphyriques, de dykes intermédiaires et d'intrusifs felsiques.

La synthèse de cette coupe montre les unités suivantes de la base au sommet (Fig. 6):

- Une unité volcanique homogène à grains fins composée de basalte et d'andésite;
- Une unité volcanique porphyrique, caractérisée par un volume important de coulée de basalte associé à une faible expansion de coulée andésitique;
- Une unité volcanoclastique à clastes plus grossiers que celle de la coupe 2, montre un granoclassement (inverse à normale) imbriquée avec des coulées de lave porphyrique;
- Une unité intrusive composée majoritairement de granodiorite et plus rarement de granite affectant l'ensemble volcanique homogène et porphyrique.
- Une unité bien marquée de petits dykes de microdiorite orienté n040°.

Dans cette section, les lithologies se distinguant par un pendage subvertical (85°), est plus redressé que celui de la coupe 2. On note également que les dykes intermédiaires plus abondants que les intrusifs felsiques traversent principalement l'unité volcanique porphyrique.

La succession verticale des formations les plus vieilles aux plus récentes se compose de (Fig. 7):

Volcanites homogènes (basaltes et andésite) – volcanites porphyriques (basaltes et andésites porphyriques) – volcanoclastites – intrusifs plutoniques (granites et granodiorites) – dykes de microdiorite.

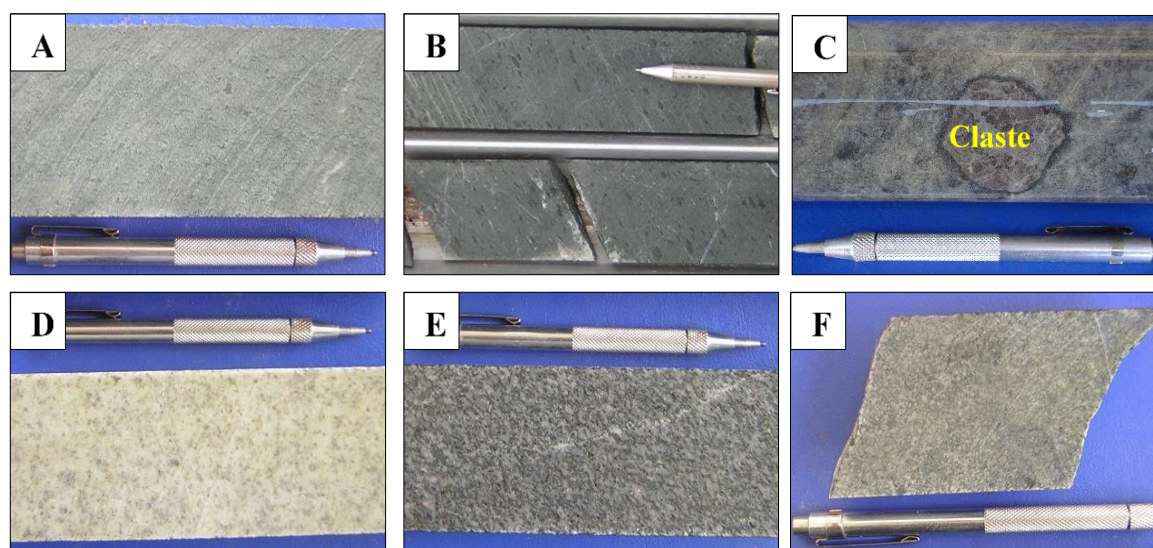


Fig. 6. Aspects macroscopiques des formations recoupées par la section 3

A) Volcanites homogènes (basaltes); B) Basaltes porphyriques; C) Volcanoclastites; D) Granites et E) Granodiorites (Intrusifs felsiques); F) Microdiorites

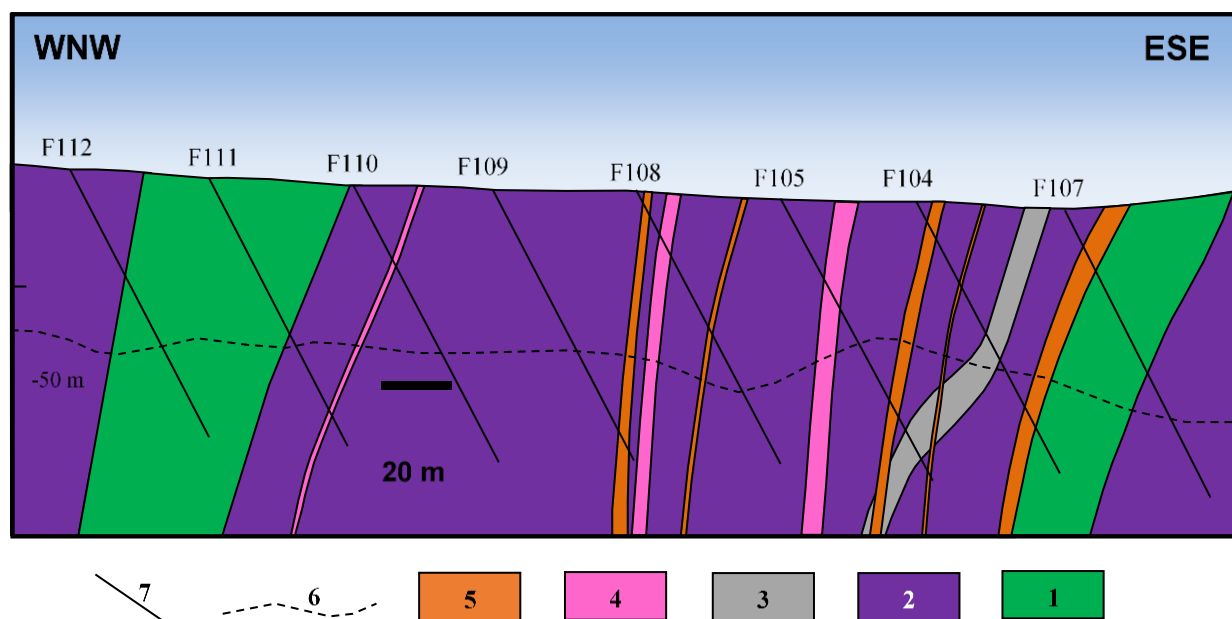


Fig. 7. Coupe géologique de la section 3 réalisée à Dougbafla centre montrant une granoclasement latérale alternance de faciès fins et porphyriques

1) Volcanites homogènes (basaltes); 2) Basaltes porphyriques; 3) Volcanoclastites; 4) Intrusifs felsiques (granites et granodiorites); 5) Microdiorites; 6) Niveau oxydé; 7) Forage.

5 DISCUSSION

Les trois sections transversales réalisées dans la zone d'étude montrent une prédominance d'un complexe volcano-sédimentaire formé de métavolcanites (basaltes, andésites et rares rhyodacites) associé aux volcanoclastites et aux métasédiments (schistes noirs, schistes sériciteux à chloriteux et quartzites). Ce complexe est intrudé par diverses formations plutoniques acides (granites, granophyres, granodiorites), périplutoniques (microgranodiorites, lamprophyres) et intermédiaires (microdiorites). Ces lithologies sur-citées entrent dans le contexte des roches birimiennes affectées par le métamorphisme de faciès des schistes ([16]).

La section 1 réalisée à Dougbafla Est, est caractérisée par des métavolcanites (basaltes et andésites) à minéraux fins et homogènes. Quant à la section 2 réalisée à Dougbafla Nord, elle montre des termes plus grossières que la précédente, renfermant des formations volcaniques porphyriques basiques (basaltes porphyriques), intermédiaires (andésites) et des volcanoclastites. Enfin la section 3 exécutée à Dougbafla Centre est caractérisée par une matrice basaltique riche en phénocristaux de hornblende ($2\text{ mm} < \varnothing < 5\text{ mm}$) et en clastes polygéniques plurimillimétriques à pluricentimétriques.

La reconstitution verticale des formations birimiennes des sections étudiées montre sur la base de forage profond du bas vers le sommet la succession suivante (Fig. 8):

- Un groupe volcanique aphanitique (GV) basique à intermédiaire interstratifié représenté par un important volume de basaltes et d'andésites;
- Un groupe volcanoclastique (GVC) grossier (plurimillimétrique) de type autobrechique en positions intermédiaires;
- Un groupe sédimentaire (GS) formé de schiste noir, de schiste sériciteux ou chloriteux au sommet de la pile, coiffé par de petites lentilles de quartzite.

Dans le Sud du sillon Oumé-Fettékro, les formations birimiennes de la zone Dougbafla-Bandama s'observe en grande partie à Bonikro ([14]), à Agbahou ([17]) et dans la région de Toumodi ([16], [19]).

