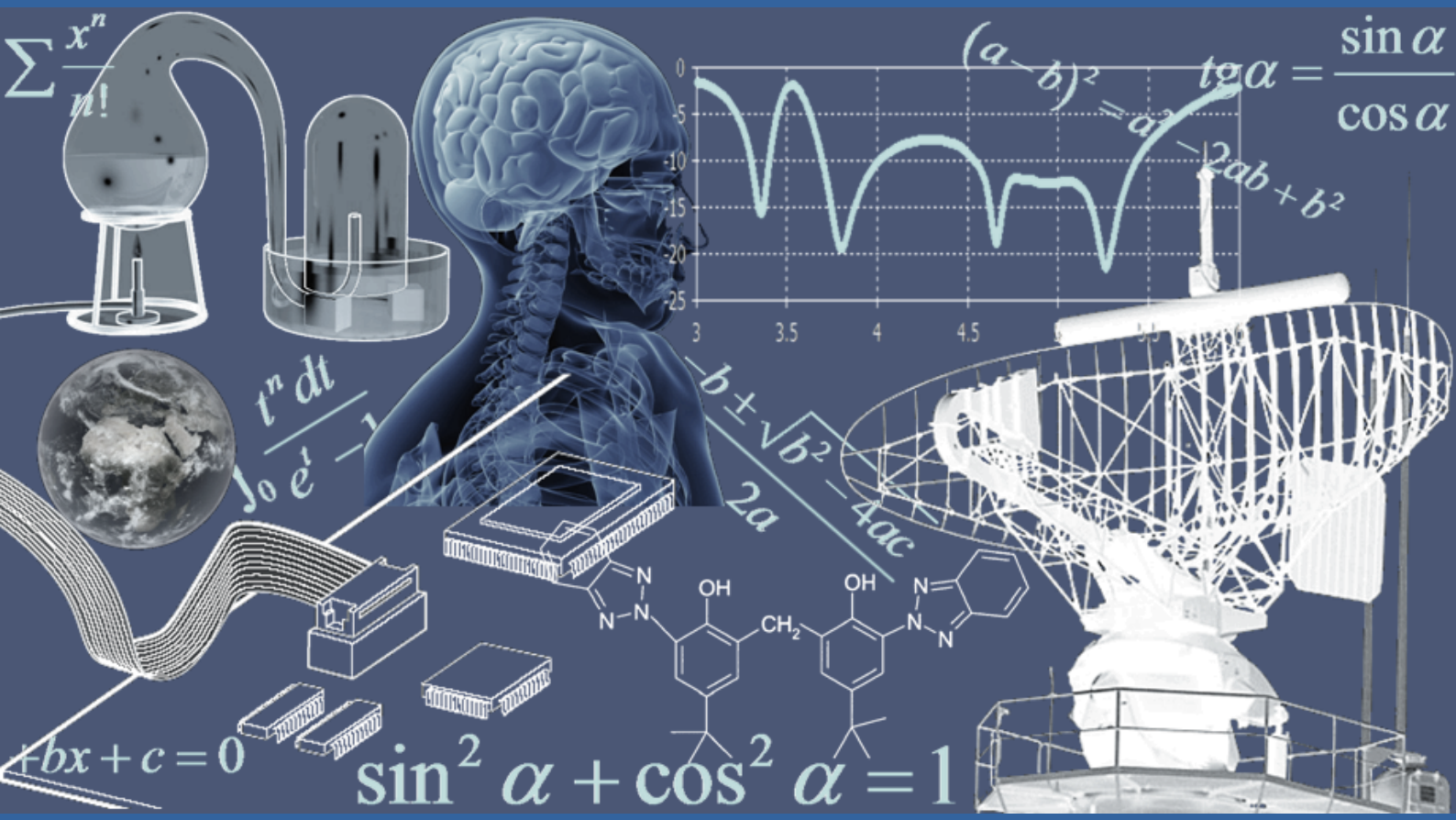
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 6.71

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 41 N. 2 December 2023



International Peer Reviewed Monthly Journal

Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.issr-journals.org/

International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

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

Table of Contents

Interaction between PFASs and protein using Fluorescence spectroscopy 390-412

Andry Hariniaina RABEARISOA, Hajandrainy RABEARISOA, and Xinghui Xia

Cartographie du risque bilharzien dans la région de la marahoué (Côte d'Ivoire) 413-427

Gnahoua Guy Roger Gnazale, Aya Nicaise N'Guessan Née Okoubo, and Fulgence Kouamé Kouame

Effets de trois types de fumures organiques sur les paramètres agro-morphologiques du niébé cultivé au Burkina Faso 428-436

Zeya KABORE, Kaboré Sibiry Albert, Razacswendé Fanta Ouedraogo, Adama Pascal Kihindo, Edmond Dondasse, Aristide SILGA, Romeo Hugues BAZIE, Dayéri DIANOU, and Gérard Zombre

Analysis of cross-border transhumance of cattle in the department of Ouangolodougou 437-445

Brou Gboko Konan Gatien, SORO Soronikpoho, Outtara Nouplé Assetou, Coulibaly Donakpo, and Diomande Dramane

Examining Classroom Features in English as a Foreign Language Teaching in Bunia Primary Schools in the Democratic Republic of the Congo 446-459

Malobi Pato Emmanuel

Model for identifying the characteristics of an individual from a class of comments 460-468

N'Guessan Behou Gérard, Assie Brou Ida, Kone Tiémoman, and M Achiepo Odilon Yapo

La transformation digitale au service de l'accompagnement entrepreneurial financier des incubateurs 469-480

Hafsa Ouahi and Majda El Agy

Healing effects of aqueous extract of leaves of Petrosolinum crispum (Apiaceae) on induce wounds in rats 481-488

Virginie Atto, Kamo Irie Lou Emilie, Adepo Yapo Prospère, and Nene Bi Semi Anthèlmel

Variabilité hydro climatologique et dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant du Niger à Siguiri (Nord-Est de Guinée) 489-504

Moriba Kourouma, Daouda Keita, Serge Loua, Gbombélé SORO, Mohamed Cissé, and Soro Nagnin

Modélisation 2D des unités minéralisées du gisement uranifère du prospect Nord-Taza Satellite de la formation du Tarât (Arlit, Nord-Niger) 505-512

Lawali Idi Chamsi, Badamassi Kadri M. Mansour, Abdou Dodo Bohari, Yacouba Ahmed, and Moustapha M. Tchiroma

Knowledge, Practice and Satisfaction of the beneficiaries of the National Program of Sanitized Schools and Villages in post-certification in the province of Tshopo in the DRC 513-521

Basandja Longembe Eugene, Panda Lukongo Kitronza Jean, and Joris Losimba Likwela

Environnement porteur du développement de l'élevage dans la Sous-Préfecture de Boundiali (Nord, Côte d'Ivoire) 522-531

Kone Levol, Kouassi Konan, and Koffi Guy Roger Yoboué

La dystrophie neuroaxonale infantile 532-537

K. Elmkaddem, S. Chaouki, L. Bouguenouch, M. Boubou, and M. Hida

Utilisation de la Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) par les enseignants stagiaires de Biologie et des SVT dans la ville de Bunia (RD Congo) 538-548

Cwinya'ay Wong'a Pascal, Niyonkuru Charles, Bapolisi Bahuga Paulin, Jean-Marie Bahati Wihoreye, and Muhunga Matumwabiri Roger

Effets des fertilisants minéraux (NPK) et organiques (compost) sur la productivité de l'oignon (Allium cepa L.) au Niger: Cas de la variété violet de Galmi 549-557

Bori Haoua, Boukary Hamsatou, Adamou HAOUGUI, Ali Bibata, and Toudou Adam

Conception d'un tableau de bord et choix d'indicateurs pertinents: Cas du Laboratoire de Biochimie du CHU Ibn Rochd de Casablanca 558-565

Wafaa Zerroug, Mohamed Omari, Asmaa Morjan, and Nabiha Kamal

Contrôle des ressources foncières: Modes d'accès et d'acquisition des terres agricoles des chefs de ménage féminin et masculin dans la région de Tahoua au Niger 566-571

Moussa Dit Kalamou Mahamadou, Soumana Boubacar, Yamba Boubacar, and Philippe Lebailly

Etude comparative de la chaleur massique du sable de rivière et du fleuve et son impact sur l'environnement 572-579

Alphonse Djesse MAMBU TUFUKAMA, Christoffer MWAMBA MPOY, and Giresse Wa KABEYA KABEYA

Vérification de la loi de fourrier dans la conduction thermique des métaux: Etude expérimentale 580-587

Alphonse Djesse MAMBU TUFUKAMA, Faustine Mafuta Mele, and Pierre Mbongompasi Mabe

Face Liveness Detection and Tracking in a Remote Exam Monitoring System 588-597

Konan YAO, Tiemoman KONE, N'Guessan Behou Gérard, and Koffi Fernand KOUAME

Optimising urban traffic management: A dynamic approach to traffic lights using artificial intelligence 598-605

Mory Richard BATIEBO, Tiemoman KONE, N'Guessan Behou Gérard, and Serge Stephane AMAN

La gestion du temps, un atout essentiel dans l'administration d'une école: Cas des écoles de la cité de Kabongo 606-611

Marcel Lenge Kalonda Kashele, Justine Seya Ngoy, and Bazin NSHIMBA ILUNGA

Facteurs défavorables à l'apprentissage et à l'enseignement des psychologies dans les écoles secondaires de première et deuxième année de la sous-division de Kabongo 612-620

Marcel Lenge Kalonda Kashele, Justine Seya Ngoy, and Bazin NSHIMBA ILUNGA

Attitudes des élèves filles face à leurs enseignants dans les écoles secondaires de la cité de Kabongo 621-631

Marcel Lenge Kalonda Kashele

Typologie de la pêche sur la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest) 632-645

Emmanuelle Akissi N'GUESSAN, YAO Stanislas Silvain, Tah LEONARD, Bedia Aké Théophile, and Anderson Zingbé KPAN

Impact des actifs du jeu sur l'Apprentissage des Mathématiques via les Jeux Virtuels chez les Adolescents 646-659

Venance Saho Zoh, Kone Tiémoman, and Konan YAO

Performance technico-économique de la motorisation de la gestion durable de l'eau agricole: Cas de la pratique zaï dans la région du centre au Burkina Faso 660-669

Beteo Zongo, Albert Barro, Sandrine Moyenga, and Saidou Simporé

Effets de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques en ZONE CEMAC 670-679

Reounodji Madji Cyrille, Nembot Ndeffo Luc, and Lopiagoto Noudjihoudou Désiré

Analyse diachronique de la dynamique forestière et de la susceptibilité aux incendies de forêt: Cas de la province de Fahs-Anjra, Maroc 680-695

Nisserine Ben Driss

Planification du réseau de distribution de l'énergie électrique dans la ville de Kindu à l'horizon 2040 696-705

Batiki Nkoy Remy, Meni Babakidi Narcisse, and Kinyoka Kabalumuna God'El

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 390-412
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Interaction between PFASs and protein using Fluorescence spectroscopy

Andry Harinaina Rabearisoa[1-3], Hajandrainy Rabearisoa[2], and Xinghui Xia[3]

[1]Université de Fianarantsoa, Ecole Normale Supérieure, Sciences et technologies, Fianarantsoa, Madagascar

[2]Université de Fianarantsoa, Ecole Normale Supérieure, Sciences et technologies, Fianarantsoa, Madagascar

[3]School of Environment, Beijing Normal University, State Key Laboratory of Water Environment Simulation, Key Laboratory for Water and Sediment Sciences (Ministry of Education), Beijing 100875, China

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

ABSTRACT: This research in this aspect is necessary, because of PFASs are one kind of hydrophobic and hydrophilic chemicals, and the study of PFASs with protein used as a dissolved organic matter in this study is valuable to evaluate the ecological risk of this kind of chemicals. Fluorescence has been proven as a sensible method to provide qualitative and quantitative information on the PFAS-serum albumin interactions. This work will provide some information for appropriately understanding the interaction between PFASs and protein and illustrate its binding mechanisms at different concentration of protein, cations and pH. The results obtained from fluorescence spectra indicated that PFASs could quench the intrinsic fluorescence of protein through a static quenching procedure, with the effective quenching constants (K'_{sv}) varying from 0.44 10^5 L mol^{-1} to 5.73 10^5 L mol^{-1}. It infers that the complex of PFAS-protein was formed. In addition, the ionic strength and pH affected the effective quenching constant of PFASs bound to bovine albumin. Furthermore, with increase of pH from 6.5 to 8.5, reduction in the binding affinity of PFAS to bovine albumin and soy peptone were also observed. The interaction between perfluoroalkyl substances and protein using fluorescence spectroscopy, and the occurrence of electrostatic interactions with hydrophobic force in the binding also studied.

KEYWORDS: Perfluoroalkyl substances (PFASs), Bioaccumulation, Protein, Dissolved organic matter (DOM), Cations, Fluorescence quenching.

1 INTRODUCTION

Fluorescence spectroscopy is a valuable method in the study of proteins due to its great sensitivity and convenient method for the study of protein-ligand interactions [1]. Fluorescence has been proven as a sensible method to provide qualitative and quantitative information on the PFAS-serum albumin interactions. A variety of molecular interactions can result in serum albumin quenching. These include excited-state reactions, molecular rearrangements, energy transfer, ground-state complex formation, and collisional quenching. In this chapter we will be concerned primarily with quenching resulting from collisional encounters between the fluorophore and quencher. In the present study, we will discuss static quenching, which can be a valuable source of information about binding between the protein sample and PFASs.

Perfluoroalkyl substances (PFASs) could bind to protein and the protein like serum albumin is able to bind with different biologically active compounds (drugs, fatty acids, steroids, etc.) in the body of organisms [2], [3]. The advantage of using fluorescence spectroscopy for the study is the reactivity of chemical and biological systems, and it allows non-intrusive measurements of substances in low concentration under physiological conditions [4]. Using fluorimetry in the studies of perfluoroalkyl substances protein interactions in the binding can be studied at equilibrium without physical separation of the bound complex from the free ligand and the protein. It can reveal the accessibility of quenchers to bovine albumin and soy peptone fluorophores, confer a better understanding of the mechanism of PFASs to bovine albumin/ soy peptone, and provide some clues about the nature of the binding phenomenon.

The quenching can be mathematically expressed by the Stern-Volmer equation, which allows for the calculation of quenching constant, binding constants and binding sites [5], [6]. Measuring fluorescent change is a practical method to study protein interactions with other substances [7], [8]. There are many reports on the study of interactions between proteins with ligands using fluorescence spectroscopic methods [9], [10]. But there have been no reports on the interaction of bovine albumin and soy peptone with six kinds of PFASs. Thus, bovine albumin/ soy peptone and PFASs were selected in this study.

In this work, we use a spectroscopic approach to investigate the binding of PFASs to bovine albumin and soy peptone in aqueous solution under physiological conditions. Obtaining interaction information regarding quenching mechanisms, examine the binding effect of ions, and pH effect are our investigation aims. Our work will provide some information for appropriately understanding the interaction between PFASs and protein and illustrate its binding mechanisms at different concentration of protein, cations and pH.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 FLUORESCENCE QUENCHING MEASUREMENTS

All fluorescence spectra will measure on a F-4600 fluorophotometer (Hitachi, Japan) equipped with a 10 mm quartz cell and a 150 W xenon lamp. An excitation wavelength of 278nm was chosen and very dilute solutions were used in the experiment.

A 3 mL solution were added in turn to a 10 mL colorimetric tube and made up to the mark with 0.2 mol L^{-1} $NaH_2PO_4 \bullet H_2O$-$Na_2HPO_4 \bullet H_2O$ buffer (as dissolved 35.61 g of $Na_2HPO_4 \bullet 2H_2O$ and 27.6 g of $NaH_2PO_4 \bullet H_2O$ separately in H_2O; Adjusted the volume of each solution to 1000 mL, and mixed the stock solutions as follows, for 50 mL: 38.5 mL of $Na_2HPO_4 \bullet 2H_2O$ and 11.5 mL of $NaH_2PO_4 \bullet H_2O$) containing an appropriate concentration of 20 mgL^{-1} and 30 mgL^{-1} (100 mg L^{-1}) for bovine albumin and soy peptone respectively, and it was titrated by successive additions of a 1 µmol $L^{-1,}$ 2 µmol $L^{-1,}$ 4 µ mol $L^{-1,}$ 6 µmol $L^{-1,}$ 8 µmol $L^{-1,}$ 10 µmol L^{-1}, 20 µmol L^{-1}, 30 µmol L^{-1}, 50 µmol L^{-1}, 100 µmol $L^{-1,}$ 200 µmol $L^{-1,}$ 500 µmol $L^{-1,}$ 800 µmol L^{-1} and 1000 µmol L^{-1}) of PFAS. The titrations were carried out at pH 7.00 (phosphate buffer). The fluorescence spectra were recorded after 3 minutes and each spectrum was an average of 3 accumulations. The excitation wave length was 278 nm, the corresponding scanning mission spectra were recorded in the range of wavelength 287 to 450nm and 295 to 450nm with slit width of 10nm increments (1nm increments, 0.1 s integration time) and scan speed was set at 120 nm min^{-1} for bovine albumin and soy peptone respectively. Then, the Perfluoroalkyl substances solution was gradually titrated to the cell using a micropipette.

2.2 PRINCIPLES OF FLUORESCENCE QUENCHING

Quenching data for all the quenchers used in this study were analyzed by the modified Stern-Volmer equation (1-1), which allows resolution of the static components.

$$F0/ (F0-F) = 1/ (K'_{sv}\, fa\, [C]) + 1/fa \quad (1\text{-}1)$$

where F0 and F are the fluorescence intensities of protein in the absence and presence of quencher, respectively. [C] is the concentration of the quencher, K'_{sv} is the effective quenching constant for the accessible fluorophores, and fa is the fraction of accessible fluorescence.

Otherwise, according to equation (1-2), the quenching rate constant k_q (L $mol^{-1}s^{-1}$) could be obtained.

$$K_q = K'_{sv}/\tau_0 \quad (1\text{-}2)$$

Where τ_0 is average life time of the molecule without the quencher and is generally taken as10^{-8} s.

2.3 EFFECT OF PH ON PFASS-PROTEIN INTERACTION

The effect of pH on the binding constant of the PFASs–bovine albumin/soy peptone system was prepared like fluorescence spectra analysis, but the titrations were carried out at pH 6.5, pH 7.00 and pH 8.5 (phosphate buffer). The concentration of protein was fixed at 20 mg L^{-1} for bovine albumin and soy peptone.

2.4 EFFECT OF Ca^{2+} AND Na^{+} ON PFASS-PROTEIN INTERACTION

The effect of $Ca^{2+,}$ and $Na^{+,}$ on the binding constant of the PFASs–bovine albumin/soy peptone system was the same as the fluorescence measurements for bovine albumin and soy peptone procedure. Solutions of cations were prepared from the calcium chloride ($CaCl_2$) and sodium chloride (NaCl) of their respective cations, and no cation gave a precipitate under the experimental conditions. The titrations were carried out at pH 7.00 with 0.2 mol L^{-1} $NaH_2PO_4 \bullet H_2O$-$Na_2HPO_4 \bullet H_2O$. The overall concentration of protein was fixed at 20 mg L^{-1} for bovine albumin and soy peptone respectively, and the added concentration of the Na^{+} and Ca^{2+} were fixed at 1 and 2 µmol L^{-1} (as5 x 10^{-4} mol L^{-1} $CaCl_2$ and NaCl solution).

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 FLUORESCENCE CHARACTERISTICS OF BOVINE ALBUMIN AND SOY PEPTONE AND THE QUENCHING MECHANISM

Bovine albumin is considered to possess intrinsic fluorescence originating from the tryptophan residues. When excited at 278nm, the maximum emission band of bovine albumin located at 340.4nm (Fig. 1) and soy peptone was at 344.8nm (Fig. 3). At low PFAS concentration, $\lambda_{EM,\ max}$ remains essentially constant. However, a clear blue shift is observed at higher PFAS concentration, indicating a change in the environment around the Trp residue (s) of bovine albumin. The fluorescence quantum yield of a Trp residue may be as low as 0.07-0.10 in a non polar interior site and as high as 0.32-0.44 in a more polar near-surface. The blue shift and decrease in intensity thus suggest the Trp transitions from a more polar to a less polar environment. [11] also observed that fluorescence intensity decreased with increasing quencher concentrations and it was the result of factors including molecular rearrangements, excited-state reactions, ground-state complex formation, molecular collisions, and energy transfer. (Fig. 1, 2) shows the fluorescence spectra result of bovine albumin in the presence of PFASs. With gradual increase in the PFAS concentrations, the fluorescence intensities of protein were found to decrease gradually in their maxima emission. In addition, the result from the (Fig.1-4) indicated that the interaction between PFAS and protein increased with increasing carbon chain length, suggesting that long carbon chains length was strong fluorescence than short carbon chains length. This is explained by the fact that a long carbon chain is more hydrophobic than a short one and therefore has a greater affinity to be adsorbed hydrophobically. For example, PFOA and PFNA has 8 and 9 carbon atoms were found to have little effect on bovine albumin and soy peptone, respectively based on both the fluorescence spectra; apparently long carbon chains (PFUnA and PFDoA) had more effect and the difference fluorescence intensity between spectrum fluorescence located at 340.4nmfor bovine albumin.

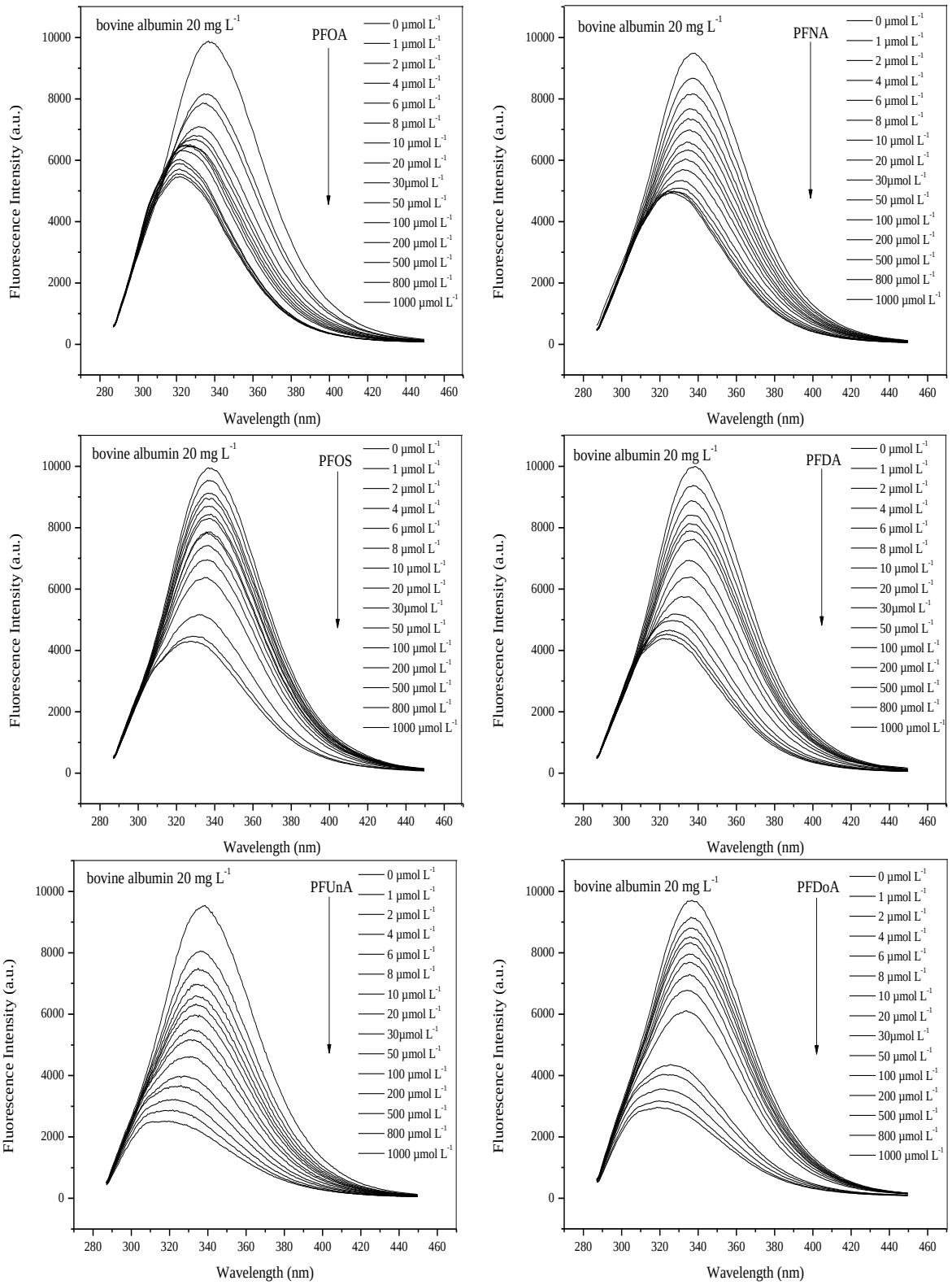


Fig. 1. Emission spectra of bovine albumin in the presence of various concentrations of PFAS (λex=278 nm). c (bovine albumin) = 20 mg L-1

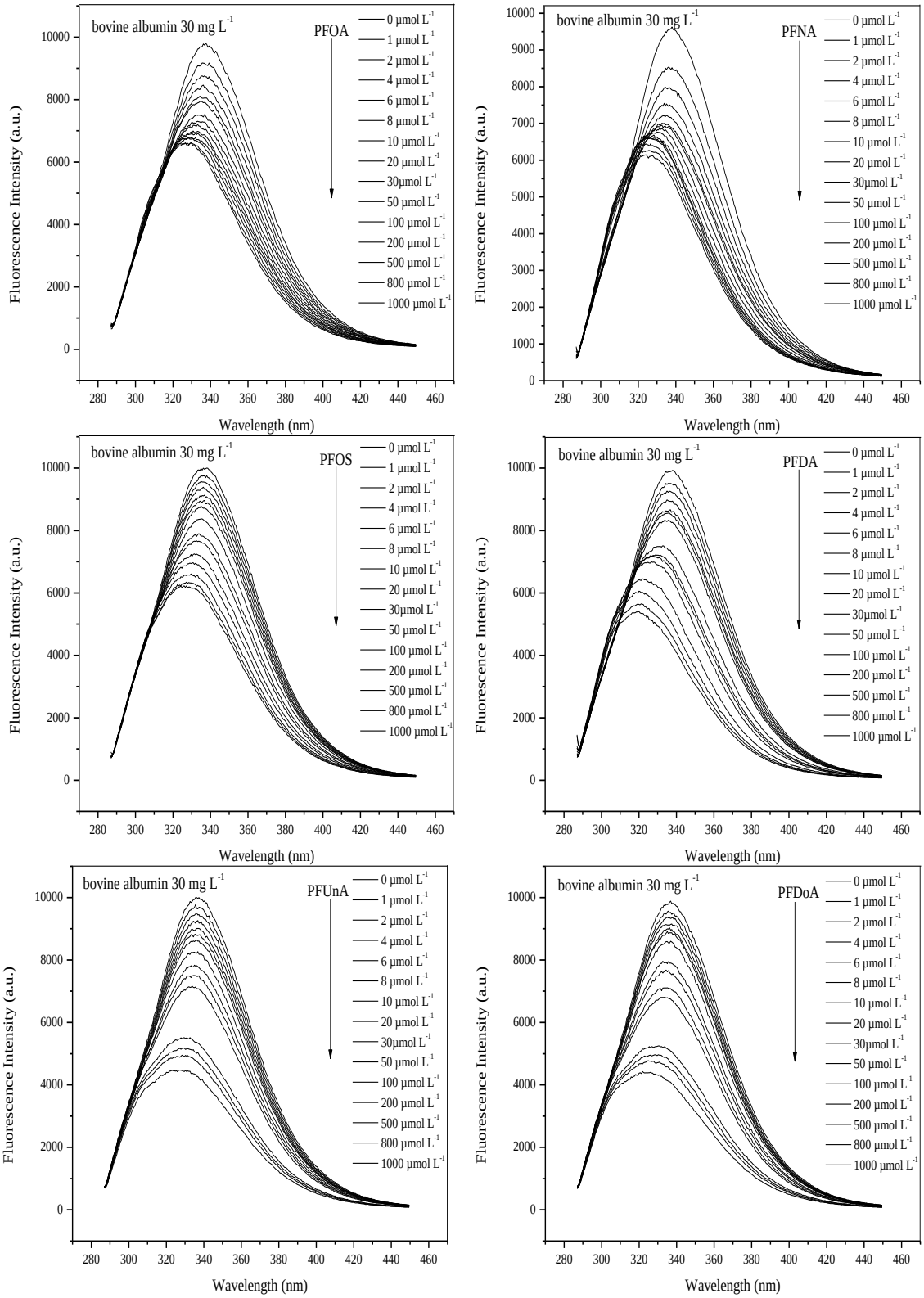


Fig. 2. Emission spectra of bovine albumin in the presence of various concentrations of PFAS (λex=278 nm). c (bovine albumin) = 30 mg L^{-1}

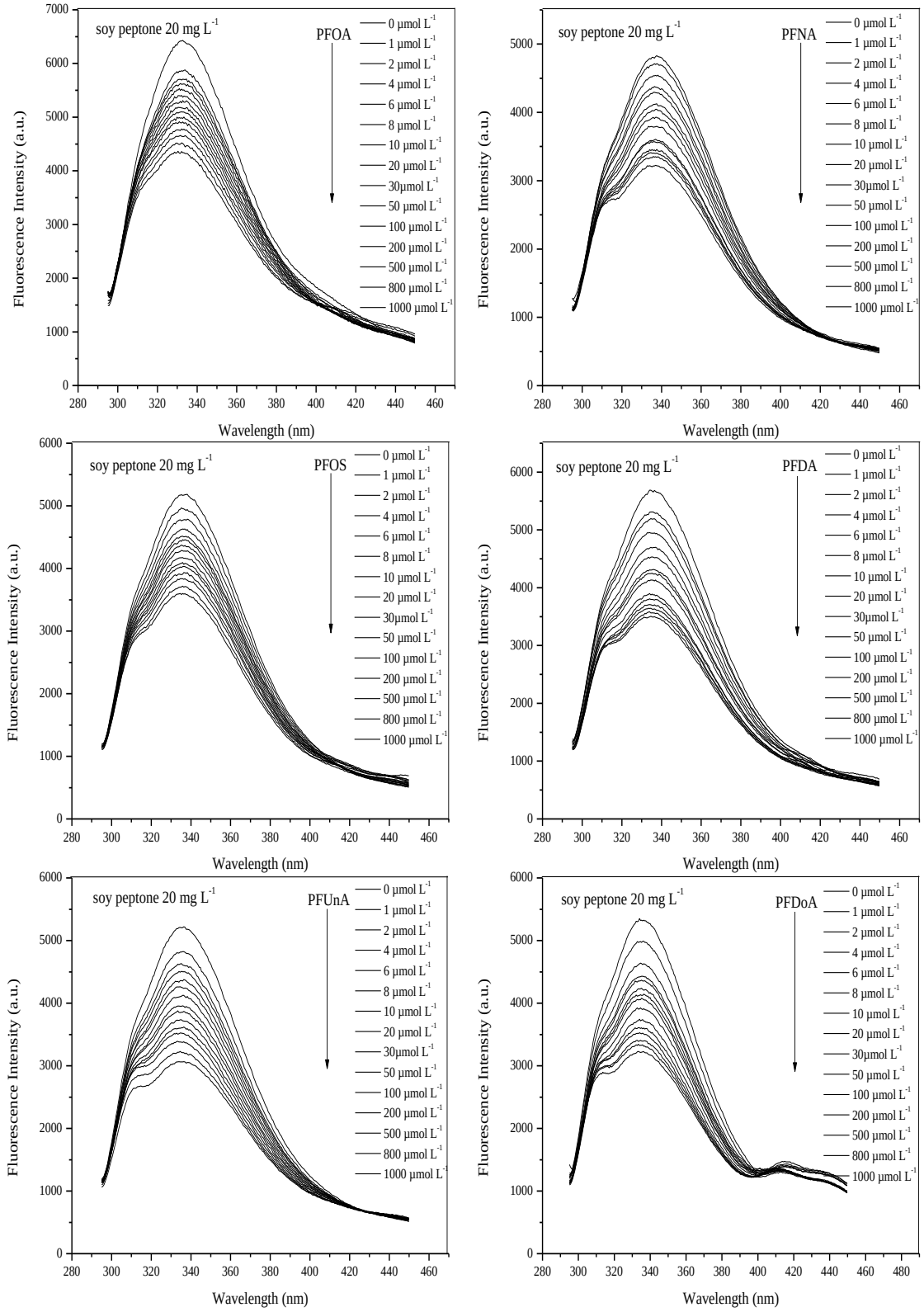


Fig. 3. Emission spectra of soy peptone in the presence of various concentrations of PFAS (λex=278 nm). c (soy peptone) = 20 mg L-1

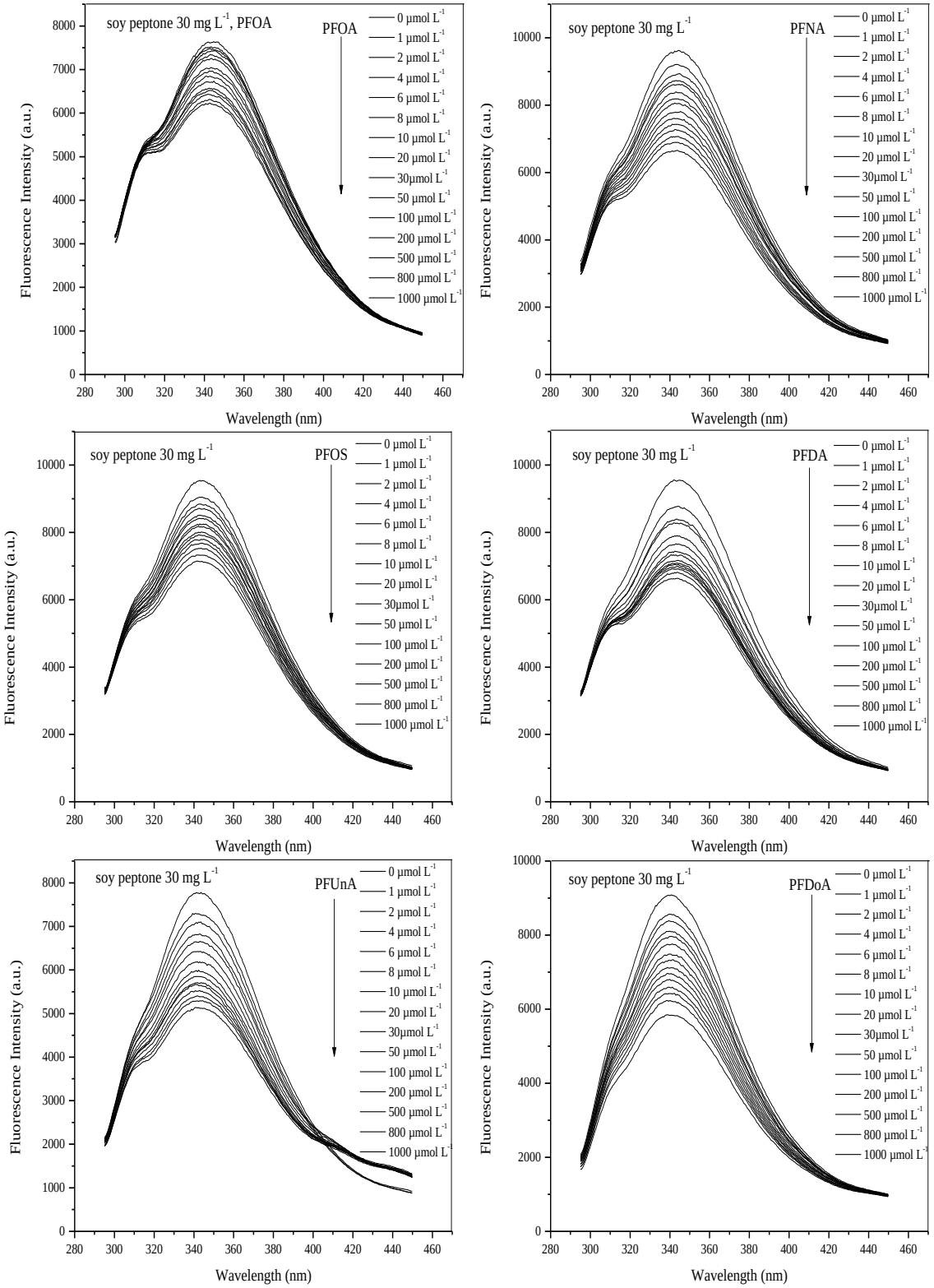


Fig. 4. ***Emission spectra of soy peptone in the presence of various concentrations of PFAS (λex=278 nm). c (soy peptone) = 30 mg L^{-1}***

Was decreased in the range of 78~2044 and 51 ~ 1297 for (PFOA and PFDA). [12] and [13] also observed that the long-chained substances are more adsorbed than the short-chained ones.

It is apparent from (Fig. 3, 4) that bovine albumin at 20 mg L^{-1}has a strong fluorescence emission band at 340.4 nm than bovine albumin at 30 mg $L^{-1,}$ which is mainly the fluorescence emission spectrum of protein. For instance, the difference fluorescence intensity between spectrum fluorescence at the same titration of PFOS concentrations for 20 mg $L^{-1}$and 30 mg L^{-1}were decreased in the range from 84 to 1287 and 187 to 522, respectively. The result showed that an increase in the concentration of protein decreased the binding affinity between PFASs and protein and leads to changes in protein conformation resulting in lower K_{DOC} and the quantity of protein has also been shown to play a role in the bioavailability of hydrophobic organic contaminants. For example, [14] showed a twofold decrease in the K_{DOC} with increasing dissolved organic matter concentration from 1 to 20 mg C L^{-1}. It can be observed that the intrinsic fluorescence of bovine albumin in the emission wavelength range of 287 to 450 nm decreased regularly with the gradually addition of the same amount of PFAS, suggesting that PFAS could interact with bovine albumin and quench its intrinsic fluorescence. The same result was observed for soy peptone at 20 mg L^{-1} and 30 mg L^{-1} at 295 to 450nm wavelength range (Fig. 3, 4). Similar results were observed in the binding of PFOA and PFDA to serum albumin, the fluorescence emission of PFDA to serum albumin is much greater than that of PFOA-serum albumin, revealing that PFDA, which has a longer carbon chain, has a higher affinity than PFOA [15]. [16] also reported that the higher sorption of dissolved organic matter concentration at low levels of dissolved organic matter was observed. A similar observation has been made for the binding of such perfluorinated alkyl acids to thyroid hormone transport protein transthyretin [17].

3.2 FLUORESCENCE QUENCHING MECHANISM

The different mechanisms of fluorescence quenching are usually classified as either dynamic quenching, resulting from collisional encounters, or static quenching, because of the formation of a complex between the fluorophore and quencher. The two forms of fluorescence quenching can be distinguished by their different dependence upon temperature and viscosity or preferably by lifetime measurements. As can been seen in (Fig. 1 and 3), addition of six kinds of PFASs into bovine albumin and soy peptone resulted in substantial change of protein fluorescence. As PFASs concentration was increased from 0 to 1000 µmol $L^{-1,}$ fluorescence decreased gradually. At 1000 µmol $L^{-1,}$ the intensity was reduced to about 50% of the initial value, and became steady at higher concentrations.

Using Stern-Volmer equation (1-1) plot by linear regression shown in the (Fig.5), the binding constant of PFAS to bovine albumin and soy peptone are calculated to be in the order of 10^5 L mol^{-1}. Using equation (1-2), quenching rate constant k_q (L $mol^{-1}s^{-1}$) could be obtained (Table1). Generally speaking; the maximum dynamic quenching constant k_q of the various quenchers with the biopolymer is 2×10^{10} L mol^{-1} s^{-1} [18]. In (Table 1), the k_q values are much larger than 2×10^{10} L mol^{-1} s^{-1}. Therefore, we preliminarily conclude that the quenching mechanisms belong to static quenching, means that PFASs-bovine albumin and PFASs-soy peptone complex formed.

3.3 THE EFFECT OF PH AND Ca^{2+}/ Na^{+} ON BINDING OF PFASS TO BOVINE ALBUMIN AND SOY PEPTONE

The relative fluorescence intensity of bovine albumin decreased remarkably with increasing concentrations of PFAS (Fig. 1, 3). According to modified Stern-Volmer equation, the result showing that PFASs-bovine albumin complex formed and induced bovine albumin conformational changed. When performing quenching experiments, it is important to consider whether the solution change has an adverse effect on the quenching process. The effect of $Ca^{2+}$and Na^{+} on the quenching constant of the PFAS–bovine albumin system was the same as the fluorescence measurements for bovine albumin. The fluorescence intensity of soy peptone also decreased with increasing concentrations of PFAS and the concentration of Na^{+} and Ca^{2+} at 2µmol L^{-1} has a strong fluorescence emission band at 340.4 nm than at 1 µmol L^{-1} for bovine albumin (20 mg L^{-1}) respectively (Fig. 6, 7). For example, the decrease of the difference fluorescence intensity between spectrum fluorescence at the same titration of PFDA at 1 µmol L^{-1} and 2µmol L^{-1} concentrations of Ca^{2+} were in the range of 80 to 458 and 154 to 742; for PFOA from 91 to 680 and 97 to 931, respectively. Same result was observed for Na^{+} as PFOS was in the range from 77 to 1003 and 105 to 1115 at 1 µmol L^{-1} and 2µmol L^{-1} in the same amount of PFOS titration. The increasing Ca^{2+} and Na^{+} concentration increases the intrinsic interaction between PFAS and bovine albumin/soy peptone to a lesser extent. So it can be concluded that electrostatic interaction [19] and hydrophobic interaction together are playing a major role in PFAS and bovine albumin/soy peptone binding. [20] also reported that the increasing of calcium ions has been noted to increase the adsorption by binding to the sorbent and thereby increasing the electrostatic attraction to PFASs, probably because the decrease in solubility (i.e., the salting-out effect) drives the HOC molecules to the hydrophobic domains of dissolved humic material exceeding the effect on DOM structure.