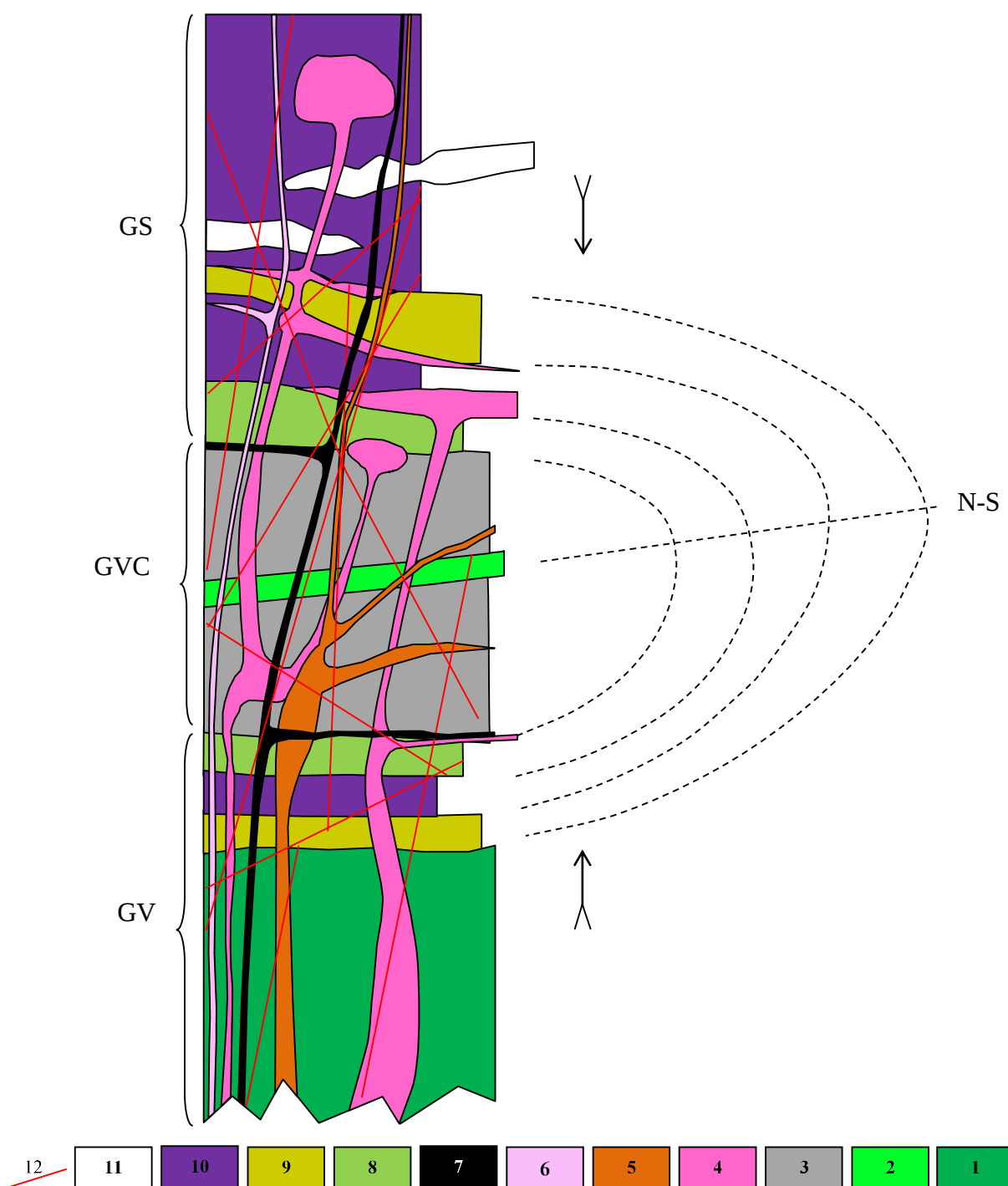


Fig. 8. Coupe lithostratigraphique synthétique des secteurs de Dougbafla-Bandama

GS = groupe sédimentaire; GV = groupe volcanique; GVC = groupe volcanoclastique; GVP = groupe volcanique porphyrique.

12) Veines de quartz; 11) Quartzite; 10) Schistes noirs; 9) Schiste sériciteux; 8) Schiste chloriteux; 7) Lamprophyres; 6) Rhyodacites; 5) Microdiorites; 4) Intrusifs felsiques (granophyres et granodiorites); 3) Volcanoclastites; 2) Volcanites porphyritiques; 1) Volcanites homogène (Basaltes).

La lithologie de la zone Dougbafla-Bandama se distingue de celle de Bonikro ([14]) par la présence de granophyre, de lamprophyre, de schiste noir. Elle se démarque de celle d'Agbahou ([17]) par l'absence d'orthoamphibolite, de pyroclastite, et de schiste amphibolique.

Il convient de signaler que les granophyres peuvent s'apparenter aux rhyolites ou aux rhyodacites et les lamprophyres aux schistes à biotite d'Agbahou. A Toumodi ([19]), la lithologie de la zone d'étude se différencie par la présence d'andésite, de rhyodacite, de microdiorite, de granodiorite et de lamprophyre.

Hors du sillon Oumé-Fettékro, elle se distingue de celle d'Aféma ([20]) appartenant au sillon d'Aboisso par l'absence d'arénites, de conglomérats, d'argilites et de silts et de celle d'Angovia par les métadolérites et les conglomérats polygéniques ([21]). Elle se singularise de celle de Dabakala ([22]) que par les ignimbrites, les pegmatites et les pyroclastites.

Hors de la Côte d'Ivoire, les lithologies observées au Burkina Faso ([23] Zonou, 1987) se rapprochent beaucoup de celles de la zone d'étude mais s'en distinguent par la présence de dolérites.

La stratigraphie birimienne de la zone d'étude qui semble décrire un aplatissement peut se résumer en deux grands ensembles qui sont: (i) un ensemble supérieur « récent » à dominance volcanoclastique et sédimentaire (schistes noirs, schistes sériciteux, schistes chloriteux et quartzites); et (ii) un vieil ensemble inférieur volcanique (basaltes et andésites).

Cette subdivision est similaire à celle de [2], [3], [24], qui ont situé l'âge absolu du Birimien inférieur à dominance volcanique entre 2,2 et 2,15 Ga et le Birimien supérieur à dominance volcanoclastique et sédimentaire entre 2,15 et 1,9 Ga.

6 CONCLUSION

Cette étude lithostratigraphique menée à partir de trois coupes transversales dans la concession PR 105 d'Oumé, localisé au sud du sillon birimien d'Oumé-Fettékro, a montré présence de formations très variées. Elles peuvent être subdivisées en trois ensembles lithologiques majeurs.

Le premier ensemble (volcano-volcanoclastique) est formé du groupe volcanique et celui des volcanoclastites. Les métavolcanites comprennent les basaltes et les andésites.

Le deuxième ensemble regroupe les métasédiments représentés par les schistes noirs, les schistes sériciteux, les schistes chloriteux et les quartzites.

Le complexe volcano-sédimentaire ainsi formé par les deux premiers ensembles, est intrudé par le troisième ensemble composé de formations basiques représentées par les lamprophyres, de formations acides regroupant les granites, les granophyres, les granodiorites, les microgranodiorites, et de formations intermédiaires représentées par les microdiorites.

La succession verticale de ces, peut se résumer à la base par les roches volcaniques (basaltique et andésitique), avec en positions intermédiaires plusieurs successions de coulées volcanoclastiques et au sommet par diverses lithologies sédimentaires composées généralement de schistes noirs ou en volume plus modeste de schiste sériciteux et chloriteux coiffé de quartzites. Ces schistes variés jouent un rôle de transition entre les lithologies. Ce complexe de roches volcano-sédimentaires est recoupé par un ensemble intrusif composé de granite, granodiorite, tonalite, d'épidiorite, de granophyre, de microdiorite, et de lamprophyre.

La texture et la composition minéralogique originelle des faciès lithologiques ont profondément évolué sous l'influence du métamorphisme et de l'hydrothermalisme.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier et témoigner leur reconnaissance à l'endroit de la société Newcrest Mining Ltd qui a financé ce travail ainsi qu'aux Docteurs Giovanni FUNAIOLI et François LIEBEN pour leurs critiques et suggestions.

REFERENCES

- [1] B. Bessoles, "Géologie de l'Afrique: Le craton ouest africain," Mémoire BRGM, n°88, 402 p, 1977.
- [2] B. Tagini, "Hypothèses nouvelles pour une esquisse structurale du SE de la Côte d'Ivoire," DGPM, Abidjan. Rapport SODEMI, n°108, 24 p, 1960.
- [3] A. Arnould, "Etude géologique des migmatites et des granites précambriens du NE de la Côte d'Ivoire et de la Haute Volta méridionale," Doctorat, Clennont Ferrand, Mémoire. BRGM, France, n° 3, 174 p, 1961.
- [4] M. Bonhomme, "Contribution à l'étude géochronologique de la plate-forme de l'Ouest africain," Annale, Faculté Des Sciences, Université de Clermont-Ferrand, n°5, 62 p, 1962.
- [5] B. Tagini, "Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai géotechnique régional," Doctorat, Université de Lausanne (Suisse) Faculté Des Sciences et SODEMI, Abidjan, 302 p, 1971.

- [6] J. P. Bard, "Remarque à propos de l'évolution géotectonique du craton Ouest-Africain en Côte d'Ivoire," C.R. Acad. Sc. Paris, t. 278, Série D, pp. 2405-2408, 1974.
- [7] I. Yacé, "Le Précambrien de l'Afrique de l'Ouest et ses corrélations avec le Brésil oriental," Rapport final. Publication PICG-CIFEG, n°2, Paris, 28 p, 1984.
- [8] S. Doumbia, A. Pouclet, A. N. Kouamelan, J. P. Peucat, M. Vidal and C. Delor, "Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Paleoproterozoic) granitoids in Central Côte-d'Ivoire, West-Africa: geochemistry and geochronology," Precambrian Research, 87, pp. 33-63, 1998.
- [9] J. L. Feybesse, J. P. Milesi, Y. Johan, A. Dommanget, J. Y. Calvez, M. Boher et W. Abouchamy, "La limite Archéen - Protérozoïque d'Afrique de l'Ouest: une zone de chevauchement antérieure à l'accident de Sassandra; l'exemple des régions d'Odienné et de Touba (Côte d'Ivoire)," C. R. Acad. Sci. Paris, 309, pp. 1847-1853, 1989.
- [10] J. P. Milesi, J. L. Feybesse, P. Ledru, A. Dommanget, M. F. Ouedraogo, E. Marcoux, A. Prost, C. Vinchon, J. P. Sylvain, V. Johan, M. Tegye, J. Y. Calvez et P. Lagny, "Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest, leurs relations avec l'évolution lithostructurale du Protérozoïque inférieur," Chron. Rech. Min., Fr., 497, 98 p, 1989.
- [11] W. Abouchami, M. Boher, A. Michard and F. Albarede, "A major 2.1Ga old event of mafic magmatism in West Africa: An early stage of crustal accretion," J. Geophys. Res. Lett., 95, pp. 17605-17629, 1990.
- [12] M. Boher, "Croissance crustale en Afrique de l'Ouest à 2,1 Ga. Apport de la Géochimie isotopique," Doctorat, Université de Nancy I, Fr., 180 p, 1991.
- [13] S. Pawlig, M. Gueye, R. Klischies, S. Schwarz, K. Wemmer, S. Siegesmund, "Geochemical and Sr-Nd isotopic data on the Birimian of the Kedougou-Kenieba Inlier (Eastern Senegal): implications on the Palaeoproterozoic evolution of the West African Craton," S. Afr. J. Geol. 109, pp.411-427, 2006.
- [14] Z. Ouattara, "Caractères lithostratigraphiques, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de Fettekro, centre-sud de la Côte d'Ivoire," Doctorat, Université Félix HOUPOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, 256 p, 2015.
- [15] A. S. Ouattara, "Le gisement aurifère de Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fettekro, Oumé, Côte d'Ivoire): Pétrographie, déformation, géochimie et métallogénie," Doctorat, Université FELIX HOUPOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, 252 p, 2018.
- [16] I. Yacé, "Etude géologique du volcanisme éburnéen dans les parties centrales et méridionales de la chaîne précambrienne de Fettekro," Bull. Dir. Géol. Abidjan, 155 p, 1982.
- [17] N. N. Houssou, "Etude pétrographique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire," Doctorat, Université Félix HOUPOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, 177 p, 2013.
- [18] J. Mortimer, "Lithostratigraphy of the early Proterozoic Toumodi volcanic Group in Central Côte d'Ivoire: implications for Birimian stratigraphic models," Journal of African Earth Sciences, 14, 1, pp. 81-91, 1992.
- [19] K. E. Assie, "Lode gold mineralization in the Paleoproterozoic (Birimian) volcano-sedimentary sequence of Aféma gold district, southeastern Côte d'Ivoire," Thesis, Faculty of Energy and Economic Sciences Technical, University of Clausthal, Germany, 198 p, 2008.
- [20] Y. Coulibaly, M.C Boiron., M. Cathelineau and A.N. Kouamelan, "Fluid immiscibility and gold deposition in the Birimian quartz veins of the Angovia deposit (Yaouré, Ivory Coast)," Journal of African Earth Sciences, 50, pp. 234-254, 2008.
- [21] A. Gnanzou, "Etude des séries volcanosédimentaires de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d'Ivoire): Genèse et évolution magmatique. Contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la Haute-Comoé," Doctorat, Université PARIS-SUD XI, France et Université Félix HOUPOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, 303 p, 2014.
- [22] S. Zonou, "Les formations leptino-amphibolitiques et le complexe volcanique et volcano-sédimentaire du Protérozoïque inférieur de Bouroum-nord (Burkina-Faso, Afrique de l'Ouest). Etude pétrographique, géochimique, approche pétrogénétique et évolution géodynamique," Doctorat, Université. Nancy 1; Fr., 299 p, 1987.
- [23] M. Vidal, P. Trap et M. Faure, "Diversité des modèles d'évolution géodynamique au Paléoprotérozoïque. Comparaison entre le craton ouest africain et le craton de chine du nord. Manuscrit auteur, publié dans au 21ème Colloque de Géologie Africaine, Maputo, Mozambique, 03-05.07.2006.

Optimization trial of rooting conditions of *Moringa oleifera* Lam. *in vitro* culture

Justine Tshidibi Tshimbila^{1,2}, Hippolyte Nshimba Wa Malela³, and Benoit Dheda'a Djailo⁴

¹Visitor at Laboratory of Applied in Vitro Plant Biotechnology, Ghent University, Belgium

²PhD student and Researcher at Laboratory in vitro culture, Faculty of Sciences, University of Kisangani, RD Congo

³Professor, Laboratory of Botanic, Department of Botanic, Faculty of Sciences, University of Kisangani, RD Congo

⁴Professor and Director of Laboratory in vitro culture Plant, Department of Biotechnology, Faculty of Sciences, University of Kisangani, RD Congo

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

ABSTRACT: To optimize the *in vitro* rooting conditions of *M. oleifera*, a study was carried out to determine the effects of exogenous auxin types on the rhizogenesis of this species. The plant material consisted of the *in vitro* plants obtained after shoot propagation. Nodal sections with induced axillary shoots were placed for two weeks in a root induction medium consisting of MS mod 3B basal medium without auxin (control) and with three different auxins including IAA, IBA and NAA at 0.1 µM. The results obtained showed that shoots were better rooted in the absence of the exogenous auxins, yielding 4.76±0.51 roots per shoot with an average length of 9.21±0.93 cm. The least rooting was obtained with NAA, which produced 2.16±0.47 roots per shoot and 3.57±0.82 cm length. NAA induced the largest calli (0.22±0.02 g) in contrast to the control (0.087±0.01 g). Thus, the auxin-free MS mod 3B basal medium would be ideal for rooting *M. oleifera* shoots *in vitro*.

KEYWORDS: Exogenous auxins, rhizogenesis, *Moringa oleifera*, micropropagation, explants.

1 INTRODUCTION

The species *Moringa oleifera* Lam is one of the most useful and versatile plant species on earth. Due to its multiple uses, this species, a fast-growing tropical tree, has evolved in a decade from a marginal, if not unknown, plant to a new food and economic resource [1]. Besides, this miracle tree has received unprecedented attention, capable of providing healthy nutrition and food supplements [2]. It has a very rich profile in nutrients (vitamins, minerals and proteins) and exceptionally diverse metabolites, which is rare to be found in other plants [3]. Apart from its dietary virtues, this species is also known for its agronomic and medicinal virtues, and can be used for water purification [2]. According to Alhakmani and collaborators, *M. oleifera* is used to treat various diseases including diabetes, hypertension, skin infections, etc. It can also help rebuild brittle bones, produce abundant breast milk, combat anemia and malnutrition [4]. According to Foidl and colleagues and Gupta and collaborators, this species is also used as animal fodder, to produce high quality oil and for soil protection ([2], [5]). It should be noted that each organ of *M. oleifera* has enormous potential and beneficial properties for mankind. Processed or unprocessed, its leaves are not only a new agricultural production with high income and employment potential, but also a food with high nutritional value [1]. Thus, it constitutes an exceptional resource especially for developing countries that face multiple problems related to poverty, poor nutrition and health, especially during this period of global health crisis due to the Covid-19 pandemic.

However, its large-scale production requires the control of optimal conditions for its micropropagation. According to some authors, notably Demol and colleagues, the technique of micropropagation of plant species remains the best tool for obtaining healthy plants in mass and in a short time [6]. Although several studies including Förster and colleagues, Avila-Treviño and collaborators, Hassanein and colleagues, and Gupta and colleagues on the micropropagation of *M. oleifera*; so far the proposed

protocol does not provide optimal rooting conditions for this species. Among the difficulties observed, excessive callus production significantly inhibiting the root development process remains the main cause ([7], [8], [9], [10]). Some authors claim that rooting difficulties of young shoots remain a real obstacle limiting the success of the micropropagation technique. Besides, the rhizogenic properties of auxins and their interest in plant propagation were demonstrated a long time ago. Auxin plays a crucial role in the process of induction of root neoformation. This has justified the need to use exogenous auxin to induce rooting of cuttings in several species [11]. Thus, several literatures have reported on the effectiveness of exogenous auxins in rooting cuttings in several species. According to Mazinga and collaborators, each plant species may have its own requirements regarding the type and concentration of exogenous phytohormones [12].

It is in this context that the present study is aimed at determining the effects of auxin types on the rooting of *M. oleifera* to optimize its micropropagation.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 PLANT MATERIAL

M. oleifera vitroplants obtained after shoot propagation were used as plant material.

2.2 GROWING MEDIUM AND CONDITIONS

For rooting of these vitroplants, nodal sections with induced axillary shoots were subjected to auxin treatments. These nodal explants were placed in a root induction medium consisting of MS mod 3B basal medium and three different auxins, namely, Naphthalene Acetic Acid (NAA), Indole Butyric Acid (IBA) and Indole Acetic Acid (IAA) at 0.1 μ M. The MS mod 3B basal medium without auxin was considered as a control for this experiment. After two weeks of cultivation, root count, root length and callus weight were collected.

2.3 ANALYSIS OF THE DATA

The data obtained were processed using Graphpad Prism software (version 5.03). After verification of the homogeneity of the data variances by Bartlett's test, the analysis of variance (ANOVA) test was applied to compare the effects of different auxins used on the number and length of roots; in contrast, the Kruskal-Wallis test was used to compare the influence of auxins on callus production. Tukey's post-hoc test for ANOVA and Dunn's test for Kruskal-Wallis was subsequently used to compare the control and treatments in pairs. Differences were considered significant at the 5% threshold.

3 RESULTS

The results of the present study showed the non-influence of exogenous auxins on some parameters of *M. oleifera* rhizogenesis *in vitro* (figures 4 and 5). As regards the number of roots per shoot, it was high at the control level compared to treatments with auxins. It should be noted that among these auxins, IAA showed a slightly higher root count compared to the other two (IBA and NAA). The statistical test of Analysis of Variance (ANOVA) showed that there was a highly significant difference between the control and the treatments ($F=5.27$, $p\text{-value}=0.002<0,005$). In a two-by-two comparison, Tukey's post-hoc test showed that there is no significant difference between the control and the auxin IAA, however, there is a significant difference between the control and the IBA and a highly significant difference between the control and the NAA (figure 1). In terms of root length per shoot, control shoots had long roots compared to those of the auxin treatments. The IAA always had slightly longer roots than the auxins IBA and NAA. A very highly significant difference was found between the length of the control roots and that of the treatments ($F=7.06$, $p\text{-value}=0.0002<0,001$). When taken in pairs, the length of control roots differed significantly from those of auxins IAA and IBA and very highly significant from that of NAA (figure 2). As for callus weight per shoot, the highest weight was obtained at the NAA treatment, while the lowest was recorded at the control level. The Kruskal-Wallis non-parametric statistical test showed a very highly significant difference between the treatments and the control ($K=22.60$, $p\text{-value}<0.001$). Dunn's post-hoc test comparing them two by two showed that IAA differs significantly from control, IBA differs highly significantly from control and NAA differs highly significantly from control (figure 3). Note that the bars on the histograms are the standard deviations.