Table 1. The quenching constants of bovine albumin/soy peptone –PFASs systems

Bovine albumin						
PFASs	**PFOA**	**PFNA**	**PFOS**	**PFDA**	**PFUnA**	**PFDoA**
K´sv (x10^5L mo^{-1})	5.64	2.79	1.97	2.91	5.73	3.835
K_q (x10^{13} L mol^{-1} s^{-1})	5.64	2.79	1.97	2.91	5.73	3.835
R^2	0.978	0.995	0.983	0.994	0.958	0.984
Soy Peptone						
K´sv (10^5)	1.84	0.44	2.53	3.83	4.55	3.19
K_q (10^{13})	1.84	0.44	2.53	3.83	4.55	3.19
R^2	0.972	0.974	0.997	0.954	0.976	0.960

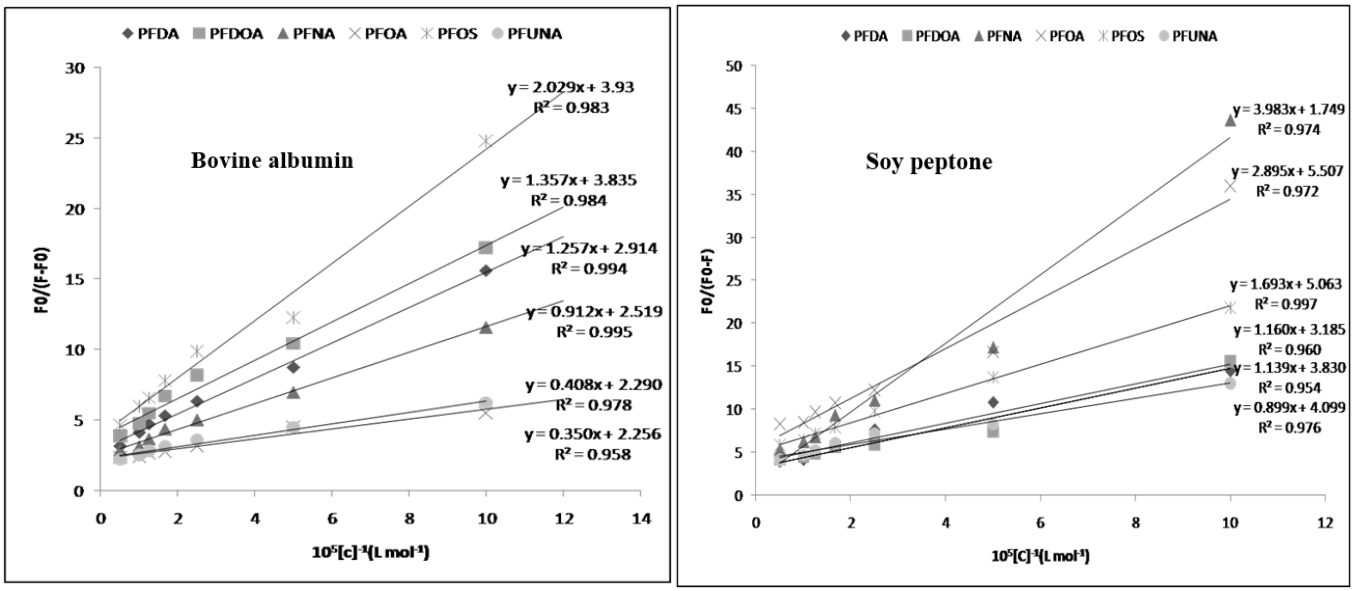


Fig. 5. Modified Stern-Volmer plots for PFASs with bovine albumin and Soy peptone

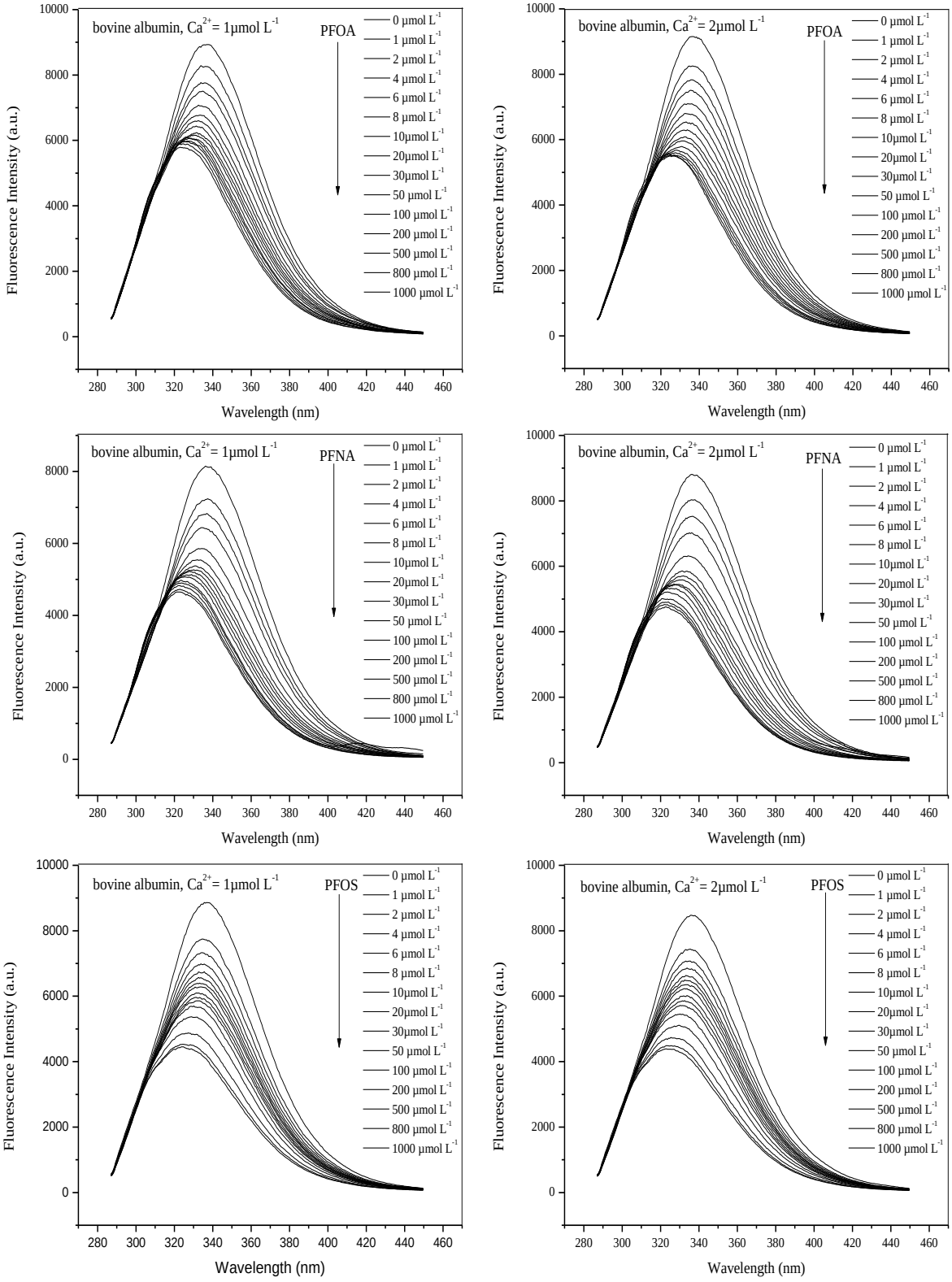


Fig. 6. a) The effect of Ca^{2+} on the fluorescence of bovine albumin (20 mg L^{-1}, λex=278nm) in the presence of difference concentration of PFASs; the pH of the system was fixed at 7.00.

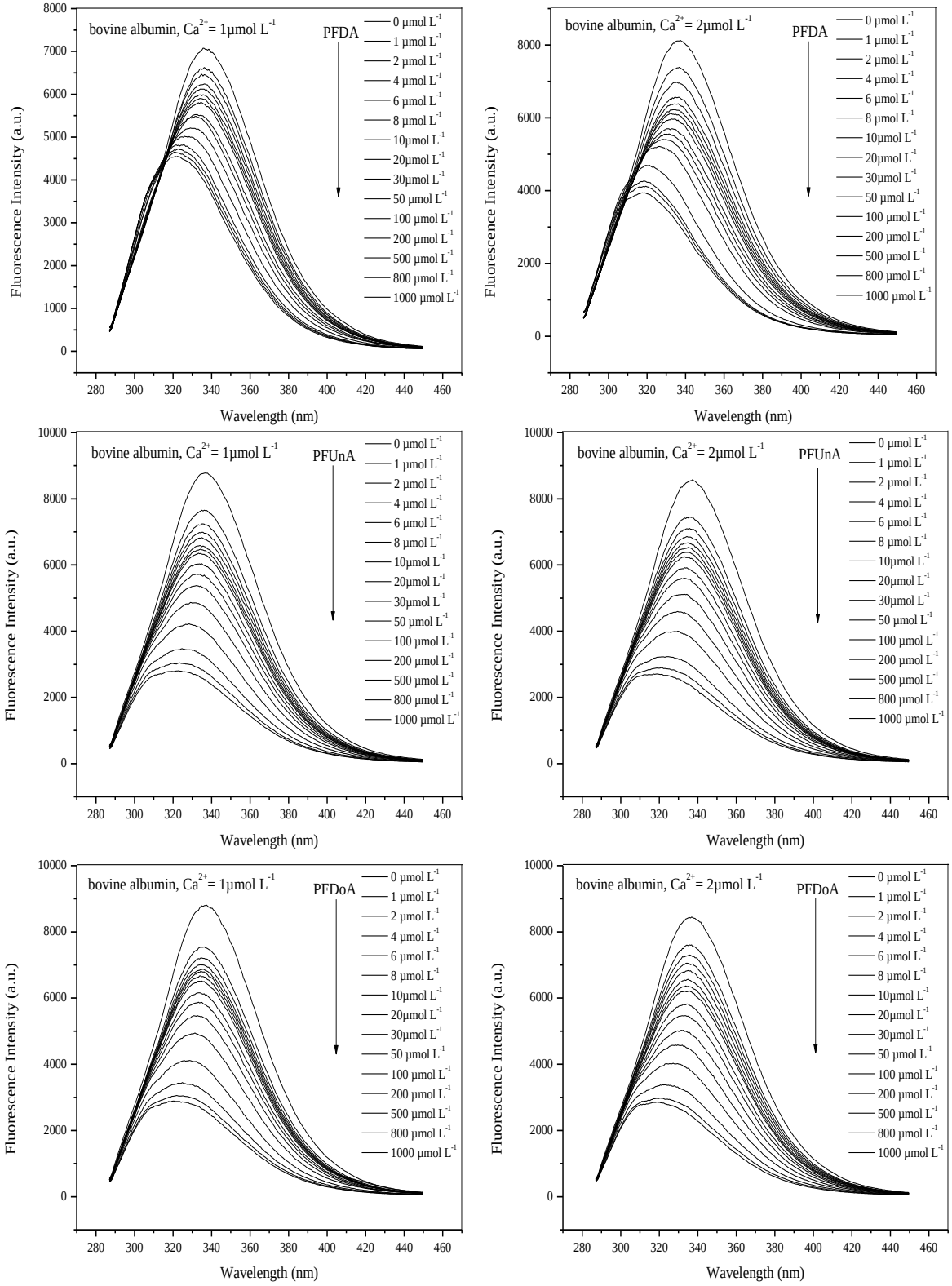


Fig. 6. b) The effect of Ca^{2+} on the fluorescence of bovine albumin (20 mg L^{-1}, λex=278nm) in the presence of difference concentration of PFASs; the pH of the system was fixed at 7.00.

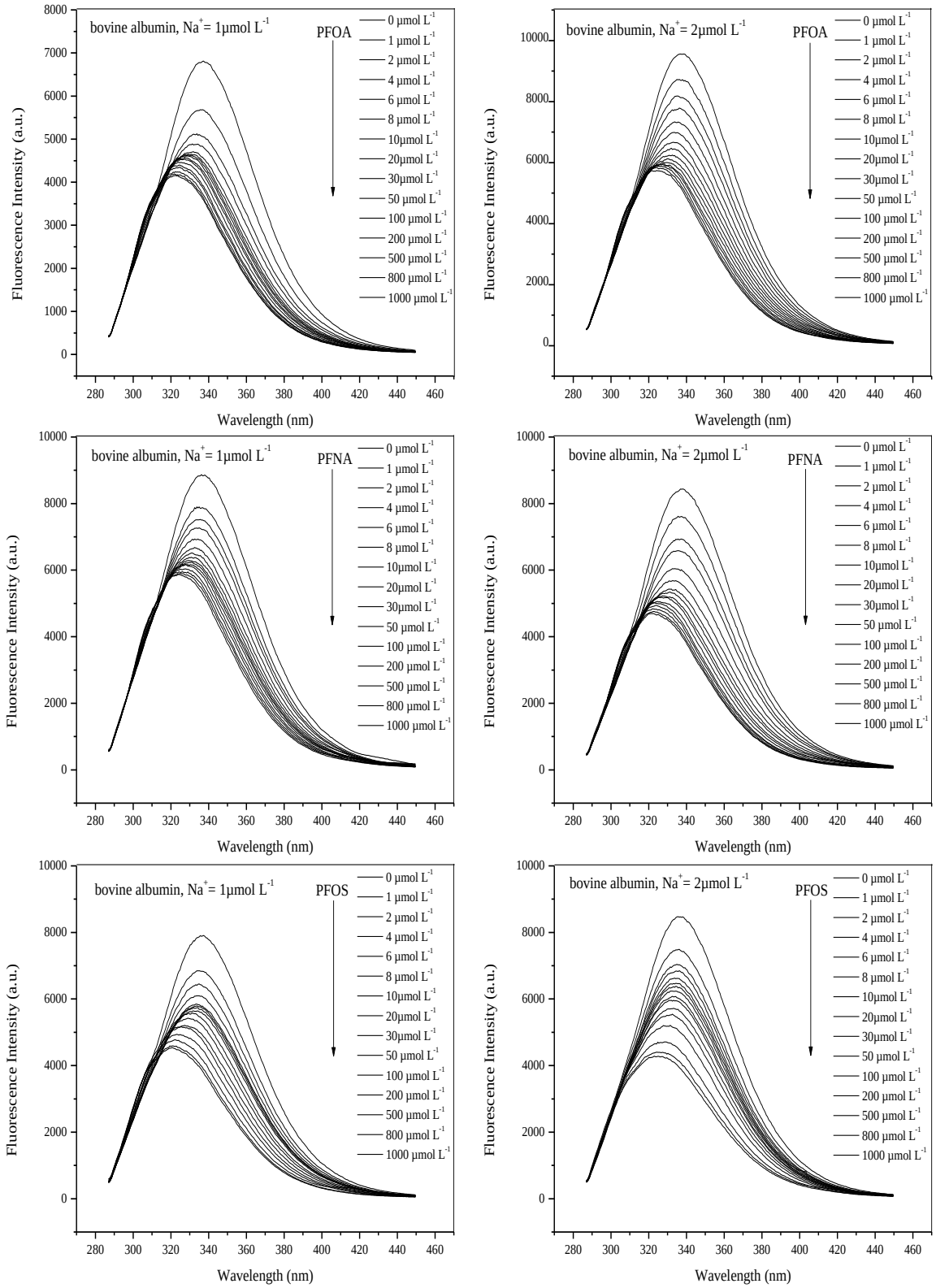


Fig. 7. a) The effect of Na^+ on the fluorescence of bovine albumin (20 mg L^{-1}, λex=278nm) in the presence of difference concentration of PFASs; the pH of the system was fixed at 7.00.

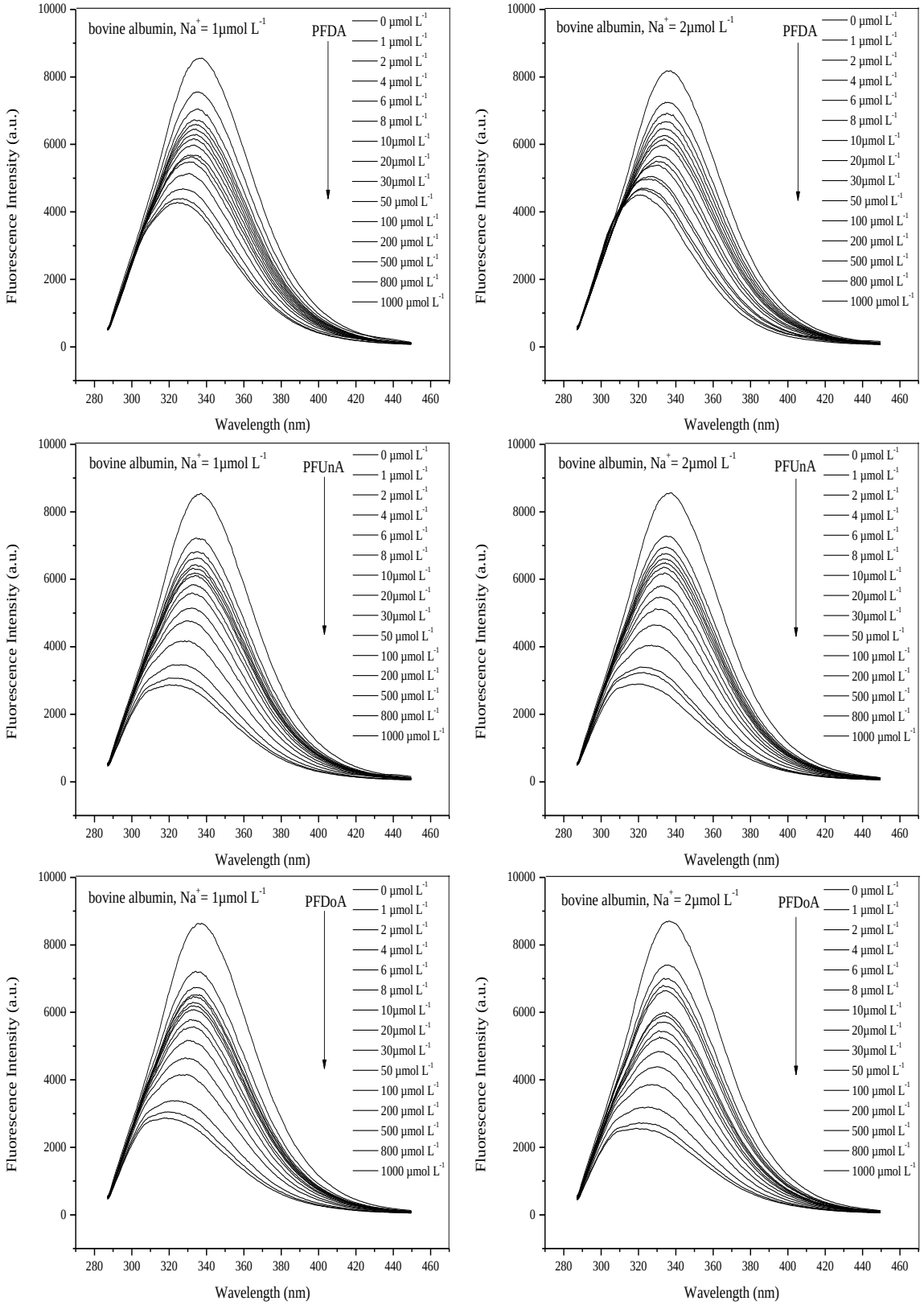


Fig. 7. b) The effect of Na^+ on the fluorescence of bovine albumin (20 mg L^{-1}, λex=278nm) in the presence of difference concentration of PFASs; the pH of the system was fixed at 7.00.

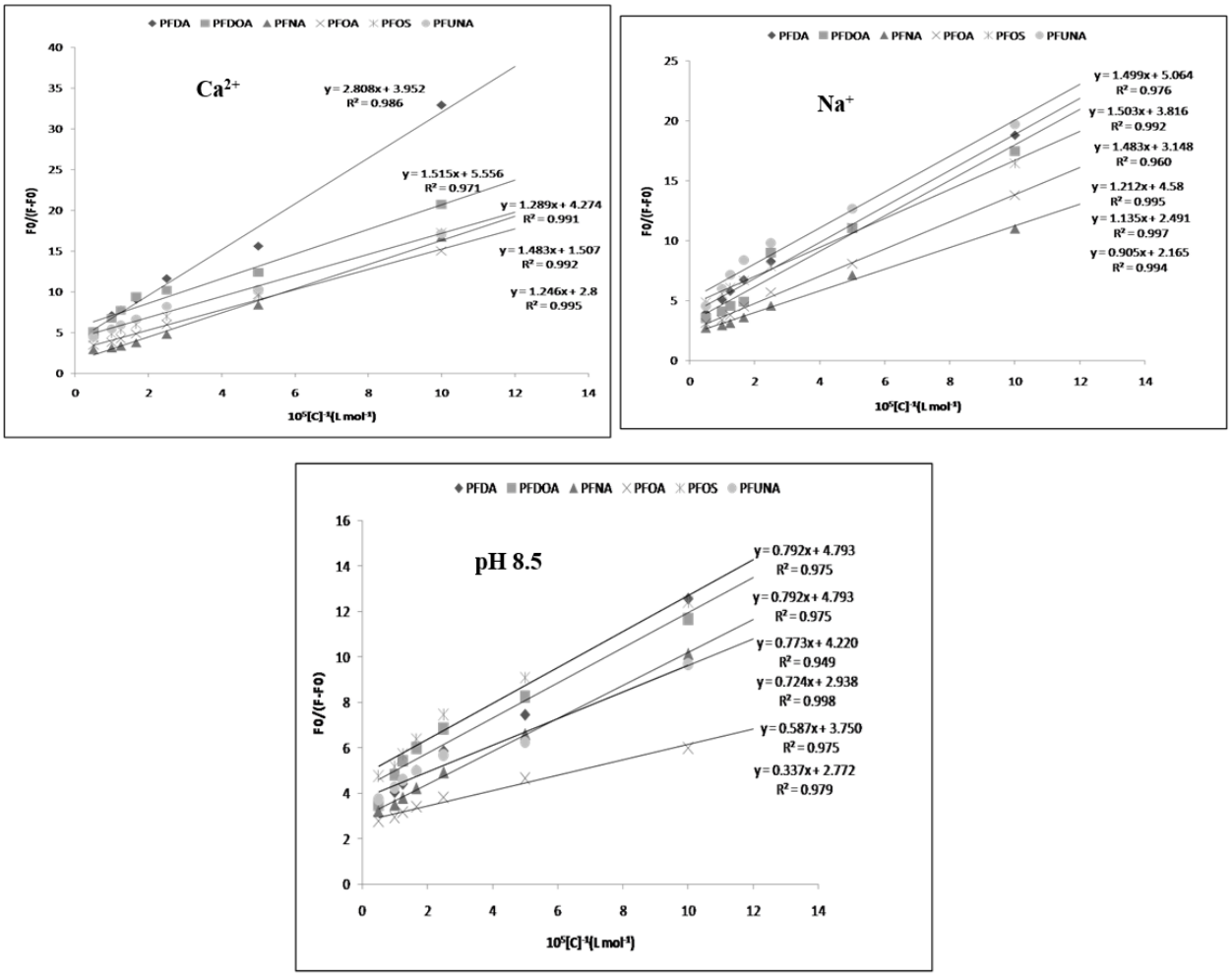


Fig. 8. Modified Stern-Volmer plots for PFASs with bovine albumin with Ca^{2+}/Na^{+} and pH 8.5

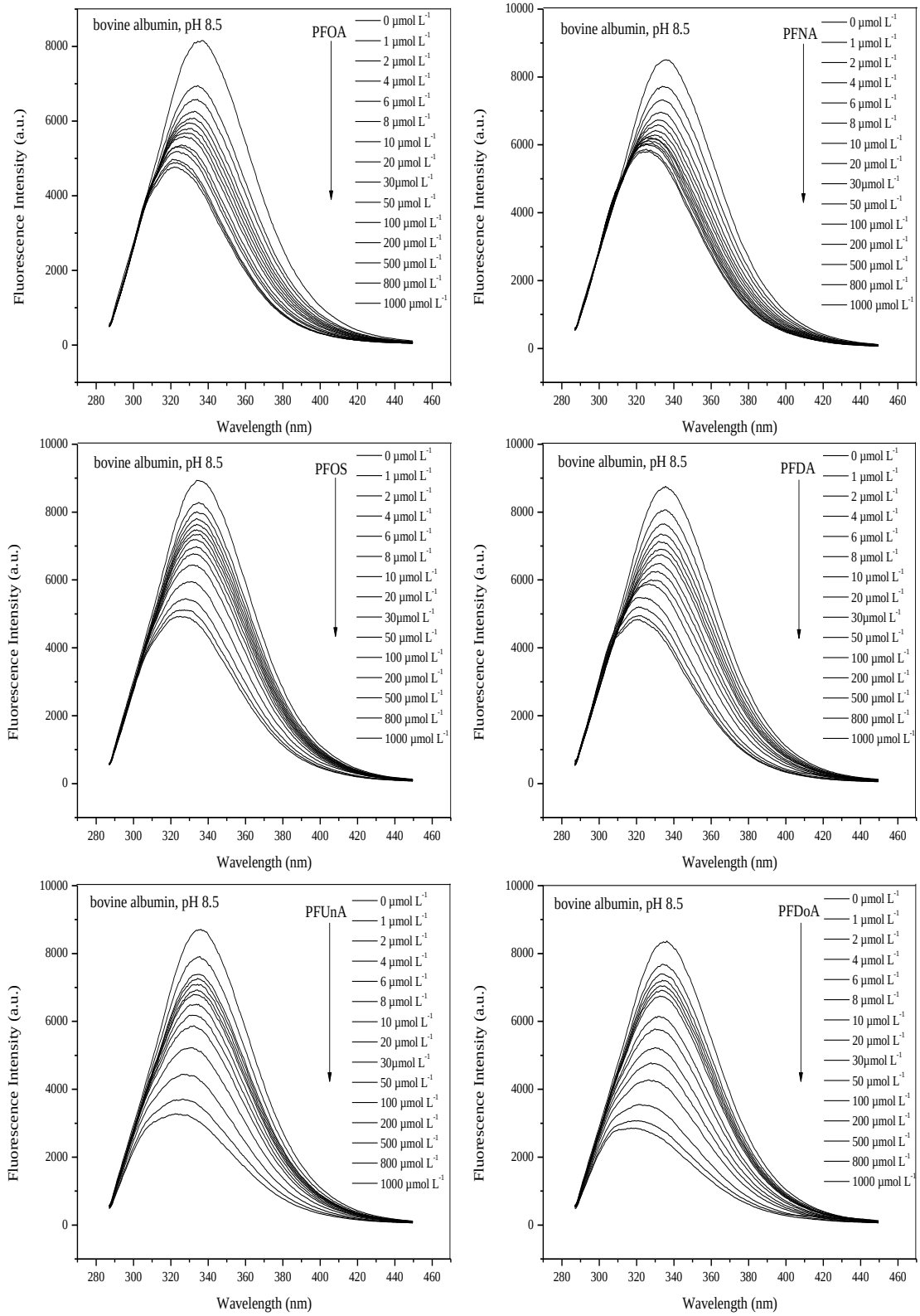


Fig. 9. The effects of pH on the fluorescence of bovine albumin (20 mg L^{-1}, λex=278nm) in the presence of different concentration of PFASs; the pH of the system was fixed at 8.5.