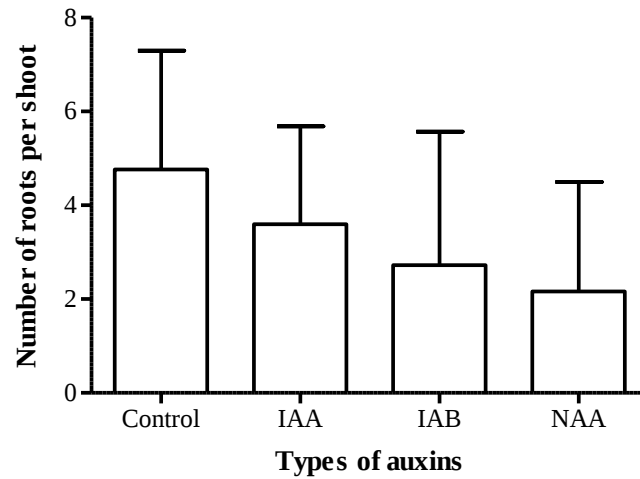


Fig. 1. Effect of auxin types on the number of roots per shoot in vitro of *M. oleifera*

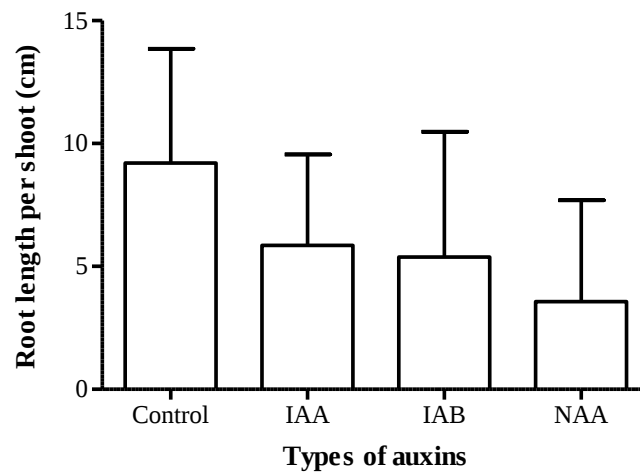


Fig. 2. Influence of auxin types on *M. oleifera* root length in vitro

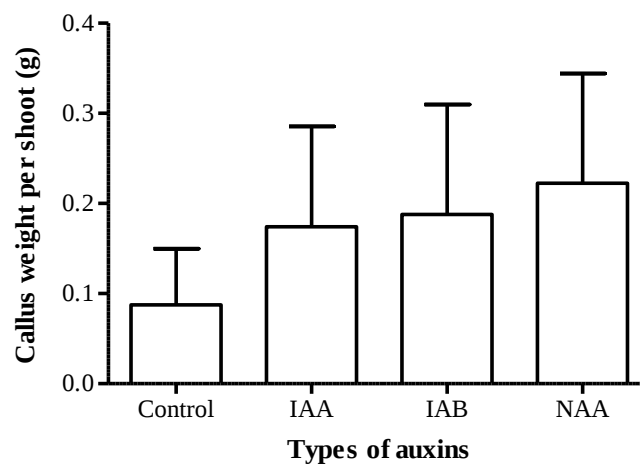


Fig. 3. Effect of auxin types on callus weight by in vitro growth of *M. oleifera*



Fig. 4. *In vitro* rooting of *M. oleifera* without auxin treatment (control)



Fig. 5. *In vitro* rooting of *M. oleifera* with different auxins: treatment IAA (left), treatment IAB (medium) and treatment NAA (right)

4 DISCUSSION

Within the framework of optimization of *in vitro* rooting conditions of *M. oleifera*, an experiment was carried out to determine the effects of exogenous auxin types on rhizogenesis of this species. The results obtained showed that the shoots were better rooted in the absence of the exogenous auxins tested. According to Gaspar *et al.* in Qaddoury and Amssa, in some plant species, cuttings root easily without auxin treatment; however, in others, a suitable supply of exogenous auxin is necessary for successful rooting [11].

Regarding the number of roots obtained, our results diverge with those obtained by other researchers on *M. oleifera* such as Stephenson and Fahey, Saini *et al.*, Alkhateeb *et al.*, Jemal ([13], [14], [15], [16]). For Stephenson and Fahey and Jemal, the highest average number of roots per shoot was recorded at NAA (4.7 and 7.96 roots respectively) ([13], [16]). In addition, Jemal obtained fewer roots at AIB (2.94 ± 0.44 roots per shoot). According to him, the number of roots produced per shoot increased with the increase of NAA concentration in MS/2 basal medium [16]. Adugna *et al.* also observed that NAA exhibited more roots compared to other auxins in *Moringa stenopetala* species [17]. This discrepancy could be explained by the nature of the basal medium used on the one hand as well as the auxin concentration on the other. As for our experiment, the modified MS medium with half concentration of nitrogen was used with an auxin concentration (AIA, AIB and NAA) of $0.1\mu\text{M}$ in contrast to Stephenson and Fahey, Jemal and Adugna *et al.* who used MS/2 medium with an auxin concentration of 0.5, 0.25 and 1 mg/l respectively ([13], [16], [17]). According to Herrbach, the action of auxin depends on both its concentration and the tissue on which it acts. Depending on the plant, the same concentration on the same organ can lead to different consequences. This implies a very fine regulation upstream and downstream of auxin. The action of auxin is dependent on its presence and concentration in the cell, its transport, its perception, and the regulation of target genes [18].

With respect to root length, our results are in agreement with those obtained by Jemal, Riyathong *et al.* Islam *et al.* ([16], [19], [20]). They observed that *M. Oleifera* shoots not treated with auxin exhibited long roots compared to those treated with

auxin. Jemal recorded an average root length of 2.44 ± 0.04 cm at the control [16]. In 2005, Islam et al. estimated that the untreated culture medium with phytohormones would be better for rooting of *M. oleifera* [19]. For other species such as *Ceratonia siliqua* (Carob tree), it was also found that the best result on rooting of this species was obtained when the shoots were not treated with auxin [21].

Regarding callus weight, Saidi et al. claimed that the increase in phytohormone concentration is responsible for callus production and vitrification, thus inhibiting the shoot rooting process [21]. According to Sané et al., auxins do not have the same action on the morphology of the root system [22]. For these authors, the application of growth regulators was essential for the root induction of *Acacia tortilis* microcuttings, but the actual root development only started after the transfer of the explants to the hormone-free medium [22]. Chalak et al. believe that the rooting ability of some species depends on the variety. Therefore, they demonstrated that short duration auxin shocks were sufficient to induce the development of the root system of *Prunus dulcis* (Almond, Lebanese varieties) in contrast to the use of auxins in the culture medium which inhibited its rooting [23].

5 CONCLUSION

In conclusion, the species *M. oleifera* Lam. (miracle tree) is renowned for its multiple dietetic, medicinal and agronomic virtues. In the space of a decade, it has gone from being a marginal or even unknown plant to becoming a new food and economic resource. So far, the existing protocol does not provide optimal conditions for the rooting of this species. This study aimed to determine the influence of auxin types on the rooting of *M. oleifera* to optimize its micropropagation. The vitro plants of this species after shoot propagation were used as plant material. The nodal explants of the Vitro plants were placed for two weeks in a root induction medium consisting of MS mod 3B auxin-free basal medium (control) and three different auxins including Naphthalene Acetic Acid (NAA), Indole Butyric Acid (IBA) and Indole Acetic Acid (IAA) at $0.1 \mu\text{M}$. Statistical tests of ANOVA and Kruskal-Wallis were applied to the data to determine whether or not there was a significant difference between the control and the three treatments for each parameter measured at the 5% significance level. In contrast, Tukey's post-hoc statistical tests for ANOVA and Dunn's for Kruskal-Wallis were used to compare the data in pairs. At the end of this experiment, the results showed the non-improvement of measured rhizogenesis parameters (number of roots, root length and callus weight) by the use of exogenous auxins in vitro culture of *M. oleifera*. Among the auxins tested, the IAA showed a slightly higher root count and root length per shoot, and a reduced callus weight compared to IBA and NAA respectively. The ANOVA test showed that there was a highly significant difference in the root number between the control and treatments ($F=5.27$, $p\text{-value}=0.002<0.005$). In a two-by-two comparison, Tukey's post-hoc test showed that there is no significant difference between the control and auxin IAA, however, there is a significant difference between the control and IBA, and a highly significant difference between the control and NAA. Besides, there was a highly significant difference between the control and treatment root lengths ($F=7.06$, $p\text{-value}=0.0002<0.001$). When taken in pairs, the length of the control roots differed significantly from those of auxins IAA and IBA, and very highly significant from that of NAA. In addition, the Kruskal-Wallis non-parametric statistical test showed that there is a very highly significant difference in callus weight between the treatments and the control ($K=22.60$, $p\text{-value}<0.001$). Dunn's post-hoc test comparing them in pairs showed that the control differed significantly, highly significant and very highly significant from IAA, IBA and NAA respectively.

In short, the use of the auxin-free MS mod 3B basal medium would be ideal for the optimization of *in vitro* rooting conditions of *M. oleifera*.

ACKNOWLEDGMENTS

Sincere thanks to the VLIR-UOS project of the European Union for funding this research and to Professor Stefaan Werbrouck for hosting me in the Laboratory of Applied *in vitro* Plant Biotechnology of the University of Ghent to carry out this experiment.

REFERENCES

- [1] Agroconsult Haïti, 2016, Analyse des Potentialités de l'Exploitation du Moringa en Haïti, Rapport du Ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement rural (MARNDP) et Banque de la République d'haïti (BRH), 2016.
- [2] S. Gupta, Jain R., S. Kachhwaha, S.L. Kothari, "Nutritional and medicinal applications of Moringa oleifera Lam. Review of current status and future possibilities". J. Herb. Med., vol. 11, pp. 1–11, 2018.
- [3] A.FA. Razis, M.D. Ibrahim, S.B. Kntayya, 2014, "Health benefits of Moringa oleifera". A. Pac. J. Can. Prev., vol. 15, pp. 8571–8576, 2014.
- [4] F. Alhakmani, S.S. Kumar, S.A. Khan, "Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of Moringa oleifera", Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, vol. 3, n°8, pp. 623-627, 2013.
- [5] N. Foidl, H.P.S. Makkar, K. Becker, "The Potential use of Moringa Oleifera for Agriculture and Industrial uses". In: The Miracle Tree/the Multiple Attributes of Moringa oleifera. Fuglie, L.J. (Ed.). CTA, pp. 10-30, 2001.
- [6] J. Demol, J.P. Baudoin, B.P. Louant, Amélioration des plantes: application aux principales espèces cultivées en régions tropicales, Ed presse agronomique de Gembloux, 2008.
- [7] J.A. Avila-Treviño, J.M. Muñoz-Alemán, E. Pérez-Molphe-Balch, A. Rodríguez-Sahagún, J.F. Morales-Domínguez, "In vitro propagation from bud and apex explants of Moringa oleifera and evaluation of the genetic stability with RAMP marker", S. Afr. J. Bot., vol. 108, pp. 149–156, 2017.
- [8] N. Förster, I. Mewis, C. Ulrichs, "Moringa oleifera-establishment and multiplication of different ecotypes in vitro", Gesunde Pflanz, vol. 65, p.p. 21–31, 2013.
- [9] A.M. Hassanein, J.M. Salem, F.A. Faheed, A. El-nagish, "Effect of antiethylene compounds on isoenzyme patterns and genome stability during long term culture of Moringa oleifera", Plant Cell Tiss Org Cult, vol. 132, 201–212, 2018.
- [10] S. Gupta, S. Kachhwaha, L. Kothari, R. Jain, 2020, "Synergistic effect of cytokinins and auxins enables mass clonal multiplication of drumstick tree (Moringa oleifera Lam.): a wonder. In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant, vol. 56, n°3, pp. 458-469, 2020.
- [11] A. Qaddoury et M. Amssa M., "Action de l'acide indole butyrique sur l'enracinement des jeunes rejets de Palmier dattier", Acta Botanica Gallica, vol. 150, n°2, pp. 213-222, 2003.
- [12] K.M. Mazinga, G.J. Mario, L.L. Baboy, S.Y. Useni, M. Van Koninckxloo, Détermination des teneurs en phytohormones endogènes des organes caulinaires et racinaires des hybrides de bananier (Musa sp.), Journal of Applied Biosciences, vol. 58, 4243– 4250, 2012.
- [13] K.K. Stephenson and J.W. Fahey, "Development of tissue culture methods for the rescue and propagation of endangered Moringa spp". Germplasm. Economic Botany, vol. 58, pp. 116-124, 2004.
- [14] R.K. Saini, N.P. Shetty, P. Giridhar, G.A. Ravishankar, "Rapid in vitro regeneration method for Moringa oleifera and performance evaluation of field grown nutritionally enriched tissue cultured plants", J. Biotech., vol. 3, pp. 187–192, 2012.
- [15] W. Al Khateeb, E. Bahar, J. Lahham, D. Schroeder, E. Hussein, "Regeneration and assessment of genetic fidelity of the endangered tree Moringa peregrina (Forsk.) Fiori using Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) ". Physiol. Mol. Biol. Plants, vol. 19, n°1, pp. 157–164, 2013.
- [16] Z. Jemal, Micropropagation of Moringa oleifera from shoot tip explants, Thesis of Master, Addis Ababa University, 2017.
- [17] A.Y. Adugna, T. Feyissa, Tasew FS., 2020, "Optimization of Growth Regulators on in vitro Propagation of Moringa stenopetala from Shoot", Research Square, vol. 20, n°60, pp. 1-10.
- [18] V. Herrbach, Stimulation du développement des racines latérales par des lipochito oligosaccharides (LCOs) symbiotiques chez Medicago truncatula, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 2013.
- [19] T. Riyathong, S. Dheeranupattana, J. Palee, L. Shank, 2010, "Shoot Multiplication and Plant Regeneration from in vitro Cultures of Moringa oleifera". The 8th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology, pp. 154-159, 2010.
- [20] S. Islam, M.A.A. Jahan, R. Khatun, "In vitro regeneration and multiplication of year-round fruit bearing Moringa oleifera L.", J. Biol. Sci., vol. 5, pp. 145–148, 2005.
- [21] R. Saïdi, B. El bouzdoudi, M.B. Kbiach, A. Lamarti, A. Maouni. "Effects of macroelements and auxins on the micropropagation of Carob tree (Ceratonia siliqua L., Leguminosae) by shoot tip cultures", Mater. Environ. Sci., vol. 6, n°8, pp. 2330-2337, 2015.
- [22] D. Sané, A. Borgel, M.H. Chevallier, Y. Gassama-Dia, "Induction in vitro de l'enracinement de microboutures d'Acacia tortilis subsp. raddiana par traitement transitoire à l'auxine", Ann. For. Sci., vol. 58, 431-437, 2001.
- [23] L. Chalak, A. Elbitar, A. Chehadé, W. Chamoun, "Potentiel d'enracinement in vivo et in vitro de variétés libanaises d'amandier (Prunus dulcis Miller)", Lebanese Science Journal, vol. 4, n°2, pp. 21-29, 2003.

Prévalences et impacts économiques de huit (8) motifs de saisie de la viande bovine en Côte d'Ivoire: Cas de l'abattoir de Port-Bouët

[Prevalences and economic impacts of eight (8) reasons for seizing bovine meat in Côte d'Ivoire: Case of the Port-Bouët slaughterhouse]

Komissiri Dagnogo^{1,2,3}, Adama Coulibaly⁴, Mamadou Dosso⁴, Ouattara Salifou Gboko⁴, Atchoumtcho Sara Coulibaly⁴, and Godi Henri Marius Biego⁵

¹LANADA, Laboratoire Central d'Agrochimie et d'Écotoxicologie (LCAE), 04 BP 612 Abidjan 04, Côte d'Ivoire

²Direction des Abattoirs et de l'Hygiène Alimentaire du District Autonome d'Abidjan, BP V 24 Abidjan, Côte d'Ivoire

³Direction des Services Vétérinaires (DSV) du Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, BP V 24 Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴Unité de Formation et de Recherche des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon COULIBALY Korhogo, BP 1328, Korhogo, Côte d'Ivoire

⁵Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques, Unité de Formation et de Recherche des Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This study was initiated to help improve the quality of beef produced at the Port-Bouët slaughterhouse in order to protect the health of consumers and facilitate the implementation of prophylactic measures. This is a retrospective study carried out at the Port-Bouët slaughterhouse on data collected from July 2019 to June 2020 on the cattle received. The data was collected, from January to May 2021, from the digital database of the operating system called the Animal Management and Identification System in Port-Bouët (SYGIAP 3.1). The results indicate that the slaughterhouse is supplied with cattle by four (4) countries with proportions of 47.81% (Burkina Faso), 35.81% (Côte d'Ivoire), 16.23% (Mali) and 0, 15% (Niger). The proportion of cattle slaughtered at the slaughterhouse is 84% and the reasons for seizure with an incidence of more than 10% are congestion (17%), distomatosis (35%) and tuberculosis (39%). For the organs seized, there are the lungs (40.25%) and the liver (55.69%) which have prevalences above 10%; the proportions of total seizures made are 33.33% (1 seizure), 33.33% (1 seizure) and 33.34% (1 seizure) for the following reasons abscess, congestion and tuberculosis respectively. The financial losses linked to these various seizures (partial and total) amount to 76,770,400 FCFA. The Port-Bouët slaughterhouse should feed back the information obtained during the inspections allowing the implementation of prophylactic measures from the origin of the animals in order to reduce the financial and health impacts of zoonoses.

KEYWORDS: Bovine meat, Sanitary inspection, Partial seizure, Total seizure, Zoonosis, Côte d'Ivoire.

RESUME: Cette étude a été initiée pour contribuer à l'amélioration de la qualité de la viande bovine produite à l'abattoir de Port-Bouët afin de protéger la santé des consommateurs et faciliter la mise en place de mesures prophylactiques. Il s'agit d'une étude rétrospective menée à l'abattoir de Port-Bouët sur des données collectées de Juillet 2019 à Juin 2020 sur les bovins reçus. Les données ont été collectées, de Janvier à Mai 2021, à partir de la base de données numérique du système d'exploitation nommé Système de Gestion et d'Identification des Animaux à Port-Bouët (SYGIAP 3.1). Les résultats indiquent

que l'abattoir est approvisionné en bovins par quatre (4) pays avec des proportions de 47,81% (Burkina Faso), 35,81% (Côte d'Ivoire), 16,23% (Mali) et 0,15% (Niger). La proportion de bovins abattus à l'abattoir est de 84% et les motifs de saisie avec une incidence de plus de 10% sont la congestion (17%), la distomatose (35%) et la tuberculose (39%). Pour les organes saisis, il y'a les poumons (40,25%) et le foie (55,69%) qui ont des prévalences supérieures à 10%; les proportions des saisies totales réalisées sont 33,33% (1 saisie), 33,33% (1 saisie) et 33,34% (1 saisie) pour les motifs suivants l'abcès, la congestion et la tuberculose respectivement. Les pertes financières liées à ces différentes saisies (partielle et totale) s'élèvent à 76 770 400 FCFA. L'abattoir de Port-Bouët devrait faire remonter les informations obtenues au cours des inspections permettant la mise en place de mesures prophylactiques depuis l'origine des animaux afin de réduire les impacts financiers et sanitaires des zoonoses.

MOTS-CLEFS: Viande bovine, Inspection sanitaire, Saisie partielle, Saisie totale, Zoonose, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'une des préoccupations essentielles de l'homme est de satisfaire son être (besoins, désirs) ce qui doit conduire au bien-être [1]. Il est évoqué particulièrement les besoins économiques et nutritionnels. L'une des solutions, depuis les temps anciens pour parvenir à répondre à ces deux types de besoins, est l'élevage des animaux [2]. Les denrées animales et d'origine animale constituent une source principale de protéines au sein de la population. Parmi ces denrées, les viandes provenant des abattoirs et des aires d'abattage occupent une proportion très importante [3]. En Côte d'Ivoire, l'élevage a été constitué, après l'indépendance, grâce à une politique volontariste [4]. Aujourd'hui, il se pratique sur l'ensemble du territoire ivoirien mais plus en zone de savane qu'en zone forestière. Le taux de couverture de la production locale en bétail est de 35,9% [5], [6]. Ce qui oblige l'Etat ivoirien à recourir à des importations d'animaux sur pied en provenance des pays limitrophes notamment le Mali, le Burkina Faso et le Niger [7]. La viande provenant de ses animaux, malgré sa valeur alimentaire, peut constituer un danger pour les consommateurs.

En effet, la viande constitue un bon milieu de culture bactérienne et peut être porteuse de germes, parasites et toxines nuisibles à la santé humaine [8]. Cette situation résulterait de nombreux problèmes auxquels sont confrontés les producteurs des bétails notamment les maladies et les techniques défectueuses d'élevage [9, 10]. Ainsi, la viande ne sera utile à l'homme que si certaines conditions de salubrité sont respectées [8]. Par ailleurs, les concepts de qualité de vie et de l'environnement sont des motifs de plus en plus croissants des revendications des consommateurs [1]. Ces constats impliquent un contrôle minutieux des caractéristiques bactériologiques, parasitologiques et organoleptiques avant la commercialisation de la viande [8].