Table 2. The quenching constants K'_{sv} ($x10^5 L\ mo^{-1}$) of bovine albumin–PFAS systems with Ca^{2+*} /Na^{+*}, and pH 6.5, 8.5**

PFASs	PFOA	PFNA	PFOS	PFDA	PFUnA	PFDoA
bovine albumin*, 0.2 mol L^{-1} Na^{+}, 0 mol L^{-1} Ca^{2+}, pH 7 00	5.64	2.79	1.97	2.91	5.73	3.83
bovine albumin, 0.2 mol L^{-1} Na^{+}, 0.000002 mol L^{-1} Ca^{2+*}, pH 7.00	2.80	1.51	3.53	1.32	4.27	2.78
bovine albumin, 0.200002 mol L^{-1} Na^{+*}, 0 mol L^{-1} Ca^{2+}, pH 7.00	2.49	2.41	4.58	1.91	5.06	3.15
bovine albumin, 0.2 mol L^{-1} Na^{+}, 0 mol L^{-1} Ca^{2+}, pH 6.5*	1.25	2.14	1.35	1.93	4.24	2.44
bovine albumin, 0.2 mol L^{-1} Na^{+}, 0 mol L^{-1} Ca^{2+}, pH 8.5*	9.24	4.20	5.99	3.57	6.25	5.28

As shown in (Fig. 8) and Table 2, when cation was added to the quenching solution, the K'_{sv} value were decreased (except for PFOS), for example, the K'_{sv} of PFDA were decreased from 2.91 to 1.32 and 1.91, and the K'_{sv} of PFUnA were decreased from 5.73 to 4.27 and 5.06 with Ca^{2+} and Na^{+} respectively. When the salt concentration in quenching solution changed, means the ion strength changed, the hydrophobic force between quencher and protein will be affected. So, according to the results of $K'_{sv,}$ we may conclude that hydrophobic force and electrostatic interactions are occurred in the PFASs- bovine albumin complex. In addition, small K'_{sv} values typically reflect steric hindrance (retardation of inter- or intramolecular interactions) of quencher-fluorophore collisions.

Increasing pH of bovine albumin solution from 6.5, 7.0 to 8.5 had effects on the fluorescence quenching process. As shown in Table 2, when the pH of bovine albuminsolutionwas8.5 (Fig.9), the K'_{sv} values were increased and for pH 6.5 all K'_{sv} values were decreased. For example, the K'_{sv} of PFDA was increased from 2.91 to 3.57, and the K'_{sv} of PFUnA was increased from 5.73 to 6.25. When the pH condition in quenching solution changed, the electrostatic interactions between quencher and protein will be affected. So, the results of K'_{sv} suggested the occurred of electrostatic interactions in the binding of PFASs and bovine albumin.

In addition, as shown in (Fig. 10,11,12), these results indicated that there were strong interactions and energy transfer between PFASs and bovine albumin /soy peptone; both bovine albumin and soy peptone at pH 6.5 has a strong fluorescence emission band at 340.4 nm and 344.8nm than bovine albumin/ soy peptone at pH 8.5 and pH 7.00 (Fig 1,3), which is mainly the fluorescence emission spectrum of protein. For example, the difference fluorescence intensity between spectrum fluorescence of PFDA at the same PFDA titration at pH 6.5, pH 7.00 and pH 8.5 were in the range from 129 to 371, 51 to 331 and 93 to 244 for soy peptone and 245 to 1122, 172 to 770 and 138 to 697 for bovine albumin respectively. Decreasing pH from 8.5 to 6.5 had effects on the fluorescence in the presence of PFAS. By contrast, the binding of PFAS-bovine albumin/soy peptone resulted in a change of fluorescence intensity at different pH condition. Whereas the ability of PFAS for quenching in bovine albumin/soy peptone decreased in the presence of ligands as pH decreased from 8.5 to 6.5. Further we can say, as there is rational involvement of hydrogen bonds, vander Waals force and electrostatic attraction in the interaction between protein and PFAS.

The intrinsic fluorophores in bovine albumin and soy peptone shows significant advantages, because protein is highly sensitive to the local environment and also displays a substantial spectral shift. As a result, the position of the spectra maximum (λmax) depends upon the properties of the environment of the protein, and the fluorescence spectra depend upon the degree of exposure of the protein side chain to the polar aqueous solvent and its proximity to specific quenching groups [18], [21].

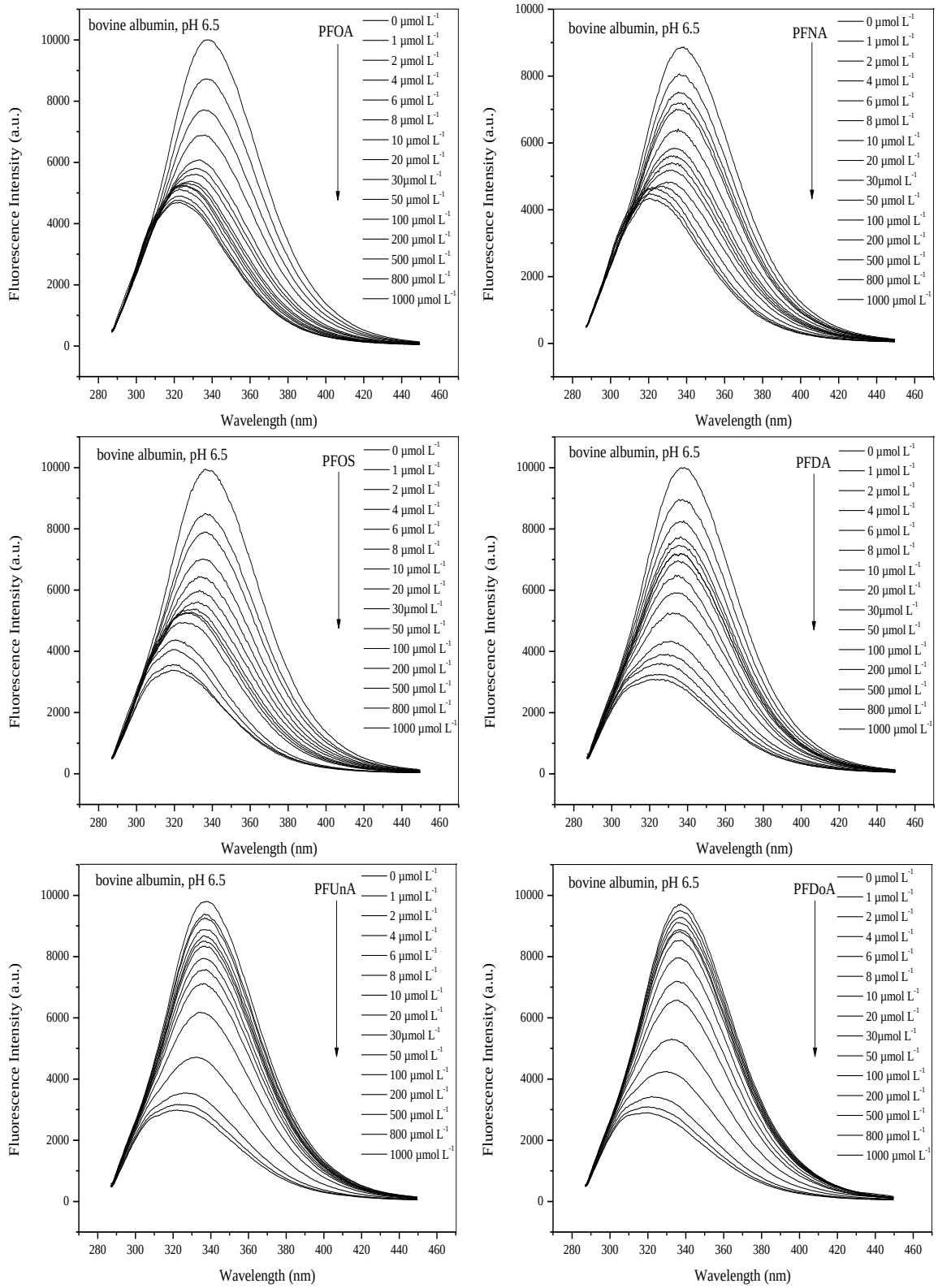


Fig. 10. The effects of pH on the fluorescence of bovine albumin (20 mg L^{-1}, λex=278nm) in the presence of different concentration of PFASs; the pH of the system was fixed at 6.5.

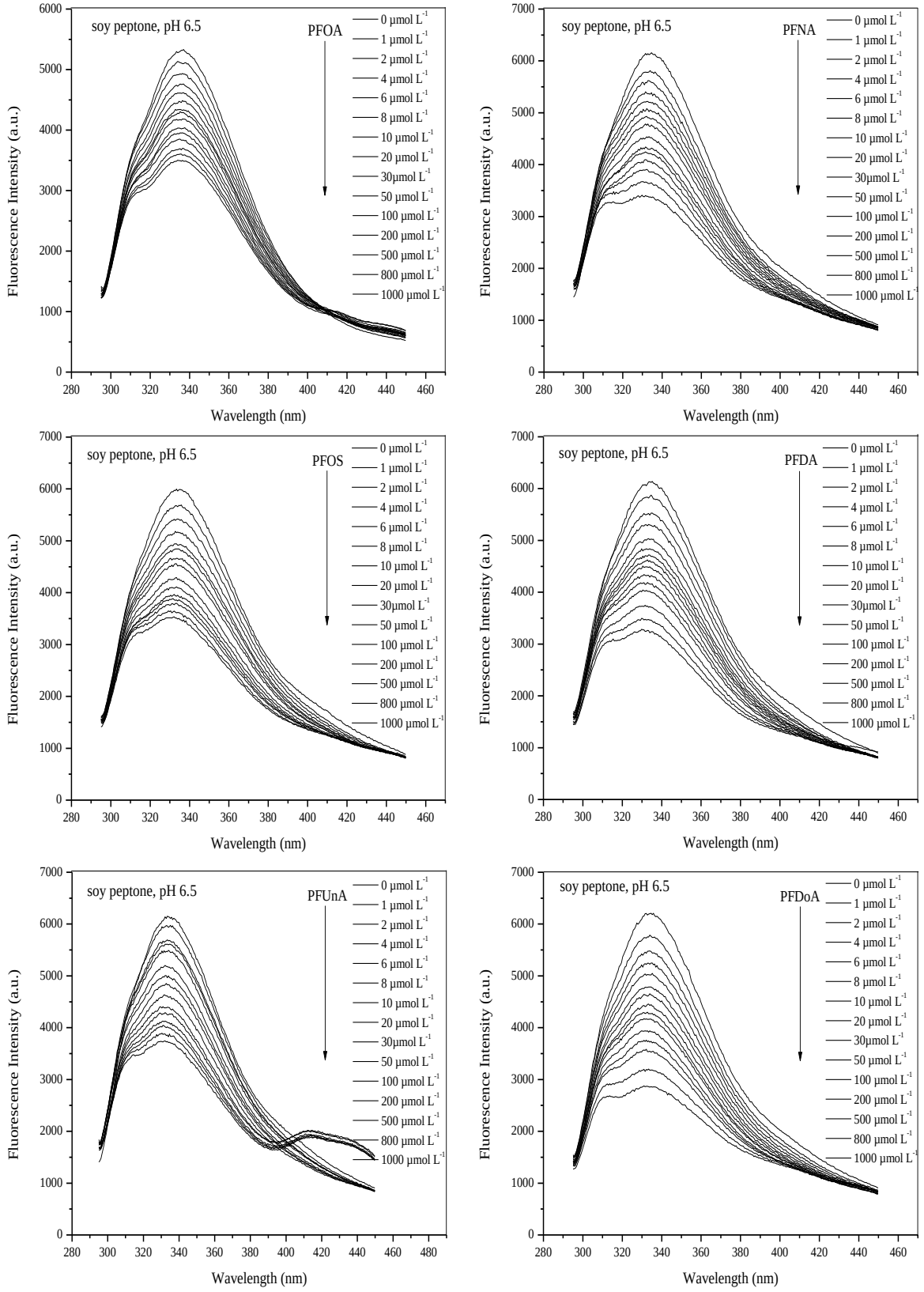


Fig. 11. The effect of pH on the fluorescence of soy peptone (20 mg L^{-1}, λex=278nm) in the presence of different concentration of PFASs; the pH of the system was fixed at 6.5.

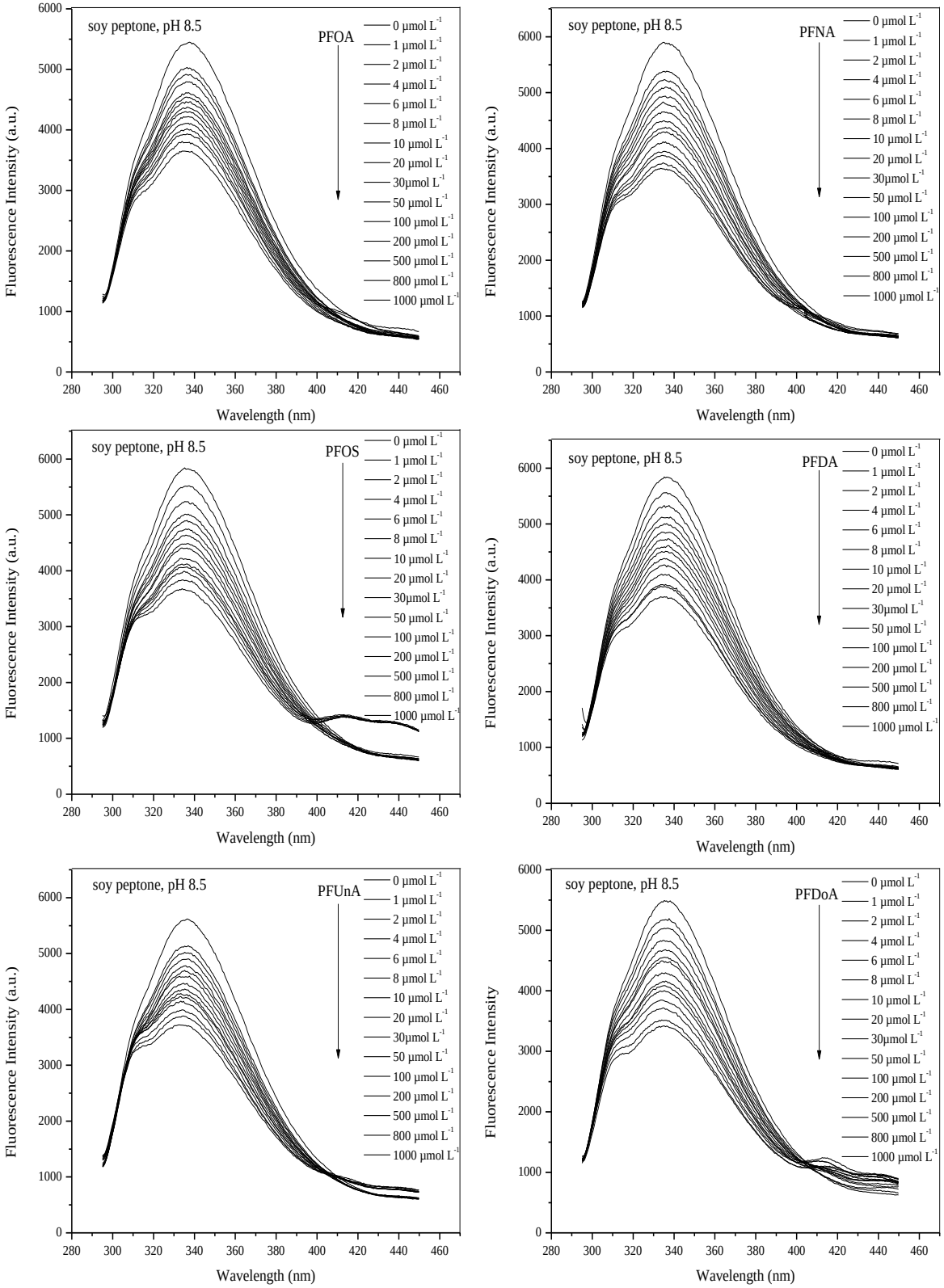


Fig. 12. The effect of pH on the fluorescence of soy peptone (20 mg L^{-1}, λex=278nm) in the presence of different concentration of PFASs; the pH of the system was fixed at 8.5.

These differences in effect of pH may be due to the structural modification of protein molecule and for this reason at a specific pH, the binding site for PFAS is more suitable or properly accommodated and at other pH values the binding sites become less convenient and less accommodating to the protein-PFAS binding. In addition we can say, as there is rational involvement of hydrogen bonds, vander Waals force and electrostatic attraction in the binding to higher affinity sites.

The water chemistry such as pH, Ca^{2+} and Na^{+} may play an important role in PFAS-protein interaction. For the spectra analysis though the absorbance and the position of peak were changed under the effect of different concentration of PFAS in all systems. The results also indicated that PFASs could decrease the intensity of the fluorescence peak of protein, and this effect may attribute to the electrostatic attraction. Furthermore, the bioavailability of PFASs still dominated by the different type of protein even in the presence of ionic strength and different pH level because of the results obtained in this study. Finally, PFASs binding to protein was correlated with the concentration of protein, ions valence and pH condition.

4 CONCLUSIONS

This study developed an approach to understand the interaction on bovine albumin and soy peptone with PFAS using fluorescence spectroscopic method. First, the interaction of bovine albumin and soy peptone with six kinds of PFAS was proven by the fluorescence quenching experiments. The results may provide basic knowledge for a better understanding of the properties of the protein involved in the interactions.

The results obtained from fluorescence spectra indicated that PFASs could quench the intrinsic fluorescence of protein through a static quenching procedure, that means the complex of PFAS-protein were formed. With increase in the ionic strength and pH, the effective quenching constant K'_{sv} of PFASs bound to bovine albumin were changed. Furthermore, with increase of pH from 6.5 to 8.5, reduction in the binding affinity of PFAS to bovine albumin and soy peptone were also observed, suggesting the occurrence of electrostatic interactions and hydrophobic force in the binding.

The experiment results showed that binding is complete within 3 min and that the fluorescence of PFASs compounds associated with protein is fully quenched in all systems.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by National Science Foundation for Distinguished Young Scholars, (No. 51325902), the National Science Foundation for Innovative Research Group (No. 51121003), National Natural Science Foundation of China (No. 51279010), and Specialized Research Fund for the Program of Higher Education (No. 20110003110030).