En Côte d'Ivoire, dans le but de protéger la santé des consommateurs, une inspection sanitaire et qualitative a été instaurée à toutes les étapes critiques de la chaîne d'approvisionnement (bétails, viandes) à savoir les frontières terrestres, aériennes, portuaires et surtout les abattoirs. Dans les abattoirs, elle vise un triple but notamment protéger la santé des consommateurs (retrait des produits dangereux), protéger la santé du bétail (dépistage des maladies contagieuses) et assurer la loyauté du commerce (retrait de la vente de produits dangereux) [11]. Ainsi, dans la perspective de suivre la qualité de la viande bovine mise à la disposition de la population par l'abattoir de Port-Bouët, cette étude rétrospective a été initiée avec un objectif général de contribuer à l'amélioration de la qualité de la viande bovine produite à l'abattoir de Port-Bouët afin de protéger la santé des consommateurs et faciliter la mise en place de mesures prophylactiques auprès des producteurs.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 SITE DE L'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée, de Janvier à Mai 2021, à l'abattoir de Port-Bouët qui reçoit des bovins et petits ruminants (ovins, caprins) provenant des pays limitrophes (Mali, Burkina Faso, Niger) et des fermes ivoiriennes. Les bêtes abattues, dans cet abattoir, sont issues de ce stock animal.

2.1.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique est constitué de bovins (Figures 1) tout venant reçus à l'abattoir de Port-Bouët du 1er juillet 2019 au 30 juin 2020. Ces animaux proviennent des pays limitrophes (Mali, Burkina Faso, Niger) et des fermes ivoiriennes.

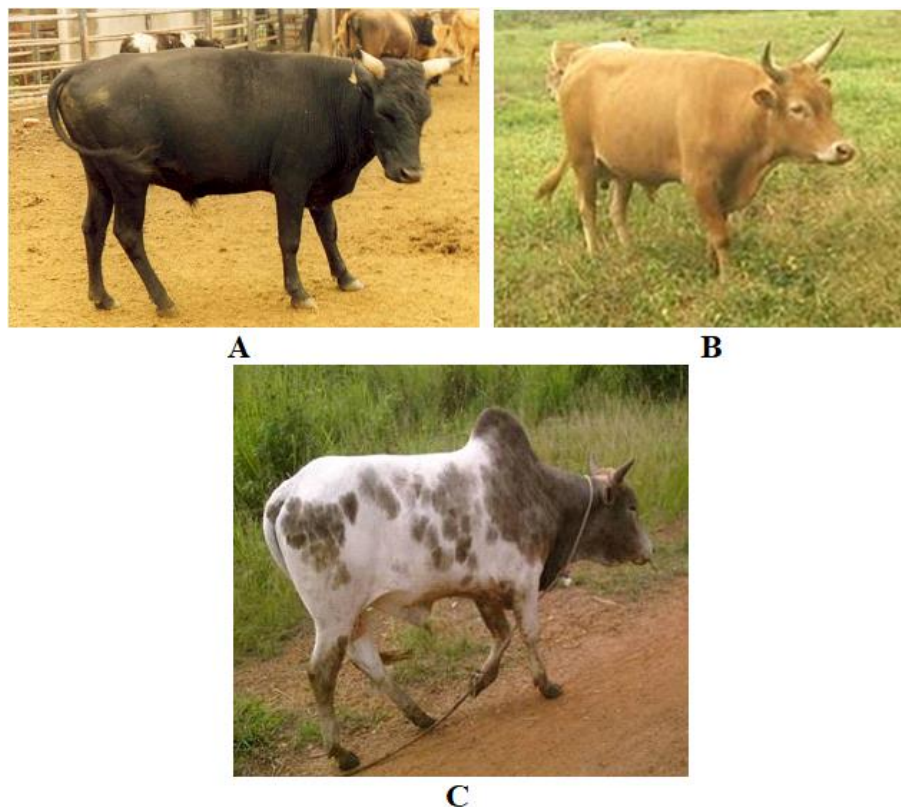


Fig. 1. Photographies des bovins des races Baoulé (A), N'Dama (B) et Zébus (C)

2.2 MÉTHODES

2.2.1 COLLECTES DES DONNÉES

Les données ont été collectées à partir de la base de données numérique du système d'exploitation nommé Système de Gestion et d'Identification des Animaux à Port-Bouët (SYGIAP 3.1) mis en place par la direction de l'abattoir de Port-Bouët. Elles ont concerné:

- L'origine des bêtes reçus à l'abattoir;
- Le nombre de bêtes abattues par jour;
- Le type de saisie;
- Les motifs des saisies notamment la tuberculose, la distomatose, l'échinococcose ou kyste, la cysticerose, l'abcès, la cirrhose, la congestion et l'hémosidérose;
- Les organes saisis.

2.2.2 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique descriptive (pourcentage) et les graphiques (camembert, courbes) ont été réalisés à l'aide du logiciel Excel version 2016.

3 RESULTATS

3.1 APPROVISIONNEMENT DE L'ABATTOIR

La figure 2 présente l'approvisionnement de l'abattoir en bovins en fonction des pays. L'abattoir a reçu 162 225 bovins dont 77 555 (47,81%); 58 098 (35,81%); 26 336 (16,23%) et 236 (0,15%) qui proviennent respectivement du Burkina Faso, de la Côte d'Ivoire, du Mali et du Niger.

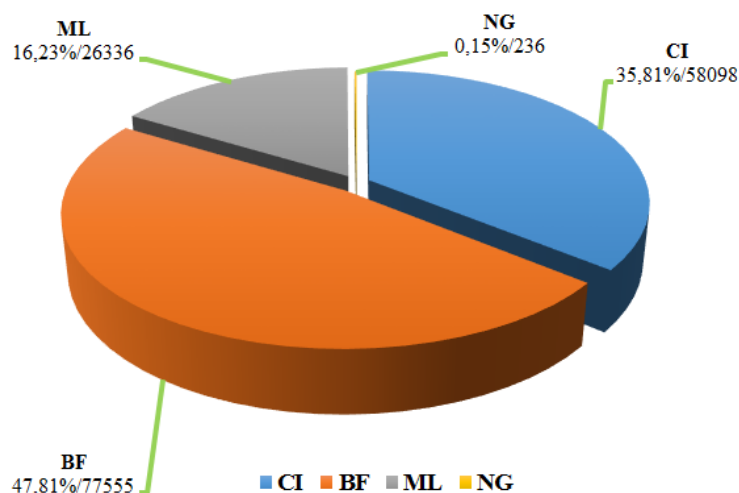


Fig. 2. Approvisionnement de l'abattoir en bovins en fonction des pays

CI: Côte d'Ivoire; BF: Burkina Faso; ML: Mali; NG: Niger.

3.1.1 CONTRIBUTION MENSUELLE DES PAYS DANS L'APPROVISIONNEMENT DE L'ABATTOIR

La courbe d'évolution mensuelle de la contribution du Burkina Faso dans l'approvisionnement en bovins de l'abattoir est décroissante de juillet (100%) à juin (0%). Concernant le Mali, elle a une évolution en deux phases notamment croissante de juillet (0%) à avril (23,09%) et décroissante d'avril à juin (0%). Quant à la Côte d'Ivoire, elle a une contribution croissante de juillet (0%) à juin (100%). Pour le Niger, cette contribution a une évolution relativement linéaire comprise entre 0% (juillet, août, janvier, mars, mai, juin) et 0,49% (février) (Figure 3).

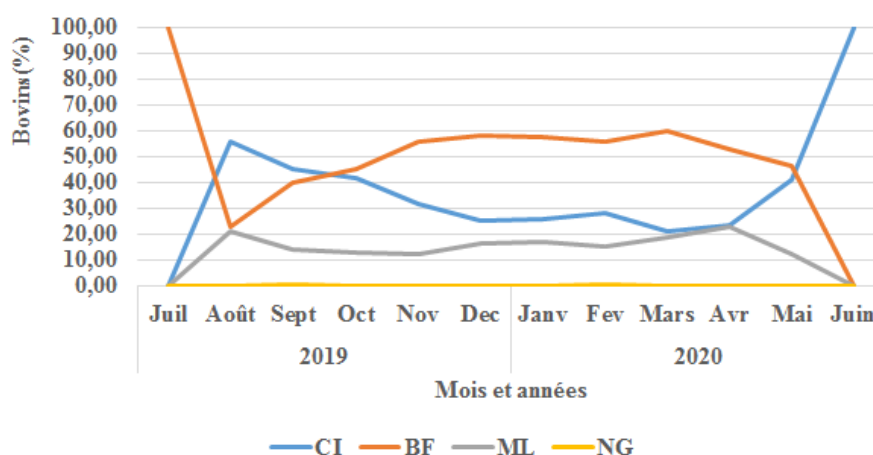


Fig. 3. Contribution mensuelle des pays à l'approvisionnement de l'abattoir en bovins

CI: Côte d'Ivoire; BF: Burkina Faso; ML: Mali; NG: Niger.

3.1.2 EVOLUTION MENSUELLE DE L'APPROVISIONNEMENT PAR PAYS

La figure 4 montre l'évolution mensuelle des arrivages des bovins en fonction des pays. Pour le Burkina Faso cette évolution est croissante de juillet (0,001%) à novembre (13,611%) puis décroissante jusqu'en juin (0%). Quant au Mali, il a une évolution croissante de juillet (0%) à août (17,760%) et décroissante de août à juin (0%). Concernant la Côte d'Ivoire, l'évolution est croissante de juillet (0%) à août (21,110%) puis décroissante jusqu'en juin (0,050%). Par contre, cette évolution est en dents de scie pour le Niger avec un pic en septembre (31,780%) et des vallées (0%) sont atteintes en juillet, août, janvier, mars, mai et juin.