SUPPORTING INFORMATION

Reagents, Additional information includes the QA/QC procedures, analytical parameters of PFASs, Elemental composition of bovine albumin and soy peptone used in this study

REAGENTS

PFOA (99.9%) and PFDA (99.9%) were purchased from Sigma-Aldrich Chemical Co. (Milwaukee, WI, USA); PFUnA (95%), PFNA (97%), and PFDoA (95%) from Acros Organics (NJ, USA); PFOS (98%) from Tokyo Chemical Industries (Tokyo, Japan). A standard, purity corrected equimolar stock solution containing the PFASs was prepared in a 80: 20 (v/v) methanol/water solution with a concentration of 200 mg L^{-1} for each PFAS. Methanol of chromatography grade was purchased from J.T. Baker (Phillipsburg, NJ, USA). [1,2,3,4-$^{13}C_4$] perfluorooctanoic acid (MPFOA) (purity > 99%) and - [1,2,3,4-$^{13}C_4$] perfluorooctane sulfonate (MPFOS) used as recovery indicators were obtained from Wellington Laboratories (Guelph, Canada). Ammonium acetate (98%), Methyl-tert-butyl ether (MTBE, 99.5%), and tetrabutyl ammonium hydrogen sulfate (TBA) were purchased from Sigma -Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MI, USA), and were used to extract PFASs from *D.magna*. Bovine albumin and soy peptone were purchased from Sigma-Aldrich (Missouri, USA) and Organotechnie (La Courneuve, France), respectively. Hydrochloric acid (HCl, 37%), sodium hydroxide (NaOH, 99.99%), Calcium chloride ($CaCl_2$) and sodium chloride (NaCl) were purchased from Sinopharm Chemical Reagent Co., Ltd (Shanghai, China).Anhydrous sodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4), Humic acid and sodium dihydrogen phosphate monohydrate ($NaH_2PO_4{\cdot}H_2O$) were from Fisher Chemical (Fairlawn, NJ). Dialysis bag of spectra6 7000 Da molecular weight was purchased from Sigma -Aldrich Chemical Co. (St. Louis, US).

QUALITY ASSURANCE AND QUALITY CONTROL

To achieve lower detection limits, all accessible PFASs materials on the LC-MS/MS were removed from the instruments and apparatus. Polypropylene tubes and septa were selected after a thorough checking of blanks. Solvent blanks used to monitor instrument background and calibration verification standards used to monitor the validity of the calibration during the sample run were conducted after every 10 samples; a new calibration curve was run if the quality-control standard was not measured within 80% of its theoretical value. The recoveries of PFASs, MPFOS and MPFOA, spiked to the *D. magna,* protein solution, and AFW samples, were measured.

The recoveries of PFASs and mass spectrometric isotope were conducted by spiking target analysts to the *D. magna,* protein solution, and AFW samples, in which none of target analysts were detected, and using the same extraction and purification methods similar to *D. magna* samples. For the *D. magna* samples, a total of 10 *D. magna* were placed into a clean 10 ml polypropylene (PP) tube, followed by addition of 10 ng of $^{13}C_4$-PFOS and $^{13}C_4$-PFOA as well as the target analysts with an exposure time of 3 days similar to the bioaccumulation tests. After that, 2 mL of Na_2CO_3 (0.25 mol L^{-1}), 1 mL of the ion-pairing agent TBA (0.5 mol $L^{-1,}$ adjusted to pH 10), and 2 mL of MTBE were added into each PP tube. These tubes were shaken vigorously for 10 min, and then sonicated for 10 min, followed by centrifugation to isolate the organic phase. The MTBE supernatant was collected in a separate plastic tube, and this extraction process was repeated twice. The supernatants were combined and blew to dryness under high-purity nitrogen gas, and the analytes were dissolved in 1 ml 80: 20 (v/v) methanol: water solution and filtered into PP-snap ring vial (0.25 ml) with polyethylene (PE) cap. They were then analyzed by liquid chromatography- tandem mass spectrometry (LC-MS/MS; Dionex Ultimate 3000 and Applied Biosystems API 3200). For the protein solution and AFW samples, the recovery rates of PFASs were determined using the same extraction and analysis method. A total of 10 ng PFAS standard solution was added into 5 mL bovine albumin/soy peptone solution (20 mg/L) or AFW and the results indicated that the recoveries of PFASs ranged from 86% to 108%.

Table S1 Analytical parameters and recoveries of PFASs

Analyte	Molecular structure	LogK_{ow}[a]	LogK_{oc}[b] (SE, n=3)	Primary and production ions (*m*/*z*)	Daphnia tissue recovery (%)	Water sample recovery (%)
PFOS	$C_8F_{17}SO_3H$	5.25	2.57 (0.13)	498.9>79.8	83± 2	86±9
PFOA	$C_7F_{15}COOH$	4.30	2.06	412.9 > 369.0	95±4	86±9
PFNA	$C_8F_{17}COOH$	4.84	2.39 (0.09)	463.0 > 418.9	81±3	93±5
PFDA	$C_9F_{19}COOH$	5.30	2.76 (0.11)	512.9 > 468.9	85±5	108±5
PFUnA	$C_{10}F_{21}COOH$	5.76	3.30 (0.11)	562.9 > 518.9	88±1	108±2
PFDoA	$C_{11}F_{23}COOH$		-	612.9 > 569.0	82±5	104±2
MPFOA	[1,2,3,4-$^{13}C_4$] perfluorooctanoic acid			416.8 > 371.8	95±2	90±5
MPFOS	[1,2,3,4-$^{13}C_4$] perfluorooctane sulfonate			503.0 > 79.9	90±2	91±6

[a] *n*-octanol/water partition coefficient, data from Arp, H.P.H., Niederer, C., Goss, K.U., 2006. Predicting the partitioning behavior of various highly fluorinated compounds. Environ. Sci. Technol. 40, 7298-7304.

[b] LogK_{oc} data from Higgins, C., Luthy, R., 2006. Sorption of Perfluorinated Surfactants on Sediments. Environ. Sci. Technol. 40, 7251-7256.

Table S2 Elemental composition of bovine albumin and soy peptone used in this study

Physico-chemical characteristics	Bovine albumin[a]	Soy peptone[b]
Molecular weight (Da)	66.5kDa	80% <7 kDa and 20% >7 kDa
Total Amino acids	607.0	494
Total nitrogen (TN) (%)	16.0	8.8 -10.1
α- amino nitrogen (AN) (%)	-	3.0 - 3.8
AN/TN x 100	-	30 – 43
Chloride (as NaCl) (%)	0.9	≤ 3.0
Sulfated ash (%)	≤2.0	≤15
pH of 1% Solution	5.2-7	-
pH (5 % solution)	-	6.6 – 7.6
Overall dimensions (Å)	40 × 140	-
Frictional ratio, f/f_0	1.30	-
Estimated α –helix (%)	54	-
Estimated β-form (%)	18	-
Residue on ignition (%)	-	≤ 18
Loss on drying (%)	-	≤ 11
Intrinsic viscosity (η)	0.0413	-
Diffusion constant, $D_{20,w} \times 10^7$	5.9	-
Fatty Acid Depleted	5.3	-
Sedimentation constant, $S_{20,w} \times 10^{13}$	4.5 (monomer), 6.7 (dimer)	-

[a] *data provided by SIGMA, 3050 Sprunce Street, Saint Louis, Missouri 63103 USA*

[b] *data provided by Organotechnie® S.A.S. Edition 2010/02 27, avenue Jean Mermoz, 93120 La Courneuve, France*

REFERENCES

[1] L. Brand, J.R. Gohlke. Fluorescence probes for structure. Annu Rev Biochem. 1972; 41: 843–868.

[2] G.Colmenarejo, In silico prediction of drug-binding strengths to human serum albumin. Med. Res. Rev. 2003; 23: 275–301.

[3] S. Sugio, A.Kashima, Mochizuki S, Noda M, Kobayashi K. Crystal structure of human serum albumin at 2.5 A resolution. Prot. Eng.1999; 12 (6): 439-46.

[4] A. Q. Gu, X.S. Zhu, Hu YY, Yu SH. A fluorescence spectroscopic study of the interaction between epristeride and bovin serum albumine and its analytical application Talanta. 2007; 73: 668-673.

[5] P. Athina, J. Green Rebecca, A Frazier Richard. Interaction of flavonoids with bovine serum albumin: a fluorescence quenching study. J Agric Food Chem. 2005; 53: 158–63.

[6] J. R. Lakowicz, Principles of fluorescence spectroscopy, 2nd edn. Kluwer Academic Publishers/Plenum Press, New York. 1999.

[7] J. Romer, M.H. Bichkel, Mehtod to estimate binding constants at variable protein concentrations. J Pharm Pharmacol. 1979; 31: 7–11.

[8] M. Bhattacharyya, V. Chauahuri, R.K. Poddar, Evidence for co operative Binding of chloropromazine with hemoglobin: equilibrium dialysis, fluorescence quenching and oxygen release study. Biochem Biophys Res Commun. 1990; 167: 1146–1153.

[9] H. Zhao, Su W, Y.H. Luo, Z.C. Li, H.F. Jiu, H. Liang, B. Chen, Q.J. Zhang, Rectification of excitation with bathochromic shift induced by intense absorption of organic ligands during emission. Spectrochim Acta A. 2006; 65: 846–851.

[10] N. Kuresbayashi, A.B. Harkins, S.M. Baylor, Use of fura red as an intracellular calcium indicator in frog skeletal muscle fibres. Biophys. J. 1993; 64: 1934–1960.

[11] Y.J. Hu, Y. Liu, R.M Zhao, J.X. Dong, S.S. Qu, Spectroscopic studies on the interaction between methylene blue and bovine serum albumin. J. Photochem. Photobiol. A–Chem. 2006; 179-324.

[12] C. Kwadijk, P. Korytar, A. Koelmans, Distribution of Perfluorinated Compounds in Aquatic Systems in The Netherlands. Environ. Sci. Technol. 2010; 44: 3746-3751.

[13] P.Labadie, M. Chevreuil, Partitioning behaviour of perfluorinated alkyl contaminants between water, sediment and fish in the Orge River (nearby Paris, France). Environmental Pollution.2010; 159: 391-397.

[14] j. Akkanen, J.V.K. Kukkonen, Measuring the bioavailability of two hydrophobic organic compounds in the presence of dissolved organic matter. Environ. Toxicol. Chem. 2003; 22: 518-524.
[15] P.Qin, R. Liu, X. Pan, X. Fang, Y. Mou, Impact of carbon chain length on binding of perfluoroalkyl acids to bovine serum albumin determined by spectroscopic methods. J. Agric. Food Chem. 2010; 58: 5561–5567.
[16] J. Akkanen, S. Penttinen, M. Haitzer, J.V.K. Kukkonen, Bioavailability of atrazine, pyrene and benzo [a] pyrene in European river waters. Chemosphere 2001; *45*: 453-462.
[17] J.M.Weiss, P.L. Andersson, M.H. Lamoree, P.E.G. Leonards, S.P.J. van Leeuwen, T. Hamers, Competitive binding of poly- and perfluorinated compounds to the thyroid hormone transport protein transthyretin. Toxicol. Sci. 2009; 109: 206-216.
[18] Y.Z. Zhang, B. Zhou, X.P. Zhang, P. Huang, C.H. Li, Y. Liu, Interaction of malachite green with bovine serum albumin: Determination of the binding mechanism and binding site by spectroscopic methods. J. Hazard. Mater. 2009; 163 (2-3): 1345–1352.
[19] N.N. Afifi, Using difference spectrophotometry to study the influence of different ions and buffer systems on drug protein binding. Drug Dev. Ind. Pharm. 1999; 25: 735-743.
[20] C.Y. Tang, Fu.Q Shiang, D. Gao, C.S. Criddle, J.O. Leckie, Effect of solution chemistry on the adsorption of perfluorooctane sulfonate onto mineral surfaces. Water Res. 2010; 44 (8): 2654-2662.
[21] H. Lin, J. Lan, M. Guan, F. Sheng, H. Zhang, Spectroscopic investigation of interaction between mangiferin and bovine serum albumin. Spectrochim. Acta, Part A. 2009; 73 (5): 936–941.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 413-427
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Cartographie du risque bilharzien dans la région de la marahoué (Côte d'Ivoire)

[Bilharzia risk mapping in the marahoué region (Côte d'Ivoire)]

Gnahoua Guy Roger Gnazale[1], Aya Nicaise N'Guessan Née Okoubo[2], and Fulgence Kouamé Kouame[3]

[1]Unité de Recherche et d'Expertise Numérique, Université Virtuelle de Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Zoologie et Biologie Animale de l'UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]Département de géographique physique, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Bilharzia or schistosomiasis is a parasitic disease present in the Marahoué region and constitutes a major public health problem. The spread of this disease is closely linked to the ecology of intermediate hosts, conditioned by environmental, climatic, socio-demographic and health factors. If morbidity is to be reduced, we need to have a better understanding of the spatial distribution of distribution factors, and to identify and locate outbreaks as well as areas at risk of contamination.
The aim of this study is to map, using remote sensing and GIS, the areas at risk of bilharzian contamination in the Marahoué region.
By classifying the parameters according to factors of risk and vulnerability to infection using Saaty's multi-criteria analytical hierarchical process of complete aggregation by weighting, we were able to assign weights to each parameter.
This methodology was used not only to draw up sensitivity and vulnerability maps for 2003 and 2013, but also to assess the risk of bilharzia infection.
We noted four potential areas of risk of bilharzia contamination located around the region's major towns. Of the 32 localities surveyed, 13 (40.62%) were located in high or medium risk areas. The year 2003 was marked by a predominance of presumed intestinal bilharziasis, estimated at 62.50%. However, in 2013 we observed an acute presence of urinary bilharziasis estimated at 81.25%, compared with 18.75% for intestinal bilharziasis.

KEYWORDS: Mapping, Bilharzia, multi-criteria analysis, risk area, Marahoué, Côte d'Ivoire.

RESUME: La bilharziose ou schistosomiase est une affection parasitaire présente dans la région de la Marahoué et constitue un problème majeur de santé publique. L'expansion de cette maladie est fortement liée à l'écologie des hôtes intermédiaires, conditionnée par les facteurs environnementaux, climatiques, socio-démographiques et sanitaires. Une baisse de la morbidité nécessite une meilleure connaissance de la répartition spatiale des facteurs de distribution, l'identification et la localisation des foyers mais aussi des zones à risque de contamination.
L'objectif de cette étude est de cartographier au moyen de la télédétection et des SIG, les zones à risque de contamination bilharzienne de la région de la Marahoué.
La classification des paramètres par facteurs d'aléa et de vulnérabilité à l'infection selon le Processus de hiérarchisation analytique multicritères d'agrégation complète par pondération de Saaty, nous a permis d'affecter des poids à chaque paramètre.
Cette méthodologie a permis non seulement d'élaborer les cartes d'aléa et de vulnérabilités des années 2003 et 2013 mais aussi d'évaluer le risque d'infection bilharzienne.
Ainsi nous notons quatre potentiels zones de risque de contamination bilharzienne localisées autour des grandes villes de la région. 13 localités sur les 32 enquêtées se situent en zones de risque élevé et moyennement élevé soit 40,62 %. L'année 2003 est marquée par une prédominance de présence de présomption de bilharziose intestinale estimée à 62,50 %. Par contre en 2013 nous observons une présence aigue de bilharziose urinaire estimée à 81,25 % contre 18,75 % de bilharziose intestinale.

MOTS-CLEFS: Cartographie, Bilharziose, analyse multicritère, zone à risque, Marahoué, Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: Gnahoua Guy Roger Gnazale

1 INTRODUCTION

Les maladies hydriques ou à supports hydriques sont l'une des principales causes de maladie dans le monde et de mortalité dans les pays en développement. L'OMS, estime dans son rapport du 28 juin 2008 que l'eau contaminée est à l'origine de 9,1 % des maladies et 6% des décès enregistrés chaque année dans le monde [1]. Dans les pays en développement, 80% des maladies sont dues à l'eau et un Africain sur deux souffre d'une maladie hydrique [2]. Ainsi, l'eau source de vie et essentiel à la survie, est le support de transmission de plusieurs maladies dans tous les pays du monde; des plus pauvres au plus riches. Les scientifiques dénombrent plus d'une vingtaine de maladies hydriques ou à support hydrique, dont les plus répandues et les plus graves sont la diarrhée, le paludisme, la poliomyélite, le choléra, la dengue, l'amibiase, l'hépatite, la bilharziose, les géo helminthiases, etc, [3].

La bilharziose ou schistosomose ou encore appelée schistosomiase, est après le paludisme l'affection parasitaire la plus répandue dans le monde, essentiellement dans les pays tropicaux et les pays en développement. Elle touche plus de 200 millions de personnes de façon chronique et 300000 personnes en meurent chaque année [4]. Elle connait actuellement une recrudescence dans certaines régions du monde. Cette parasitose affecte toute la zone intertropicale et centrale du continent africain. Elle sévit aussi bien en Amérique, en Extrême-Orient que dans le bassin du Mékong regroupant le Cambodge, Laos et la Thaïlande ([4], [5]). Le risque d'infection parasitaire est lié à l'exposition aux eaux infestées par des schistosomes émanant des mollusques gastéropodes d'eau douce lors d'activités agricoles, domestiques ou de loisirs. Le manque d'hygiène, la mauvaise gestion du péril fécal et l'indisponibilité d'eau potable dans certaines régions créent une inégale répartition spatiale des facteurs de transmission.

En Côte d'Ivoire, des études destinées à déterminer la prévalence de la bilharziose ont montré l'omniprésence de cette pathologie dans plusieurs localités du pays. Notamment les travaux transversaux sur la morbidité échographique de la bilharziose urinaire chez les écoliers de six localités situées autour du grand barrage de Taabo et dans la région de Bouaflé avec 17,5 % d'infestation. ([6], [7]). L'étude menée sur les hôtes intermédiaires de bilharzioses dans les petits barrages du Nord ivoirien par échantillonnage et suivi longitudinal de la période de 1995 à 1997 a révélé une probabilité de transmission de bilharziose intestinale dans les retenues pastorales et la probabilité de transmission de bilharziose urinaire dans cette partie du pays [8]. Il faut souligner que la présence d'individus atteints de bilharziose à Schistosoma *haematobium* et *mansoni* sont signalées dans tous les centres hospitaliers, notamment autour du lac Kossou, aux alentours de Bouaké (au centre), dans la région d'Adzopé-Agboville (au Sud-Est), à San-pédro (au Sud-Ouest) et surtout dans la zone de Man-Danané (à l'Ouest) et ont fait l'objet d'une étude précise [9].

La présence constante de cette maladie fait de la Côte d'Ivoire un pays d'endémie pour la bilharziose. Ce constat trouve également son fondement dans le climat ivoirien faisant de celui-ci un pays arrosé par des précipitations régulières et abondantes. Un réseau hydrographique marqué par la présence de quatre grands fleuves, de rivières et de lacs partant du nord au sud. La construction de barrages sur ces principaux fleuves, crée un environnement favorable au développement des bulins et des planorbes hôtes intermédiaires de la bilharziose. De même les aménagements hydrauliques ne sont pas seulement utilisés à des fins agricoles mais sont souvent le lieu de multiples activités: pêche, baignades, lessives et jeux des enfants.

Face à cette endémicité, plusieurs programmes et stratégies de lutte ont été organisés et ont bénéficié de l'appui de l'OMS dans le but d'éradiquer cette parasitose. Notamment les travaux ouverts aux bureaux de ladite organisation sur les MTN (maladies tropicales négligées). Toutefois le manque de cartographies descriptives de la répartition spatiale d'infestation et des facteurs de distributions de la bilharziose à l'échelle régionale et nationale, constituent un facteur limitant dans toute stratégie de lutte. Ainsi la mise à disposition de cartes de risque bilharzien serait un atout considérable dans la lutte épidémiologique.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 ZONE D'ETUDE

La Marahoué est une région du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire en Afrique de l'Ouest. Elle est située entre 6°30 et 7°40 de Latitude Nord et 5°30 et 6°20 de Longitude Ouest avec pour Chef-Lieu de région le Département de Bouaflé situé à plus de 300 km d'Abidjan (Figure 1). Elle couvre une superficie 8500 Km^2 et une population estimée à 862344 habitants ([10]) pour une densité de 101 $hbts/km^2$. Elle est composée de trois départements que sont Bouaflé, Zouenoula et Sinfra. La région de la Marahoué est limitée au Nord par la région du BERE, au Sud par la région du GOH, à l'Est par la région du GBEKE, du BELIER et du District Autonome de Yamoussoukro, et à l'Ouest par la région du Haut Sassandra.

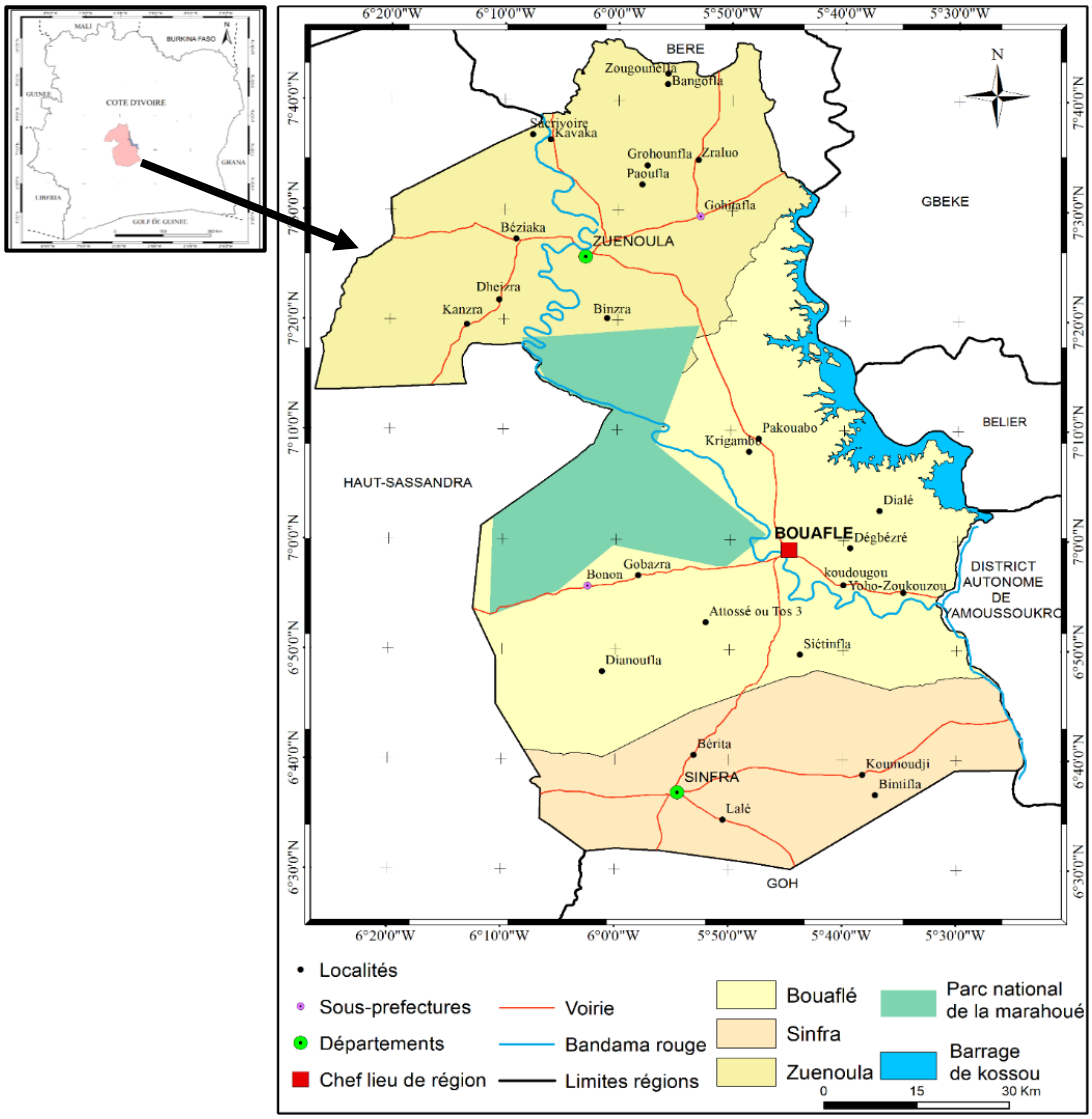


Fig. 1. Situation géographique et présentation de la zone d'étude

2.2 MATERIEL ET DONNEES UTILISEES

2.2.1 MATERIEL

Comme matériel de terrain nous avons eu recours à un GPS (Global Positioning Système) garmin GPSMAP 64 pour géolocaliser les localités de la région, les écoles enquêtées et les points d'eau. Le logiciel DNR GPS pour l'extraction des données du GPS, ENVI 5.1 pour le prétraitement des images satellitaires et ArcGis 10.2.2 pour l'analyse spatiale et la production des cartes.

2.2.2 DONNEES UTILISEES

Ce travail a regroupé plusieurs données. Au nombre de ces données, nous pouvons retenir les données démographiques. Il s'agit des utilisées de l'Institut Nationale de la Statistique (INS) du dernier recensement général de la population et de l'habitat effectué en 2014 et disponible sur le site: http://www.ins.ci/n/.

Les données épidémiologiques, celles recueillies auprès de l'équipe de parasitologie et écologie parasitaire du laboratoire de zoologie et biologie animale de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan. Elles regroupent des données cliniques de morbidité des bilharzioses des années 2003 et 2013. Les données de 2003 traduisent des cas de présomption des bilharzioses urinaire et intestinale basés sur un questionnaire relatif à la présence de sang dans les urines et dans les selles. Celles de 2013 sont des cas avérés issus d'examens parasitologiques (filtration ([11]) et kato-katz ([12]). Ces données sont celles de la région de la Marahoué regroupés par localités.

Les données satellitaires, celles du satellite Landsat 7 du capteur multi spectral ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) du 8 février 2003 et du 3 février 2013. Ces images se présentent sous forme de scènes cataloguées et hiérarchisées selon le path (197) et le row (55).

L'image ASTER prise par le capteur multi bande du radar ASTER-GDEM du satellite Terra de l'agence spatiale américaine (NASA), d'une résolution de 30 m a été utilisée pour réaliser la carte de pente de la zone d'étude.

Le fond de carte de la région de la Marahoué a été obtenu par digitalisation de la carte du nouveau découpage administratif de la Côte d'ivoire réalisée à l'échelle 1/ 800 000.

Les données pluviométriques récoltées sont celles des précipitations de la région, fournies par le satellite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) relevées en 2003 et en 2013.

2.3 METHODOLOGIE

2.3.1 CARTOGRAPHIE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DE LA BILHARZIOSE

L'établissement des cartes de la distribution spatiale des bilharzioses ont été réalisées à partir des données épidémiologiques des années 2003 et 2013 relatives aux bilharzioses urinaire et intestinale. Nous avons réalisé sous le logiciel ArcGis 10.2.2, les cartes de la distribution spatiale de l'infection ont été réalisée de façon ponctuelle. Cette forme de représentation nous donne une vue d'ensemble sur les deux bilharzioses (urinaire et intestinale) et leurs proportions dans chaque localité enquêtée. Les niveaux de prévalence, le risque de contamination et les mesures à prendre sont fonction selon l'OMS de l'enquête basée sur l'examen parasitologique ou l'enquête basée sur l'hématurie visible (tableaux 1 et 2).

Tableau 1. Prévalence et niveau de risque de schistosomiase intestinale et urinaire basé sur l'examen parasitologique [13].

Prévalence	Risque	Mesure à prendre
≥ 50 %	Risque élevé	Traiter tous les enfants d'âge scolaire (scolarisés ou non) une fois par an et les communautés vivant dans les zones d'endémie.
[10 – 50 % [	Risque modéré	Traiter tous les enfants d'âge scolaire (scolarisés ou non) une fois tous les deux ans et les adultes considérés comme exposés au risque.
< 10 %	Risque faible	Traiter tous les enfants d'âge scolaire (scolarisés ou non) deux fois en tout (à l'entrée et à la sortie de l'école primaire par exemple). Le praziquantel doit être disponible dans toutes les cliniques et dispensaires pour traiter tout cas suspect.

Tableau 2. Prévalence et niveau de risque de schistosomiase urinaire basé sur l'hématurie visible [13].

Prévalence	Risque	Mesure à prendre
≥ 30 %	Risque élevé	Traiter tous les enfants d'âge scolaire (scolarisés ou non) une fois par an et les communautés vivant dans les zones d'endémie.
< 30 %	Risque faible	Traiter tous les enfants d'âge scolaire (scolarisés ou non) une fois tous les deux ans et les adultes considérés comme exposés au risque.

2.3.2 CARTOGRAPHIE DES PARAMETRES LIES A L'ALEA DE L'INFECTION BILHARZIENNE

2.3.2.1 CARTE DE PLUVIOMETRIE

Les éléments du climat telle que la pluviométrie reste un facteur indispensable à la survie des mollusques d'où l'importance de sa cartographie. Selon les études menées par Poda ([14]) au Burkina Faso, l'existence de la majorité des vecteurs d'endémies est liée à la présence d'eau de surface, courante et surtout stagnante. L'écologie de ces mollusques étant liée à l'humidité du sol. Le sol ne peut être humide que si ce sol est arrosé périodiquement par des pluies. Les études malacologiques qui ont été faites, l'ont été pour la plupart plus en saison de pluie qu'en saison sèche [15].

2.3.2.2 CARTE DE TEMPERATURE

Bien que les saisons sèches où les températures sont élevées seraient défavorables à la survie de certains mollusques notamment ceux de grande taille, les mollusques du genre *Bulinus* tels que B. *Truncatus,* B. *Globosus* et B. *umbilicatus* sont capables de résister à un assèchement complet de 7 à 8 mois [16], ce facteur reste néanmoins un élément important dans le cycle de transmission de la bilharziose. En effet, les cercaires n'émergent des mollusques qu'aux heures chaudes de la journée, en général entre 10 h et 16 h en pays tropical et pendant plusieurs semaines [17].

2.3.2.3 CARTE D'INDICE D'EAU (NDWI)

La bilharziose est une maladie hydrique ou à support hydriques. Les mollusques hôtes intermédiaires vivent dans des étendues d'eau douce bien oxygénée. Ils sont présents dans les mares et les marigots naturels ou artificiels. Ils occupent le bord peu profond des rivières, des lacs et sont dans les canaux d'irrigation à 20 ou 30 cm de profondeur. En général, B. truncatus se trouve dans les grands lacs et les rivières mais uniquement sur les bords calmes et peu profonds. L'écologie des bulins explique que la bilharziose est organisée en foyers centrés sur les points d'eau qui sont les lieux de transmission [17]. Les formations forestières le long des cours d'eau maintiennent toujours une atmosphère humide très favorable au développement des bulins et des planorbes hôte intermédiaires des schistosomiases [7]. La présence du barrage de Kossou dans l'extrême Est de la région; la présence du fleuve Marahoué qui draine la région justifie le choix de la représentation cartographique des plans d'eau afin de mettre évidence le lien direct entre la distribution spatiale de l'infection et les plans d'eau. L'indice d'eau ou indice d'eau par différence normalisé a pour formule:

$$NDWI = (PIR-MIR) / (PIR+MIR) \in [-1, 1]$$

Cet indice est relié aux bandes d'absorption d'eau dans le MIR et met en évidence la végétation humide et les surfaces en eau [18].

2.3.2.4 CARTE DU RELIEF

Le relief détermine le sens d'écoulent des cours d'eau. L'écoulement des eaux de surface se fait des zones élevées vers les basses. Elle affecte donc la répartition des eaux sur un territoire donné. Les basses altitudes sont des zones favorables aux eaux de stagnation et de regroupement des eaux de ruissellement. Les basses altitudes regorgeront plus de zones humides et favorables à l'habitat des mollusques hôtes intermédiaires de l'infestation bilharzienne. A partir du MNT de la région et grâce à l'outil « Slope » du module « surface » d'ArcGis 10.2.2, nous avons généré directement la carte des pentes.

2.3.3 CARTOGRAPHIE DES PARAMETRES LIES A LA VULNERABILITE DE L'INFECTION BILHARZIENNE

2.3.3.1 CARTE DU COUVERT VEGETAL (NDVI)

L'indice de végétation par différence normalisé, appelé aussi NDVI est construit à partir des canaux rouges (R) et proche infrarouge (PIR) [19]. L'indice de végétation normalisé met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge.

$$NDVI= (PIR-R) / (PIR+R)$$

Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation. Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1. Les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondent aux couverts les plus denses. En effet, l'écologie des gastéropodes responsable de la bilharziose est constituée en général d'eaux douces et calmes, de végétaux aquatiques, de collections d'eaux permanentes, de rivières et fleuves [3]. La végétation et les étendues d'eaux douces sont des zones de prolifération de ces mollusques. Des études malacologiques montrent que ces indices sont fortement liées à l'écologie des Bulinus et des Bomphalarias notamment celles menée par Ngonseu [15] et Djuikwo [20]) au Cameroun et par Sarr [21] au Sénégal. Le NDVI peut être généré directement sous le logiciel ENVI 5.1 grâce au module « Transform » et sous le logiciel ArcGis 10.2.2 grâce au module « Image Analysis »

2.3.3.2 CARTE DE LA DENSITE DE DRAINAGE

La carte de densité de drainage est obtenue à partir du réseau hydrographique. Le réseau hydrographique quant à lui est extrait du model numérique d'altitude (MNA) sous le logiciel ArcGis 10.2.2 grâce aux outils de la boite « Hydrology » du module « Spatial Analyst Tools ». Une fois le réseau hydrographique extrait, on détermine la longueur des différents cours d'eau de la région exprimée en Km puis la superficie de la région. Ce calcul s'effectue dans le logiciel grâce à l'outil « Calculate Geometry ». Nous déterminons ensuite la densité de drainage par la formule $DD = (\sum Li / S)$ avec DD: densité de drainage (Km^{-1}); Li: longueur des cours d'eau (Km) et S: la superficie de la région.

2.3.3.3 CARTE DE LA REPARTITION DE LA POPULATION

La population est dans le cycle de transmission de la bilharziose l'hôte définitif. C'est dans le corps ou organisme de l'infecté que la furocercaire ou cercaire devient successivement schistosomule puis schistosome capable de procréer [5]. C'est la population ici qui constitue notre cible c'est-à-dire celle pour qui l'étude est menée et celle que nous souhaitons sortir de cette endémie. Il ne peut y avoir risque que s'il y a présence humaine ou de bien matériel (enjeu). Lorsqu'une population cible est sous la menace d'un danger, on parle alors de risque. La carte de répartition de la population a été réalisée à partir des données de l'Institut nationale des Statistiques (INS). Les données fournies n'étaient

que celles de 2014 c'est-à-dire l'état de la population ivoirienne en termes de nombre d'habitant par région, département, sous-préfecture et district au 15 mai 2014. Nous avons donc calculé sur la basse de cette donnée et du taux d'accroissement moyen annuel (TAMA) fourni, la population des différentes localités de la zone d'étude des années 2003 et 2013.

2.3.4 METHODE D'ANALYSE HIERARCHIQUE DE SAATY (AHP)

La classification de nos paramètres est basée sur l'échelle de Saaty pour la comparaison des critères [22]. Cette classification des critères est faite selon la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) proposé par Saaty en 1980 (Voir tableau 3). En effet selon l'auteur, cette méthode permet la prise de décisions efficaces relatives à des problèmes complexes par sa décomposition et sa structuration en des problèmes plus accessibles aux décideurs afin d'affiner leurs processus de décision [22]. Elle est donc très intéressante dans la quantification et la hiérarchisation des paramètres caractérisant la cartographie des zones à risques bilharzien. Cette classification nous permet d'attribuer à chaque critère ou paramètre une valeur propre (V_P) témoignant de son degré d'implication ou d'importance dans la transmission de la maladie.

Tableau 3. Echelle de Saaty pour la comparaison de critères [23]

Valeurs	Comparaison	Echelle verbale
1	Egale importance	Les deux éléments ont une importance égale
3	Modérément important	Un élément est un peu plus important que l'autre
5	Important	Un élément est plus important que l'autre
7	Très important	Un élément est beaucoup plus important que l'autre
9	Extrêmement important	La dominance d'un élément est très remarquable
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires	Valeurs intermédiaires entre deux jugements, utilisées pour affiner le jugement

2.3.4.1 COMBINAISON BINAIRE ET DETERMINATION D'INDICATEURS

Les différents paramètres ou critères retenus, ont été combinés en indicateurs pour faire ressortir les grands ensembles qui caractérisent une région à savoir: l'hydrographie (Indice d'eau), le climat (Température au sol et Pluviométrie), la géomorphologie (Pente), le paysage (couvert végétal et densité de drainage) et l'organisation de l'espace tant urbain que rural (Répartition de la population). Pour chaque paramètre, nous avons défini des symboles. Les indicateurs élaborés ont été scindés en deux facteurs majeurs de risque que sont l'aléa (tableau 4) et la vulnérabilité (tableau 5).

Tableau 4. Indicateurs de d'aléa

Indicateurs	Paramètres	Symboles
Hydrographie	Indice d'eau (NDWI)	IE
Climat	Pluviométrie (mm)	PL
	Température au sol (°C)	TS
Géomorphologie	Pente	PT

Tableau 5. Indicateurs de vulnérabilité

Indicateurs	Paramètres	Symboles
Paysage	Couvert végétal (NDVI)	CV
	Densité de drainage	DD
Organisation de l'espace	Répartition de la population	RP

2.3.4.2 DÉTERMINATION DES POIDS OU COEFFICIENT DE PONDÉRATION

La pondération des critères de décision peut être effectuée suivant la méthode de comparaison par paire des différentes variables par le processus d'analyse hiérarchique (Analytical Hierarchy Process). Les études réalisées par Saley dans la région de Sassandra pour la détermination des zones sensibles au risque d'inondation dans le bassin versant de la Davo [22] et dans la région semi-montagneuse de Man [24]; ainsi que

celles réalisées par Louga [25] dans les localités Bonoua et d'Ayamé pour la cartographie des facteurs environnementaux, gouvernant la prolifération des vecteurs du paludisme et le risque de transmission; nous ont permis de mieux comprendre la méthode de l'évaluation multicritère et la détermination des coefficients de pondération ou poids.

2.3.4.3 ÉLABORATION DES MATRICES ET DÉTERMINATION DES POIDS (C_P)

Les tableaux 6 et 7 ci-dessous sont les matrices d'aléa et de vulnérabilité. Ils nous donnent les coefficients de pondérations ou poids des différents paramètres d'aléa et de vulnérabilité des années retenues pour l'étude.

Tableau 6. Matrice d'aléa

	PT	TS	PL	IE	Vecteur propre (V_p)	Poids (C_P)
PT	1	0,33	0,2	0,14	0,31	0,06
TS	3	1	0,33	0,2	0,67	0,12
PL	5	3	1	0,33	1,50	0,26
IE	7	5	3	1	3,20	0,56
SOMME	16	9,33	4,53	1,68	5,68	1

Tableau 7. Matrice de vulnérabilité

	CV	DD	RP	Vecteur propre (V_p)	Poids (C_P)
CV	1	0,33	0,2	0,41	0,10
DD	3	1	0,33	1	0,26
RP	5	3	1	2,47	0,64
SOMME	9	4,33	1,53	3,87	1

Les vecteurs propres et les coefficients de pondération ont été calculés selon les formules suivantes:

Equation 1: $\mathrm{Vp} = \sqrt[k]{\mathrm{W1x...x\ Wk}}$ (avec k = nombre de paramètres comparés et Wk = principales notes attribuées aux paramètres);

Equation 2: $\mathrm{Cp} = \frac{\mathrm{Vp}}{\mathrm{V_{p1}+...+Vpk}}$ (la somme des Cp de tous les paramètres d'une matrice doit être égale à 1)

2.3.4.4 DETERMINATION DE L'INDICE DE COHERENCE (IC)

Selon Thomas SAATY, la cohérence de notre démarche réside à la valeur de son indice de cohérence. La démarche est cohérente si IC < 10 %. Il parait donc judicieux de déterminer l'indice de cohérence de chacune des matrices d'aléa et de vulnérabilité. Pour ce faire Nous avons multiplié chaque colonne des tableaux 6 et 7 par le coefficient de pondération lui correspondant et par la suite divisé chaque total de ligne par le poids du critère correspondant à cette ligne. Les Calculs intermédiaires pour la détermination de l'IC sont reportés dans les tableaux 8 et 9.

L'indice de cohérence est calculé par la formule suivante:

Equation 3: $\mathrm{IC} = \frac{\lambda\,\mathrm{max} - \text{nombre de colonne}}{\text{nombre de colonne-1}}$

Avec λmax: La moyenne des résultats obtenus dans la colonne division des tableaux du calcul intermédiaire. Indice de cohérence (**IC_1**) de la matrice d'aléa.

Tableau 8. Calcul intermédiaire pour déterminer IC_1

	PT	TS	PL	IE	Somme	Division
PT	0,06	0,04	0,05	0,08	0,23	4,13
TS	0,17	0,12	0,09	0,11	0,48	4,10
PL	0,28	0,35	0,26	0,19	1,08	4,10
IE	0,39	0,59	0,79	0,56	2,33	4,13

λmax = (4,13 + 4,10 + 4,10 + 4,13) / 4 = **4,12**

L'indice de cohérence **IC_1** est: **IC_1**= (4,12 – 4) / (4 – 1) = **3,90% < 10 %** par conséquent le raisonnement utilisé est cohérent.

Indice de cohérence (**IC_2**) de la matrice de vulnérabilité

Tableau 9. Calcul intermédiaire pour déterminer IC_2

	CV	DD	RP	Somme	Division
CV	0,10	0,09	0,13	0,32	3,04
DD	0,31	0,26	0,21	0,78	3,04
RP	0,52	0,77	0,64	1,94	3,04

λmax = (3,04 + 3,04 + 3,04) / 3 = **3,04**

L'indice de cohérence **IC_2** est: **IC_2**= (3,04 – 3) / (3-1) = **1,93% < 10 %.** Ce raisonnement est également cohérent.

CALCUL DU RATIO DE COHÉRENCE (RC)

Le résultat obtenu du calcul de l'indice de cohérence est validé par le ratio de cohérence (RC), défini par la formule RC=IC/IA, avec IC l'indice de cohérence et IA l'indice aléatoire. L'indice aléatoire est égal à 0,58 pour une matrice à trois critères et à 0,90 pour une matrice à quatre critères [22].

RC_1 = IC_1/0,90 = 4,33 % et **RC_2 = IC_2 / 0,58 = 3,33 %**

RC_1 et RC_2 étant inférieur à **10 %,** nous pouvons donc dire que le raisonnement adopté est effectivement judicieux

2.3.5 CARTE DE L'ALEA

L'aléa est considéré comme un phénomène physique, naturel ou humain et non maîtrisable, potentiellement dommageable en termes de perte en vies humaines, matériel et de santé publique. Elle est susceptible d'interrompre les activités économiques, socio-culturelles et de détruire l'environnement ([22], [26]). Cet aléa est également appelé sensibilité, du fait de la mise en commun de plusieurs phénomènes naturels (végétation, hydrographie, relief, pluie, température etc.). La carte d'aléa à l'infection bilharzienne est une carte d'aléa biologique représentant des différentes zones d'infestation ou susceptible d'infestation bilharzienne. Dans le cadre de notre étude, les critères ou paramètres retenus sont: la pente, la température au sol, la pluviométrie et l'indice d'eau, Le croisement de ces paramètres, nous a permis d'établir la carte des zones potentiellement exposées à l'infestation à *S. mansoni* et *S. haematobium*. En se basant sur l'échelle de comparaison des critères de Saaty [23] différents « poids » ont été calculés et affectés à chaque critère pour déterminer l'aléa à l'infestation bilharzienne. La combinaison des différents critères affectés de leur poids ou coefficient de pondération s'est fait sous ArcGis10.2.2, grâce à l'outil « Raster Calculator » du module « Map Algebra ». La formule utilisée pour cette carte d'aléa est:

Carte d'aléa = [(0,06 x PT) + (0,12 x TS) + (0,26 x PL) + (0,56 x IE)]

2.3.6 CARTE DE VULNERABILITE

A la notion de vulnérabilité plusieurs définitions sont proposées. Mais dans l'étude du risque, la vulnérabilité correspond d'une part à une mesure de l'endommagement potentiel des biens, des personnes et des activités et de ses répercussions sur l'environnement économique. D'autre part la vulnérabilité peut être perçue à travers la capacité de réponse des sociétés à des crises potentielles Elle exprime également le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux ([22]). Ces enjeux intègrent les populations, les biens et les activités socioéconomiques susceptibles d'être affectés aussi bien quantitativement et qualitativement et varie suivant la nature de l'aléa. La vulnérabilité apparaît donc comme la propension d'une société à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique et leur capacité à répondre ou résilience.