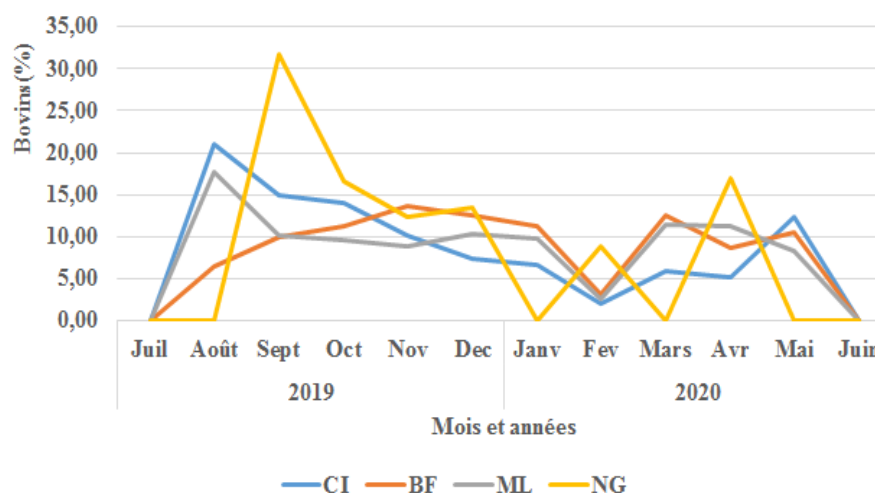


Fig. 4. Evolution mensuelle des arrivages des bovins en fonction des pays

CI: Côte d'Ivoire; BF: Burkina Faso; ML: Mali; NG: Niger.

3.2 ABATTAGE DE BOVINS AU SEIN DE L'ABATTOIR

La proportion de bovins abattus au sein de l'abattoir est de 84% (136 468 têtes) contre 16% de non abattus (25 757 têtes) (Figure 5).

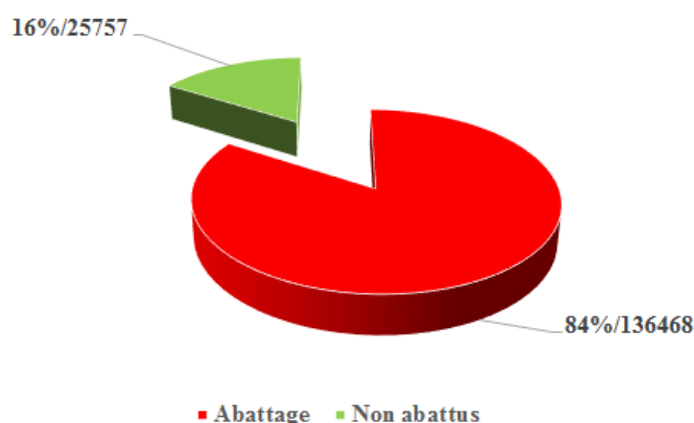


Fig. 5. Proportions de bovins abattus ou non au sein de l'abattoir

3.2.1 PRÉVALENCE DES MOTIFS ET ORGANES SAISIS

SAISIES PARTIELLES: Les huit (8) motifs ont tous été détectés. La répartition des saisies en fonction desdits motifs indique des proportions de 1% (84 saisies), 1% (87 saisies), 1% (115 saisies), 2% (175 saisies), 4% (324 saisies), 17% (1493 saisies), 35% (3082

saisies) et 39% (3473 saisies) respectivement pour l'hémosidérose, la cysticercose, la cirrhose, l'abcès, l'échinococcose, la congestion, la distomatose et la tuberculose (Figure 6A).

La figure 6B montre les proportions des organes de bovins saisis par rapport aux différents motifs. Ces proportions varient entre 0,05% (4 saisies) et 55,69% (4920 saisies); ces valeurs sont obtenues avec la rate et le foie respectivement.

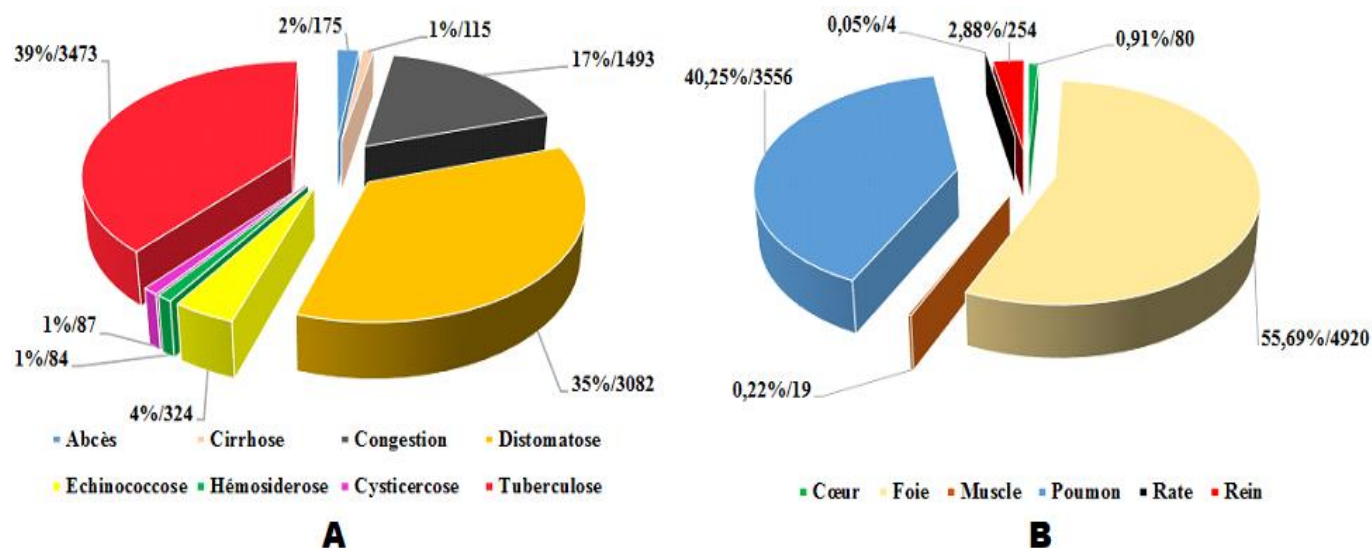


Fig. 6. Prévalence des motifs de saisie (A) et des organes de bovins (B) saisis

SAISIES TOTALES: Les prévalences des motifs de saisies totales des bovins sont 33,33% (1 saisie), 33,33% (1 saisie) et 33,34% (1 saisie) respectivement pour l'abcès, la congestion et la tuberculose.

3.2.2 ASPECTS ÉCONOMIQUES DES DIFFÉRENTES SAISIES

Le tableau 1 donne une estimation des pertes économiques dues aux saisies partielles et totales. Les saisies ont engendré une perte économique de 76 770 400 F, répartie comme suit 120 000 F (cœur), 29 520 000 F (foie), 46 228 000 F (poumons), 152 400 F (rein) et 750 000 F (animal entier).

Tableau 1. Pertes économiques liées aux saisies des organes et bovins entier

Parties saisies	Nombre	Masse unitaire saisies (kg)	Masse totale saisie (kg)	Prix unitaire (FCFA)	Prix total/organe (FCFA)
Cœur	80	-	-	1500	120 000
Foie	4920	3	14 760	2000	29 520 000
Poumon	3556	-	-	13 000	46 228 000
Rein ou rognon	254	-	-	600	152 400
Animal entier	3	-	-	250 000	750 000
Total (FCFA)					76 770 400

4 DISCUSSION

Le complexe marché à bétail-abattoir de Port-Bouët est approvisionné en bovins provenant de quatre (4) pays notamment le Burkina Faso, le Mali, la Côte d'Ivoire et le Niger. Cependant, le Burkina Faso demeure le premier pays fournisseur de l'abattoir en bovins avec 47,81%. Cette situation pourrait être expliquée par la position du Burkina Faso en tant que pays éleveur de bovins et d'accès facile au marché ivoirien (chemin de fer et voies terrestres). Ces résultats corroborent ceux de [12] sur la Dynamique de l'approvisionnement du marché à bétail du District d'Abidjan. Ces auteurs indiquent que le Burkina Faso a été le premier fournisseur du marché à bétail du District d'Abidjan en bovins en 2000 (48,15%). Par contre, ils indiquent que le Mali a été le premier fournisseur en bovins en 2010 (49,90%). Cette différence observée en 2010 pourrait être expliquée

par la crise poste électorale de 2010 car l'approvisionnement du marché à bétail à partir du Burkina Faso se ferait en grande partie par le chemin de fer.

Les bovins sont fournis principalement par le Burkina Faso (Juillet 2019, Octobre-Décembre 2019, Janvier-Mai 2020) et la Côte d'Ivoire (Août-Septembre 2019, Juin 2020). Cette représentativité de la Côte d'Ivoire, derrière le Burkina Faso dans l'approvisionnement du marché à bovins de l'abattoir serait liée à la présence des animaux transhumants. Ces animaux, à partir des pays limitrophes, rentreraient en Côte d'Ivoire pour y être mieux engraisés et vendus sur place. Les arrivages en bovins par pays sont plus importants en Août pour la Côte d'Ivoire (21,110%), le Mali (17,760%), le Niger (31,780%) et en Novembre pour le Burkina Faso (13,611%). Cette forte affluence au mois d'Août pourrait être expliquée par la fête de la Tabaski qui a eu lieu le 12 août 2019. Cette situation a été mentionnée également par [13] dans leur étude sur les motifs de saisies de la viande de petits ruminants à l'abattoir de Port-Bouët. Ces auteurs ont constaté un fort approvisionnement du marché à bétails, en petits ruminants, pendant la période de la fête de Tabaski. Le décalage du pic d'approvisionnement du Burkina Faso au mois de Novembre pourrait s'expliquer par la priorité donnée aux petits ruminants [13]. Car les ovins sont recommandés pour cette fête [14], [15], [16], cependant certains fidèles s'orientent vers les bovins.

La proportion de bovins abattus à l'abattoir est de 84%. Ce qui voudrait dire que la majorité de bovins débarqués au marché à bétail de Port-Bouët est abattue au sein de l'abattoir. Ce phénomène corroborerait la thèse selon laquelle les bovins ne sont pas majoritairement recommandés pour la fête de la Tabaski [14] et les différentes cérémonies notamment les mariages, les baptêmes et les sacrifices. La référence [13], dans leur étude sur les motifs de saisie de la viande de petits ruminants, ont montré que plus de 65% de petits ruminants débarqués au marché à bétail de Port-Bouët sont achetés par des particuliers c'est-à-dire abattus hors de l'abattoir de Port-Bouët. L'analyse de la carcasse et des abats des animaux abattus à l'abattoir a permis de mettre en évidence tous les huit (8) motifs de saisie. Ceux ayant occasionné des saisies partielles avec des prévalences supérieures à 10% sont la tuberculose (39%), la distomatose (35%) et la congestion (17%). En outre, les organes saisis avec une prévalence supérieure à 10% sont le foie (55,69%) et les poumons (40,25%). La tuberculose bovine est une maladie infectieuse due à *Mycobacterium bovis* et plus rarement à *M. tuberculosis*. *M. bovis* n'est pas spécifique aux bovins, il peut infecter de nombreux autres mammifères domestiques ou sauvages et l'homme. Il se trouve préférentiellement dans les organes riches en tissu réticulo-endothélial tels que les poumons, les nœuds lymphatiques et le foie [7], [17], [18]. Les distomatoses sont des maladies dues au développement dans l'organisme de parasites trématodes ou vers plats du genre *Fasciola*. La contamination de l'homme, par ces zoonoses, étant occasionnelle et l'infestation se fait toujours par voie orale avec des aliments variables selon les pays et les espèces. Selon l'organe infecté, il est distingué les distomatoses hépatobiliaires, les distomatoses intestinales et les distomatoses pulmonaires [19], [20]. La congestion est une accumulation de liquide hémorragique dans les tissus superficiels de la carcasse (hématome). Elle est la conséquence d'une hémorragie, qui résulte le plus souvent d'un traumatisme ou d'une saignée post-mortem. Elle serait due à une chute (équarillage, fracture), blessure (coup de corne, vêlage difficile), coup ou choc (animal qui se débat, coup de bâton) [21] ou résulterait d'une tentative de fraude orchestrée par les chevillards ou les convoyeurs d'animaux lorsque certaines bêtes succombent au cours du transport [11]. Tous ces motifs (tuberculose, distomatose, congestion) peuvent être sources de zoonoses ainsi leur gestion est une question de santé publique. Par ailleurs, la forte prévalence des poumons et du foie pourrait être liée aux motifs incriminés notamment la tuberculose et la distomatose car ces deux (2) motifs ont pour organes cibles le foie et les poumons [18], [19], [20], [22]. Des résultats similaires ont été trouvés par plusieurs auteurs dans leurs études menées dans les abattoirs d'Abidjan. En effet, [7] a montré que la tuberculose et la distomatose étaient responsables respectivement de 45,59% et 24,05% des saisies partielles chez les bovins; les poumons (55,6%) et le foie (25,6%) étaient les principaux organes saisis. La référence [4] a également indiqué que les poumons (52,12%) et le foie (31,51%) sont les principaux organes saisis sous motifs de tuberculose (41,87%) et de distomatose (23,98%). Ces différentes études indiquent une forte prévalence de la tuberculose et de la distomatose comme motifs de saisies partielles chez les bovins. Par ailleurs, des saisies totales ont été réalisées également chez les bovins pour des motifs de tuberculose (33%), congestion (33%) et abcès (33%). Ces mêmes motifs ont été incriminés par [7] pour des saisies totales chez les bovins mais à des prévalences différentes (tuberculose 55%, putréfaction 24%, saignée post mortem ou congestion 18%). La référence [13] n'a observé aucune saisie totale dans leur étude sur les petits ruminants à l'abattoir de Port-Bouët.

Les saisies partielles et totales réalisées à l'abattoir suite à l'inspection des bovins abattus constituent une perte aussi bien pour les chevillards que pour l'abattoir. Les pertes financières, au niveau des chevillards, liées aux différentes saisies s'élèvent à 76 770 400 FCFA. Cette perte financière chez les chevillards pourrait avoir des incidences au niveau des éleveurs et des consommateurs de la viande. En effet, elle pourrait entraîner une baisse du prix d'achat des bêtes et une augmentation des prix de vente de la viande. Concernant l'abattoir, la destruction des organes et des carcasses saisis pourrait engendrer des pertes financières. Cette perte financière est plus importante que celle mentionnée par [13], qui était de 8 074 000 FCFA pour les petits ruminants. La réduction de ces différentes pertes passe nécessairement par la mise en place des mesures

prophylactiques à l'origine des animaux (éleveurs, transporteurs). Cependant, la condition sine qua non à la mise en place de ces mesures prophylactiques est la mise en place d'un système de traçabilité sous régional fiable basé sur l'identification des bêtes. Ainsi les services de l'abattoir pourraient faire remonter les informations obtenues au cours des inspections permettant une meilleure prise en charge des pathologies animales depuis l'origine des animaux.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude rétrospective, il ressort que le Burkina Faso est le premier fournisseur du marché à bétail de Port-Bouët en bovins et la deuxième place est occupée par la Côte d'Ivoire. Plus de 80% des 162 225 têtes de bovins reçues subissent une inspection post mortem à l'abattoir de Port-Bouët et cette inspection a révélé des saisies partielles d'organes. Concernant ces saisies partielles, les motifs responsables de fortes saisies sont la tuberculose, la distomatose et la congestion. Les organes concernés par ces saisies partielles avec de fortes prévalences (supérieures à 10%) sont les poumons et le foie. Par ailleurs, des saisies totales ont été réalisées par rapport à trois (3) motifs notamment la tuberculose, la congestion et l'abcès. Les pertes financières liées aux saisies partielles et totales sur la période de l'étude s'élèvent à 76 770 400 FCFA. L'abattoir de Port-Bouët joue un rôle important dans la protection des consommateurs de la viande bovine du District Autonome d'Abidjan. Cependant, la mise en place d'un système de traçabilité fiable permettrait l'application de mesures prophylactiques à l'origine des animaux afin de réduire les impacts financiers et sanitaires des zoonoses.

REFERENCES

- [1] B. Tuffery, L'assurance de la qualité vers une maîtrise globale de la qualité alimentaire. Annales du colloque, Paris 14 et 15 nov. APRIA.: 135p, 1990.
- [2] C. Doudouetch, La production du mouton. 1ère éd. France agricole CEP Paris.: 75p, 1988.
- [3] A. A. Doutoum, F. M. Mbaindingatoloum, E. Thebaud, A. Elafosse, Y. Michaux and M. Desquesnes, Pathologies des bovins rencontrées dans la région du Lac Tchad. RASPA, Vol. 2, no 2, 76p, 2004.
- [4] A. Malley, Les motifs de saisies des viandes dans les abattoirs en Côte d'Ivoire chez les bovins: prévalence et incidences socio-économique Thèse Méd. Vét. Dakar.: 130p, 2001.
- [5] MIRAH, Plan stratégique de développement de l'élevage, de la pêche et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire. Ministère des Ressources Animales et Halieutiques. 102p, 2020.
- [6] MIRAH. Projet d'appui à la production porcine en Côte d'Ivoire. Ministère des Ressources Animales et Halieutiques. 56p, 2018.
- [7] K. A. Diarrassouba, Etude diagnostique des conditions de préparation et d'inspection des viandes de boucherie aux abattoirs du District d'Abidjan. Thèse, Université Cheick Anta Diop, Dakar. 16: 172p, 2011.
- [8] Z. S. Bacishoga, N. V. Mituga, C. T. Heri, C.D. Lutwamuzire, M. J. Kafirongo, M. Sanvura and P. Vincent, Les causes de saisies des viandes à l'abattoir public de Beni/province du nord-kivu en R.D. Congo. 89-99, 2015.
- [9] J. Aufrant and B. Billon, Animaux de boucherie, hygiène de l'abattoir. Information techniques des ressources vétérinaires (ITSV), France. 129p, 1974.
- [10] A. Vallet, Maladies des bovins, manuel pratique, 2e édition France agricole, Institut d'élevage. Paris Cedex. 320p, 1994.
- [11] DSV, Manuel d'inspection des animaux et des viandes de boucherie à l'abattoir. Direction des Services Vétérinaires. 50p, 2019.
- [12] B. D. Yao and V. Kallo, Dynamique de l'approvisionnement du marché à bétail du district d'abidjan. Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement. Vol, 2, 89-90, 2015.
- [13] A. Coulibaly, K. Dagnogo, M. Dosso, O. S. Gboko, A. S. Coulibaly, G. H. M. Biego and A. Coulibaly, Prevalence and economic impacts of eight (8) reasons for seizure of small ruminant meat at the Port-Bouët slaughterhouse of the Autonomous District of Abidjan, Côte d'Ivoire. Asian journal of research in animal and veterinary sciences, 2021. Sous presse.
- [14] G. Toure, Z. Ouattara, V. Yapy-Gnaore, T. Yo and K. G. Tanoh, Commercialisation des moutons à Bouaké, Côte d'Ivoire: variations des prix sur le marché de petits ruminants. Revue Élev. Méd. vét. Pays trop. Vol. 58, no 1-2, 95-101, 2005.
- [15] A. M. Brisebarre and E. Kuczynski, La Tabaski au Sénégal. Une fête musulmane en milieu urbain. Karthala: Paris. 468 p, 2009.
- [16] O. Ninot, La fête du mouton, des moutons pour la fête. Enjeux économiques de la Tabaski au Sénégal. Grain de Sel. Vol, 46-47, no 22-23, 2009.
- [17] B. Cissé, K. N'guessan, E. Ekaza, E. Soro, N. Aka and M. Dosso, Isolement de Mycobacterium bovis des lésions tuberculeuses chez les bovins à l'abattoir d'Abidjan Port-Bouët (Côte d'Ivoire) RASPA. Vol. 6, no 3-4, 199-204, 2005.

- [18] M. Sieng, La détection de la tuberculose bovine dans les abattoirs du Sud-Ouest de 2001 à 2010: analyse des données d'inspection et des résultats histologiques et bactériologiques. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, ENVT, 64p, 2011.
- [19] ANOFEL, Distomatose hépatique à *Fasciola hepatica*, autres distomatoses. Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie, Université Médicale Virtuelle Francophone. 14p, 2014.
- [20] A. Pierre and G. Bernard-Alex, Distomatoses ou trématodoses d'origine alimentaire. Centre René Labusquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 33076 Bordeaux (France). 5p, 2018.
- [21] Interbec, Les saisies de viande en abattoir désormais consultables par les éleveurs ! Interprofession Bétail et Viande. Saisie-en-abattoir-vect-def-.indd, 210-297, 2017.
- [22] M. Strobel, D. Veasna, M. Saykham, D. S. Tran, K. Valy, P. Odermatt and G. Dreyfus, Paragonimose pleuro-pulmonaire. *Med Mal Infecter*. Vol. 35, no 10, 476-81, 2005. DOI: 10.1016/j.medmal.2005.08.002.