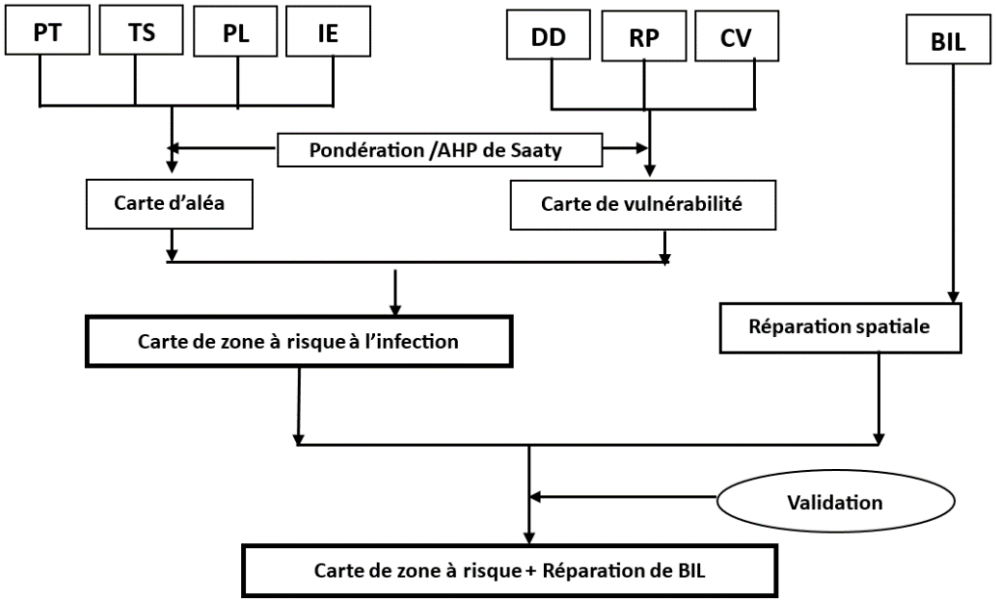
Dans cette étude, trois critères sont identifiés pour la cartographie de la vulnérabilité. La carte de la répartition la de population (RP) réalisée à partir des données de l'INS, la carte du couvert végétal (CV) réalisée par l'application de la formule du NDV à partir des images satellitaires choisies pour l'étude et la carte de densité de drainage (DD). A la pratique cette carte a été réalisée en affectant également des poids à chaque paramètre (Tableau 7) selon l'échelle de comparaison des critères de Saaty [23] et calculée grâce à l'outil précité.

L'équation entrée dans le logiciel est:

Carte de vulnérabilité = [(0,10 x CV) + (0,26 x DD) + (0,64 x RP)]

2.3.7 CARTE DU RISQUE BILHARZIEN PAR COMBINAISON DES COUCHES

Le risque est défini selon Dominique [26] comme la probabilité pour les communautés ou les populations d'être exposées aux aléas et de subir des dommages d'ordre humains, économiques, socio-culturels; mais aussi la destruction de leurs biens et environnement. Le risque est donc la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux (Gala, 2007). La carte de risque bilharzien de la région de la marahoué a été faite selon l'équation du risque proposée par Pottier [27] et Dauphiné [28]: Risque = Aléa x Vulnérabilité. Nous avons donc obtenu ces cartes de risque des deux années en faisant le produit des cartes d'aléa et de vulnérabilité sous l'outil « Raster Calculator » selon l'équation: Carte de risque = [Carte d'aléa x Carte de vulnérabilité]



Méthodologie de traitement des données

3 RESULTATS

3.1 REPARTITION DE LA PRESOMPTION BILHARZIENNE EN 2003 ET DE LA BILHARZIOSE AVEREE EN 2013

La figure ci-dessous présente la répartition de la présomption bilharzienne en 2003 (figure 2A) et la bilharziose avérée en 2013 par localité enquêtée (figure 2B). Aussi bien 2003 qu'en 2013, nous comptons au total 32 localités enquêtées. Douze (12) localités dans les départements de Zuénoula et de Bouaflé et 8 localités dans le département de Sinfra. Les mêmes localités ont été sélectionnées pour une meilleur analyse et interprétation du suivi de l'évolution de l'endémie. En 2003, les plus grandes valeurs de présomption de bilharziose urinaires sont signalées dans l'extrême Nord de la région. Par contre les valeurs plus élevées de présomption de bilharziose intestinale se localisent dans le Centre et en partie dans le Sud. En 2013, nous notons une prédominance de la bilharziose urinaire sur la bilharziose intestinale dans la région. A l'analyse des deux figures nous pouvons dire qu'en termes de présence et d'absence que la bilharziose urinaire est signalée dans la quasi-totalité des localités enquêtées aussi bien en 2003 qu'en 2013. Toutefois, les localités de Dégbézré, Duonfla, Kouassi Périta, Béziaka et Sucrivoire, qui étaient endémiques en 2003 ne le sont pas en 2013. Par contre, la localité de Dianoufla non endémique en 2003 l'est en 2013. Ainsi, la bilharziose intestinale est en nette régression sur la quasi-totalité de la région de 2003 à 2013.

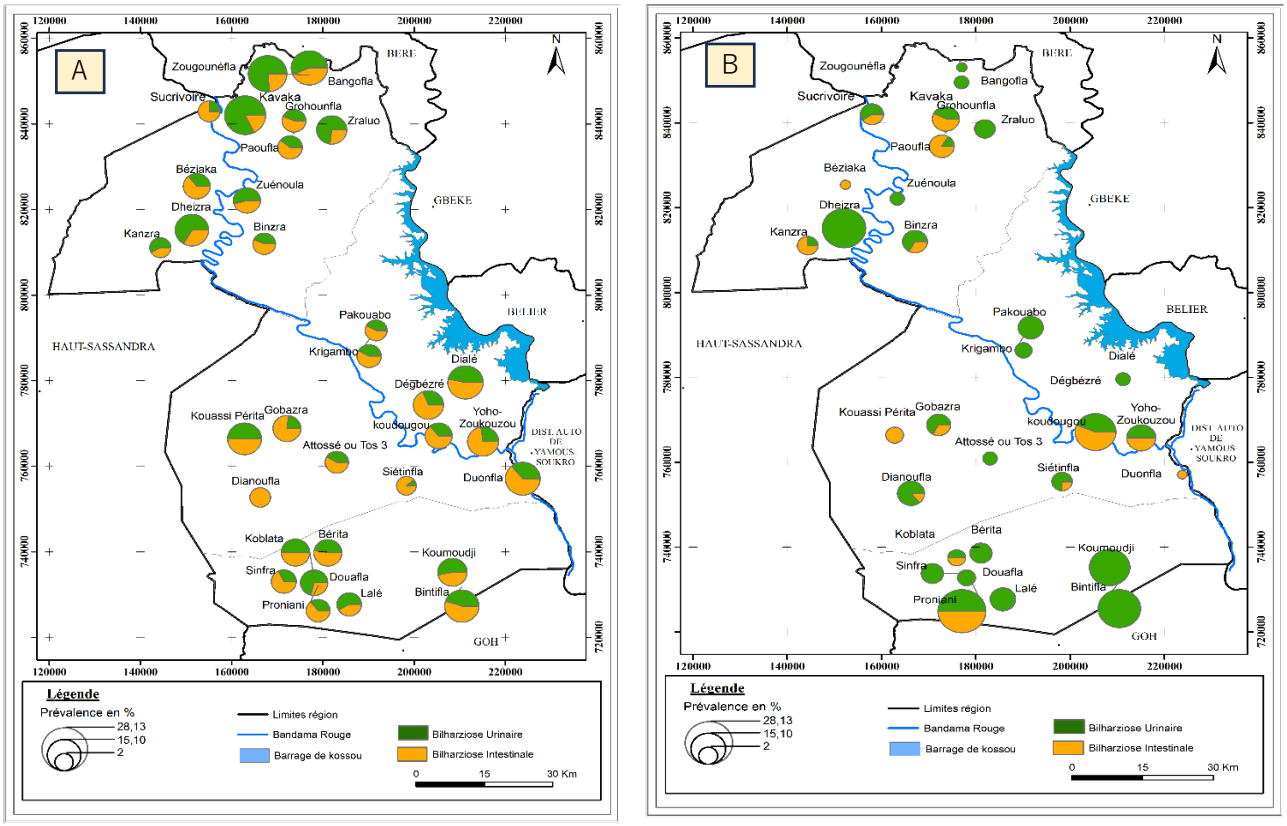


Fig. 2. Carte de la Répartition de la présomption bilharzienne en 2003 et de la bilharziose avérée en 2013

3.2 CARTES D'ALEA A L'INFECTION BILHARZIENNE EN 2003 ET 2013

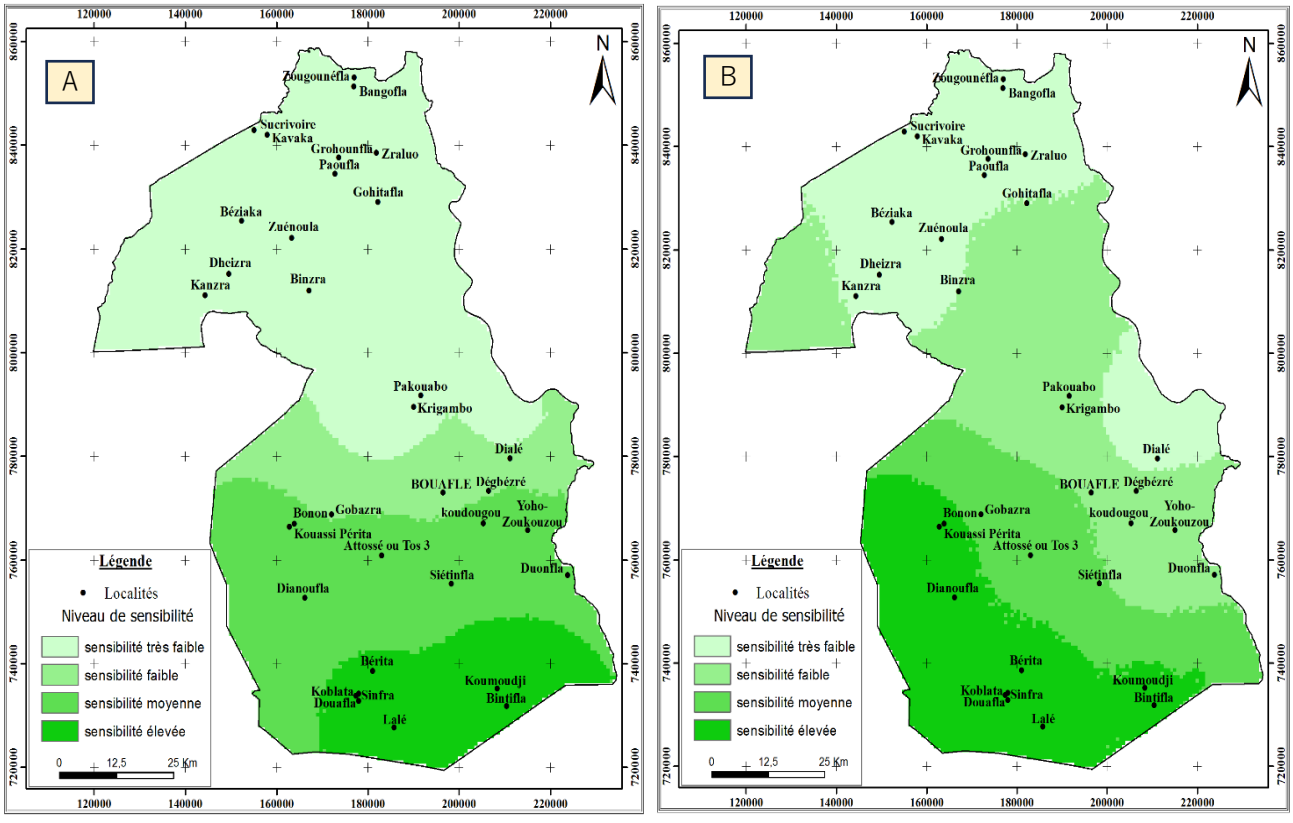


Fig. 3. Niveau d'aléa à l'infection bilharzienne en 2003 et 2013

La combinaison des différents paramètres (Pente, Température au sol, Pluviométrie, indice d'eau), nous a permis d'obtenir les cartes d'aléa à l'infection bilharzienne des années 2003 (figure 3A) et 2013 (figure 3B). Les figures ci-dessous (3A et 3B) mettent en évidences les degrés d'aléa de la région à l'infection bilharzienne. La partie Sud de la région présente un niveau d'aléa plus accrue que la partie Nord. Le département de Sinfra demeure la zone la plus sensible et celui de Zuénoula le moins sensible.

3.3 CARTES DE VULNERABILITE A L'INFECTION BILHARZIENNE EN 2003 ET 2013

La combinaison des paramètres (Couvert végétal, densité de drainage et la répartition de la population), nous a permis d'élaborer les cartes de vulnérabilité à l'infection des deux années. Ainsi les figures 4A et 4B, nous présentent les différentes zones vulnérables à l'infection bilharzienne.

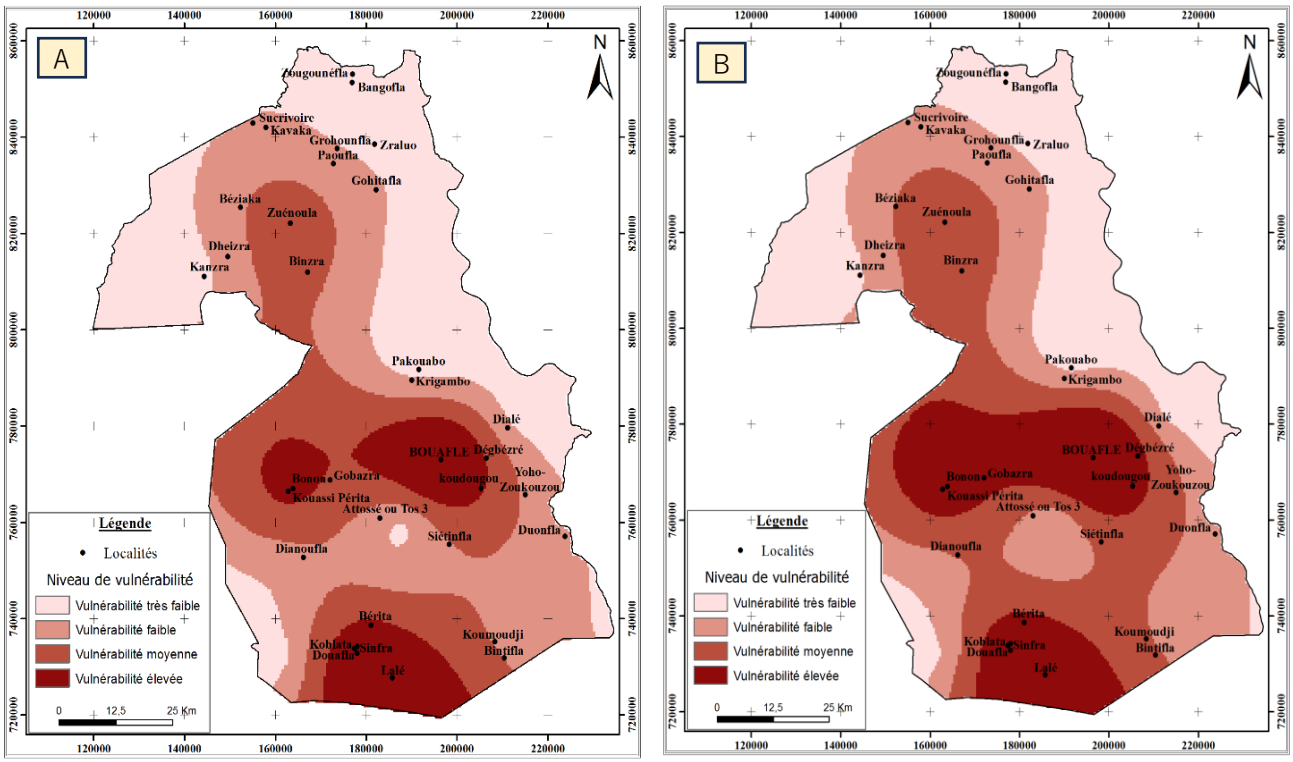


Fig. 4. Niveau de vulnérabilité à l'infection bilharzienne en 2003 et 2013

Les degrés de vulnérabilités les plus élevés sur l'ensemble des deux figures (4A et 4B) se concentrent autour des localités de Bonon, Bouaflé et de Sinfra. Ces trois localités sont toutes situées dans la partie Sud de la région. Ainsi nous pouvons dire que la partie Sud de la région présente une vulnérabilité plus importante que la partie nord. Cette vulnérabilité est liée aux enjeux de la région beaucoup plus concentrés dans cette partie de la région. Seules les localités de Binzra, de Zuénoula et de Béziaka, dans la partie Nord sont exposées à une vulnérabilité moyenne.

3.4 CARTES DE RISQUE A L'INFECTION BILHARZIENNE EN 2003 ET 2013

La carte de risque, enjeux de notre étude découle de la combinaison de deux couches. Celle d'aléa et la vulnérabilité. Le risque à l'infection bilharzienne de la région de la Marahoué est plus élevé dans les localités à forte concentration de population et de pluviométrie (Bonon, Sinfra, Bouaflé et Zuénoula) et dans les localités avoisinantes (figure 5A et 5B). L'extrême Nord, le Nord-Ouest, l'Est et le Nord-Est sont les zones à très faible risque de contamination.

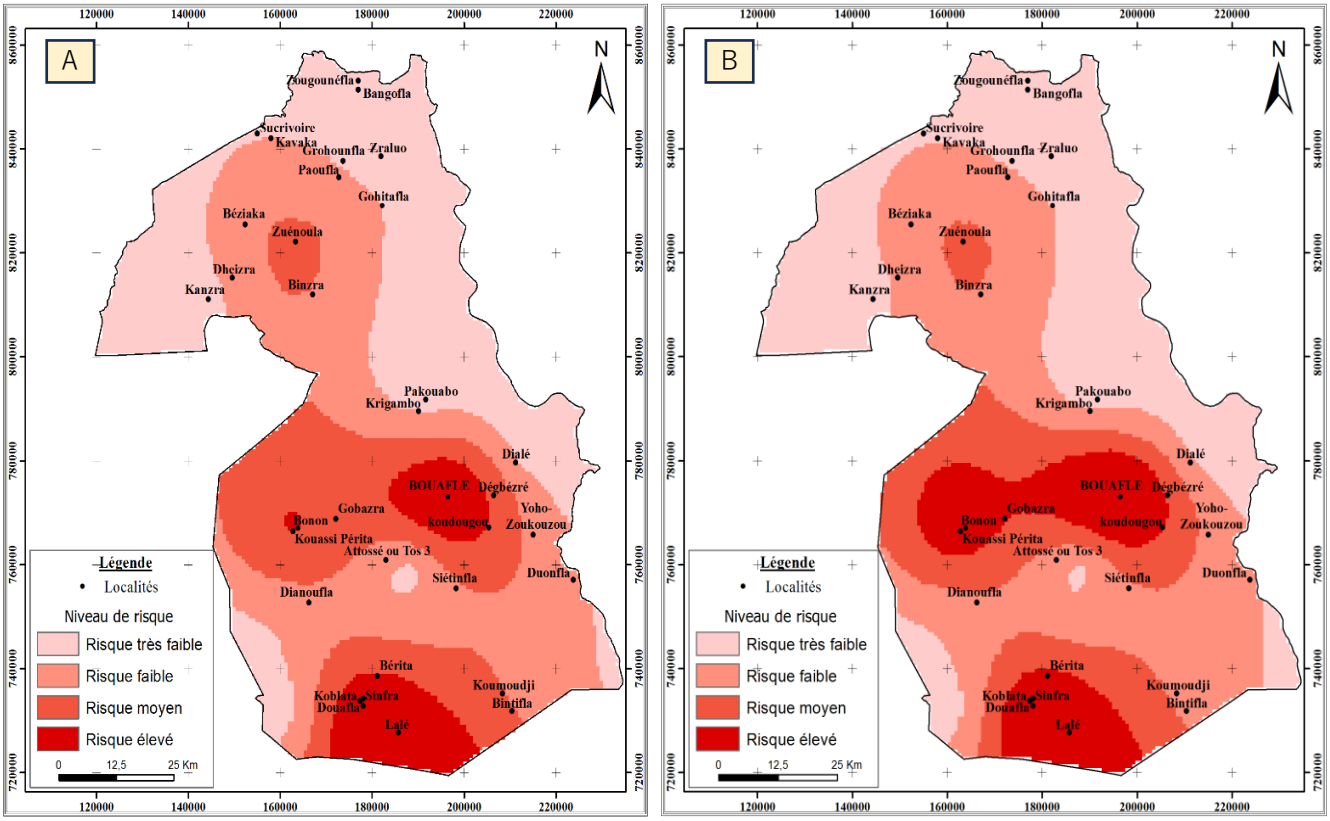


Fig. 5. Niveau de risque à l'infection bilharzienne en 2003 et 2013

A l'analyse des critères caractéristiques de la vulnérabilité et la sensibilité, la pluviométrie et la répartition de la population apparaissent comme les deux paramètres les plus influents du risque bilharzien en 2003 et 2013.

3.5 VALIDATION DES RESULTATS

La superposition des cartes de prévalence par localités enquêtées et des zones à risque des années 2003 et 2013 des cas notifiés de bilharziose urinaire et intestinale a permis de valider les résultats. Le dénombrement statistique des cas observés dans les zones à risque est retracé dans le tableau ci-dessous (tableau 10).

Tableau 10. Statistique des cas incidents de Bilharziose dans les localités enquêtées.

	Sinfra (8 localités)		Bouaflé (12 localités)		Zuénoula (12 localités)		Total (32 localités)	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Nombre de localités dans la zone à risque élevée et risque moyen	8	100	4	33,33	1	8,33	13	40,62
Nombre de localités dans la zone à risque faible et risque très faible	0	0	8	66,67	11	91,67	19	59,38

En somme, sur les 32 localités enquêtées dans la région 13 se situent dans la zone à risque élevé et risque moyen, soit 40,62 % contre 19 localités dans la zone à risque faible et très faible soit 59,38 %.

Selon les études menées par Vami [29] le département de Sinfra est une zone sujette au risque d'inondation due au débordement des cours d'eaux vues la morphologie et l'hydrographique de la zone. Ainsi la grande présence d'eau dans cette partie de la région de la Marahoué justifie sa grande endémicité. Le département de Bouaflé chef-lieu de région, abrite la population la plus importante de la région [10]. Ce département est fortement marqué par le barrage de Kossou dans sa partie Est et drainé dans sa partie Centrale par le fleuve Marahoué.

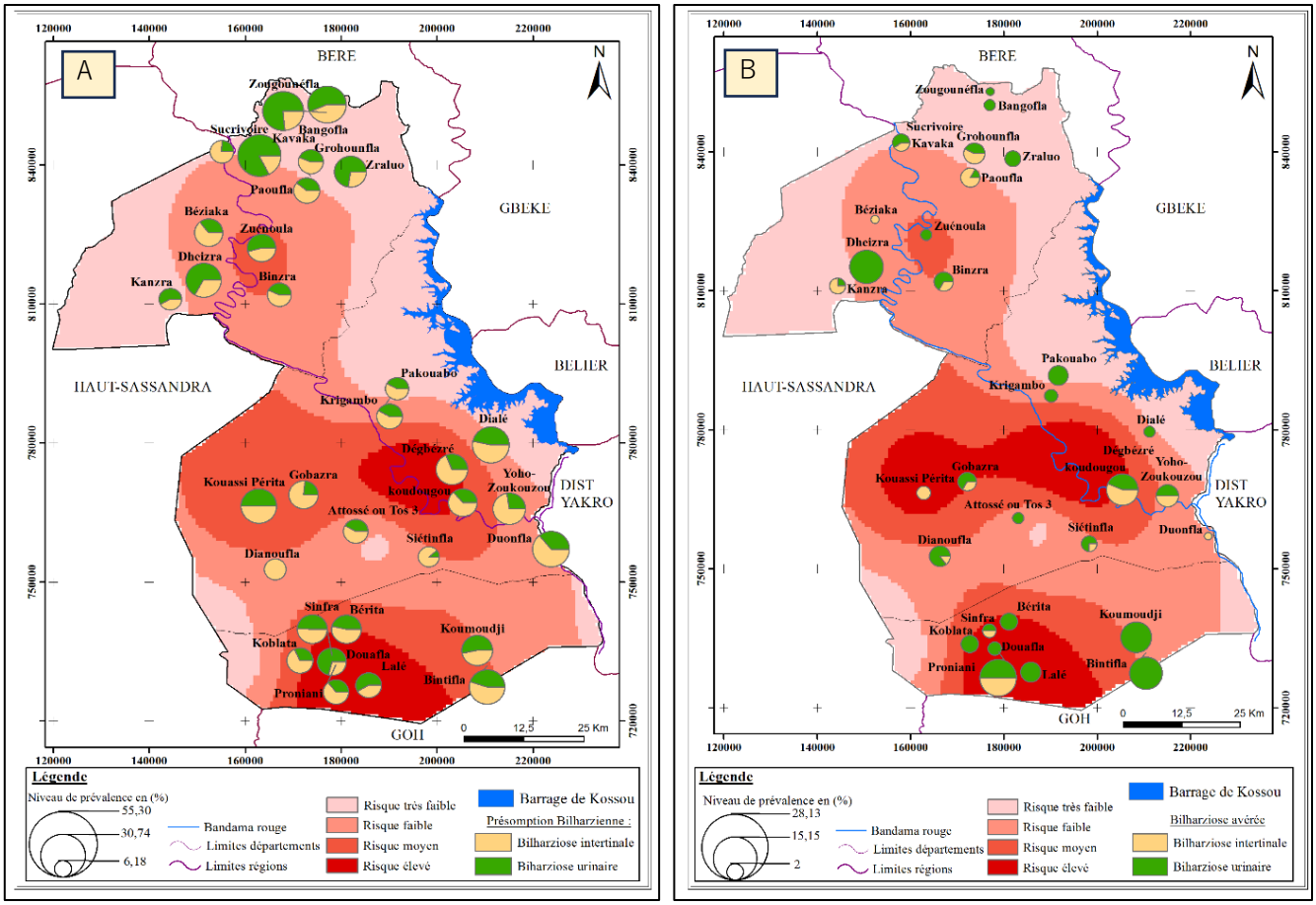


Fig. 6. Niveau de risque et de prévalence de la bilharziose en 2003 et 2013

4 DISCUSSION

Les résultats de ces enquêtes laissent entrevoir en 2003 une prédominance de présence de présomption de bilharziose intestinale estimée à 62,50 % contre 37,5 % de présomption de bilharziose urinaire. En 2013 nous avons une prédominance de présence de la bilharziose urinaire estimée à 81,25 % contre 18,75 % de bilharziose intestinale. Nos dires sur la prédominance de bilharziose urinaire en 2013 dans la région de la Marahoué sont corroborées par les travaux de Kouamé [3] effectués dans la région de l'Agnéby dont le taux de succès de présence de bilharziose urinaire est de 56,82 %. L'étude faite par Sangho [30] pour la détermination de la prévalence et perception de la schistosomose en zone de riziculture irriguée au Mali a révélé une forte présence de la schistosomose uro-génitale avec un taux de prévalence de 72% dans les écoles primaires de Molodo. Cette forte prévalence trouverait selon Sangho explication par la présence des canaux d'irrigation alimentés à partir du barrage de Markala. Cette assertion confirme nos appréhensions sur l'origine de la forte présence de la bilharziose dans la région de la Marahoué qui se présente comme une région avec un réseau hydrographique important. Poda [31] mentionne comme conclusion des travaux sur l'endémie bilharzienne au Burkina Faso, une évolution des prévalences de la bilharziose urinaire allant de 19 % en 1954 à 23 % en 1987 et à 70,3 % à Giédougou après la mise en place des aménagements hydroagricoles à partir de 1967 à Sourou. Les paramètres utilisés pour cartographier le risque à l'infection à bilharzienne sont des paramètres étroitement liés à l'environnement et à la démographie. Ces différents paramètres ont été également utilisés par certains auteurs ayant abordé la même thématique. Il s'agit de:

- Kouamé [3] pour générer des cartes prédictives de risque de l'infection bilharzienne et géohelmionthiase dans la région de l'Agnéby;
- Ramanantsizehena [32] pour étudier le problème de la bilharziose à Schistosoma *mansoni* dans la sous-préfecture de Manandriana en Madagascar par télédétection et Système Information Géographique;
- Bavia [33] pour évaluer le risque de schistosomiase à Bahia (Brésil) par l'utilisation des données thermiques et d'indice de végétation de la terre par observation satellitaire.

Les différents paramètres environnementaux utilisés pour caractériser la sensibilité et la vulnérabilité à l'infection l'ont été aux moyens d'imageries satellitaires. Les meilleures images obtenues sont celles des périodes sèches de l'année où la couverture nuageuse est quasi nulle. Ainsi, le ciblage des périodes constitue une limite à une meilleure observation du paysage le long des années choisies pour l'étude.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude nous pouvons dire que la région de la Marahoué est une région à risque de contamination bilharzienne. La combinaison des différents paramètres conformément à l'écologie des hôtes intermédiaires et au mode de transmission de la pathologie nous ont permis d'identifier les potentiels zones de risque de contamination. Ces zones se concentrent autour des grandes localités de la région à savoir Bouaflé, Sinfra, Zuénoula et Bonon. Sur ces deux années d'étude, nous constatons un accroissement du risque de contamination surtout dans sa partie centrale autour de Bouaflé et Bonon. Les présomptions prévalences et les prévalences avérées enregistrées nous donnent au total 13 localités dans la zone à risque élevé et moyenne élevé soit 40,62 % contre 19 localités en zone de faible et très faible risque de contamination soit 59,38 %. Par contre nous ne pouvons véritablement spéculer sur la régression ou l'évolution du niveau de prévalence sur ces deux années.

REFERENCES

[1] PIERRE A. et GAÜZERE B. A. (2012). Les maladies liées à l'eau. Médecine tropicale, Actualité 2012, n°71, 7 p.

[2] SCIANCALEPORE S. (2003). Les maladies hydriques. RGS/AGC/SS. Revue de presse thématique, N° 27, 4 p.

[3] KOUAME A.K.D. (2010). Facteurs de répartition et essai de modélisation des bilharzioses et des géohelminthiases par des techniques de télédétection et système d'information géographique pour un développement durable dans la région de l'Agnéby. Thèse de doctorat unique, Université Felix HOUPHOUËT BOIGNY d'Abidjan, 144 p.

[4] BIOMNIS (2012). Bilharziose. Précis de biopathologie, Analyses médicales spécialisées, 3 p.

[5] ANOFEL (2014). Bilharzioses. Université Médicale Virtuelle Francophone, 25 p.

[6] N'GUESSAN A.N., GARBA A., ORSOT N. M., et N'GORAN K. E. (2014). Evaluation de la morbidité échographique de la bilharziose urinaire chez les écoliers de 6 localités autour du barrage de Taabo (Côte d'Ivoire). International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol.9 No.1, Nov. 2014, pp. 307-316.

[7] KOUAKOU L. (2007). La lutte contre les schistosomoses en Afrique de l'Ouest: Situation des schistosomoses en Côte d'Ivoire. Communications présentées à l'atelier sur les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre des programmes de lutte contre les schistosomes en Afrique de l'Ouest, Niamey-cermes, 15-18 février 2000, Edition IRD (Institut de Recherche pour le Développement), collection colloques et séminaires, Paris, 2000, pp. 197-204.

[8] CECCHI P., BALDE S., et YAPI Y. G. (2007). Mollusques hôtes intermédiaires de bilharzioses dans les petits barrages. In: CECCHI P. (ED.), LEVEQUE C. (PREF.), AUBERTIN C. (PREF.). L'eau en partage: les petits barrages de Côte d'Ivoire. Paris: IRD, 2007, pp. 175-189. (Latitudes 23). ISBN 978-2-7099-1615-8.

[9] OMS-WHO, (1987). Programme des maladies parasitaires: Atlas de la répartition global des schistosomiases: Côte d'Ivoire. CEGET-CNRS, pp.107-113.

[10] RGPH. (2014). Résultats globaux. Secrétariat Technique Permanent du Comité Technique du RGPH, 29/11/2014, 26 p.

[11] PLOUVIER S., LEROY J. C. et COLETTE J., (1975). A propos d'une technique simple de filtration des urines dans le diagnostic de la bilharziose urinaire en enquête de masse. Méd. Trop., 35, pp. 229-230.

[12] KATZ N., CHAVES A. et PELLEGRINO J. (1972). A simple device for quantitative stool thick-smear technique in Schistosomiasis mansoni. Revista do Instituto Medicina Tropical de Sao Paulo, 14, pp. 397-400.

[13] OMS (2008). Chimioprévention des helminthiases chez l'homme: utilisation coordonnée des médicaments anthelminthiques pour les interventions de lutte: manuel à l'intention des professionnels de la santé et des administrateurs de programmes. Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse, 74 p.

[14] PODA, J. N., (2007). Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta: état des lieux et perspectives. Volta Basin Focal Project Report No 4. IRD, Montpellier, France, and CPWF, Colombo, Sri Lanka, 87 p.

[15] NGONSEU E., GREER G.J. et MIMPFOUNDIR R. (1992). Dynamique des populations et infestation des Bulinus truncatus et Bulinus forskali en zone soudano-sahélienne au Cameroun. Ann Soc Belg Med Trop, 1992, 72. pp. 311-330.

[16] DIAW O.T., SEYE M. et SARR Y. (1989). Résistance à la sécheresse de mollusques du genre Bulinus vecteurs de trématodoses humaines et animales au Sénégal. I. Essais en laboratoire. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux - Vol. 2 - n °1 -, 1989. pp. 289-291.

[17] FERANDEL L. (2001). La bilharziose urinaire dans le monde aspect épidémioloqique. Thèse de doctorat. Université Henri Poincare - Nancy 1, 113 p.

[18] NESRINE C. (2015). Techniques d'observation et méthodes d'analyse pour la gestion de l'eau dans les bassins versants agricoles méditerranéens: Méthodes de classification pour la cartographie de l'occupation du sol. École d'hiver, INAT, Tunisie du 2 au 6/03/2015, 62 p.

[19] BARTHOLOMÉ E. (1997). Le graphique « binormalisé»: un outil d'étalonnage des indices de végétation- application aux cultures sahéliennes. Télédétection et cartographie. Éd. AUPELF-UREF. Les Presses de l'Université du Québec, 1993, p. 187-201.

[20] DJUIKWO N.F.F. (2011). Bulinus globosus et B. truncatus (Gastropoda: Planorbidae): variabilité génétique et implications dans la transmission de Schistosoma haematobium au Cameroun. Thèse de doctorat préparée en cotutelle. Université de Limoges/Université Yaoundé-Cameroun. 120 p.

[21] SARR A., KINZELBACH R.et DIOUF M. (2011). Diversité spécifique et écologie des mollusques continentaux de la basse vallée du Ferlo (Sénégal). Malaco (2011) 7, pp. 383-390.
[22] SALEY M. B., DANUMAH J. H., KANOHIN F. EPSE O., SOROKOBY V. M., ATCHEREMI D., DENEAN S. P., KOUAME F. K. et DJAGOUA V. E. (2013). Méthodologie pour la cartographie des zones vulnérables à l'inondation par système d'information géographique et analyse multicritère: application au bassin versant de la Davo à Sassandra (sud-ouest de la Côte d'Ivoire). Africa Geoscience Review, Vol. 20, No.1, 2, pp. 21-34.
[23] SAATY, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority setting. Resource allocation. Mc Graw-Hill, New York, 287 p.
[24] SALEY M.B. (2003). Système d'Information Hydrogéologique à Référence Spatiale, discontinuités pseudo images et cartographie thématique des ressources en eau de la région semi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université de Cocody, Abidjan, 211 p.
[25] LOUGA G. R. (2014). Cartographie des facteurs environnementaux gouvernant la prolifération des vecteurs du paludisme et le risque de transmission associe dans les localités de Bonoua et d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Mémoire de Master de Recherche, Université Félix HOUPHOUET BOIGNY d'Abidjan-Cocody, 64 p.
[26] DONIMIQUE K. (2011). Concept d'aléa, de vulnérabilité, de risque et de catastrophe. 15e Ecole d'été en évaluation environnementale, Douala-Cameroun, 04-09 /09/2011. 14 p.
[27] POTTIER N. (1998). L'utilisation des outils juridiques de prévention des risques d'inondation: évaluation des effets sur l'homme et l'occupation des sols dans les plaines alluviales (application à la Saône et à la Marne). Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Spécialité Sciences et Techniques de l'Environnement, 582 p.
[28] DAUPHINÉ A. (2001). Risques et catastrophes: Observer, spatialiser, comprendre, gérer. Edit. Armand COLIN, Paris, 287 p.
[29] VAMI H. N. B., SALEY B., SOULEYE W., DJAGOUA E. V., KOUAME F. et AFFIAN K. (2014). Cartographie du risque d'inondation par une approche couplée de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques (SIG) dans le département de Sinfra (centre-ouest de la Côte d 'Ivoire). European Scientific Journal January 2014 edition vol.10, No.2 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e – ISSN, pp.1857- 7431.
[30] SANGHO H., DABO A.; SANGHO O., DIAWARA A., DOUMBO O. (2005). Prévalence et perception de la schistosomose en zone de riziculture irriguée au Mali. Mali Médical (2005), T XX, N° 3, pp. 15-20.
[31] PODA J. N., TRAORE A., SONDO B. K. (2004). L'endémie bilharzienne au Burkina Faso. Bull Soc Pathol Exot, 2004, Vol. 97, N°1, pp. 47-52.
[32] RAMANANTSIZEHENA P. et RAMIRANIRINA B. (2004). Les risques sanitaires: Epidémiologie, Système d'Information Géographique et Télédétection: le cas de la bilharziose à Schistosoma mansoni dans la sous-préfecture de Manandriana, Madagascar. Xèmes Journées Scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUF, Géorisques et télédétection Ottawa, Canada 24 - 29 mai 2004, pp. 125-135.
[33] BAVIA M.E., MALONE J.B., HALE L., DANTAS A., MARRONI L., REIS R. (2001). Use of thermal and vegetation index data from earth observing satellites to evaluate the risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil. Acta Tropica, 79 (2001), pp. 79–85.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 428-436
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effets de trois types de fumures organiques sur les paramètres agro-morphologiques du niébé cultivé au Burkina Faso

[Effects of three types of organic manure on the agro-morphological parameters of cowpea grown in Burkina Faso]

Zeya KABORE[1], Sibiry Albert KABORE[1], Razacswendé Fanta OUEDRAOGO[2], Adama Pascal KIHINDO[2], Edmond DONDASSE[2], Aristide SILGA[1], Romeo Hugues BAZIE[2], Dayéri DIANOU[3], and Gérard ZOMBRE[2]

[1]Centre Universitaire de Tenkodogo, Université Thomas SANKARA, 12 BP 417 Ouagadougou 12, Burkina Faso

[2]Unité de Formation et Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

[3]Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, 03 BP 7047, Ouagadougou, Burkina Faso

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

ABSTRACT: Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), a legume with high nutritional value, is widely consumed by West African populations. In Burkina Faso, its yields in rural areas are relatively low due in particular to the perpetuation of old farming methods and especially the low level of soil fertility. The study aims to evaluate the effect of three types of organic manure on the agro-morphological parameters of cowpea. An experimental design in completely randomized blocks with four treatments (T0 = control without organic manure; T1 = cattle dung; T2 = poultry droppings; T3 = sheep dung) and four repetitions was used. The results showed that the weight of 100 seeds did not vary under the influence of the types of fertilizers compared to the control treatment. However, the total number of seeds produced per plant was significantly higher ($p<0.001$) under the T2 treatment (102±3 seeds). As for the T1 and T3 treatments, they led to the lowest values of this parameter (respectively 69±4 and 65±4 seeds).

KEYWORDS: Dung, seed, droppings, yield, *Vigna unguiculata*.

RESUME: Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), légumineuse à haute valeur nutritionnelle est très consommée par les populations ouest-africaines. Au Burkina Faso, ses rendements en milieu paysan sont relativement faibles du fait notamment de la perpétuation d'anciennes méthodes culturales et surtout du bas niveau de fertilité des sols. L'étude menée a pour objectif d'évaluer l'effet de trois types de fumures organiques sur les paramètres agro-morphologiques du niébé. Un dispositif expérimental en blocs complètement randomisés avec quatre traitements (T0 = témoin sans fumure organique; T1 = bouse de bovin; T2 = fiente de volaille; T3 = crottin de mouton) et quatre répétitions a utilisé. Les résultats ont montré que le poids de 100 graines n'a pas varié sous l'influence des types de fertilisants par rapport au traitement témoin. Cependant, le nombre total de graines produites par plante a été significativement le plus élevé ($p<0,001$) sous le traitement T2 (102±3 graines). Quant aux traitements T1 et T3, ils ont conduit aux plus faibles valeurs de ce paramètre (respectivement 69±4 et 65±4 graines).

MOTS-CLEFS: Bouse, grain, fiente, rendement, *Vigna unguiculata.*

Corresponding Author: Zeya KABORE

1 INTRODUCTION

Le niébé (*Vigna unguiculata* [L.] Walp), est une importante légumineuse à graines des régions tropicales et subtropicales. C'est notamment l'Afrique sub-saharienne qui assure la quasi-totalité de sa production mondiale. La plante est cultivée sur environ 14 millions d'hectares pour une production de plus de 4,5 millions de tonnes/an ([1]). Au Burkina Faso, le niébé est l'une des spéculations ciblées en premier lieu par la politique agricole de soutien à la production ([2]). En effet, son importance capitale survient dans le domaine alimentaire du fait de sa forte teneur en protéines avoisinant 20 à 35% de masse sèche du grain ([3]). Sur le plan cultural, le niébé est associé aux systèmes de rotation et d'association culturales permettant ainsi d'enrichir les sols grâce à sa capacité de fixation et de transformation de l'azote atmosphérique en azote minéral au bénéfice des cultures céréalières ([4]).

L'accroissement des rendements des cultures vivrières en Afrique de l'Ouest semi-aride dépend fortement de l'amélioration durable de la fertilité des sols soumis aux cultures répétées et aux modifications édaphiques liées aux changements climatiques. Par exemple au Burkina Faso, les sols agricoles subissent annuellement une baisse considérable du taux de matière organique, une dégradation du complexe argilo-humique et une acidification du sol ([5]). L'amendement en fumure organique pourrait être un moyen de correction de la fertilité des sols et d'amélioration des rendements s'il est judicieusement choisi et appliqué. De nombreuses études ont montré l'impact positif de la fumure organique sur la fertilité des sols et les rendements des cultures, mais très peu se sont intéressées spécifiquement à son effet sur la productivité du niébé. Aussi, la valorisation de la fumure organique locale s'avère nécessaire pour de meilleures campagnes sans intrant chimique au sol. C'est dans l'optique d'utilisation de la fumure organique pour une productivité durable du niébé que s'inscrit le présent travail dont l'objectif général est d'évaluer l'effet de trois types de fumures organiques sur les paramètres morphologiques et agronomiques du niébé. Il s'agit spécifiquement d'évaluer:

- L'effet de la fumure organique sur les paramètres morphologiques du niébé;
- L'effet de différents types de fumure organique sur les paramètres de productivité du niébé.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

L'étude a été conduite dans la commune rurale de Saaba dans la région du centre du Burkina Faso. Située au Nord-Est de la commune urbaine de Ouagadougou avec laquelle elle est limitrophe, elle est bordée à l'Ouest par la forêt classée de Gonsé, traversée au Sud par la rivière du Massili et au Nord par la route nationale 4 (RN4) ([6]). La commune de Saaba est localisée par les coordonnées géographiques de latitude 12.3769, de longitude -1.42083 12° 22' 37" Nord, 1° 25' 15" Ouest, à 302 m d'altitude (Figure 1).

Sur l'année, la température moyenne à Saaba est de 28,1°C et les précipitations sont en moyenne de 933,5 mm ([7]).

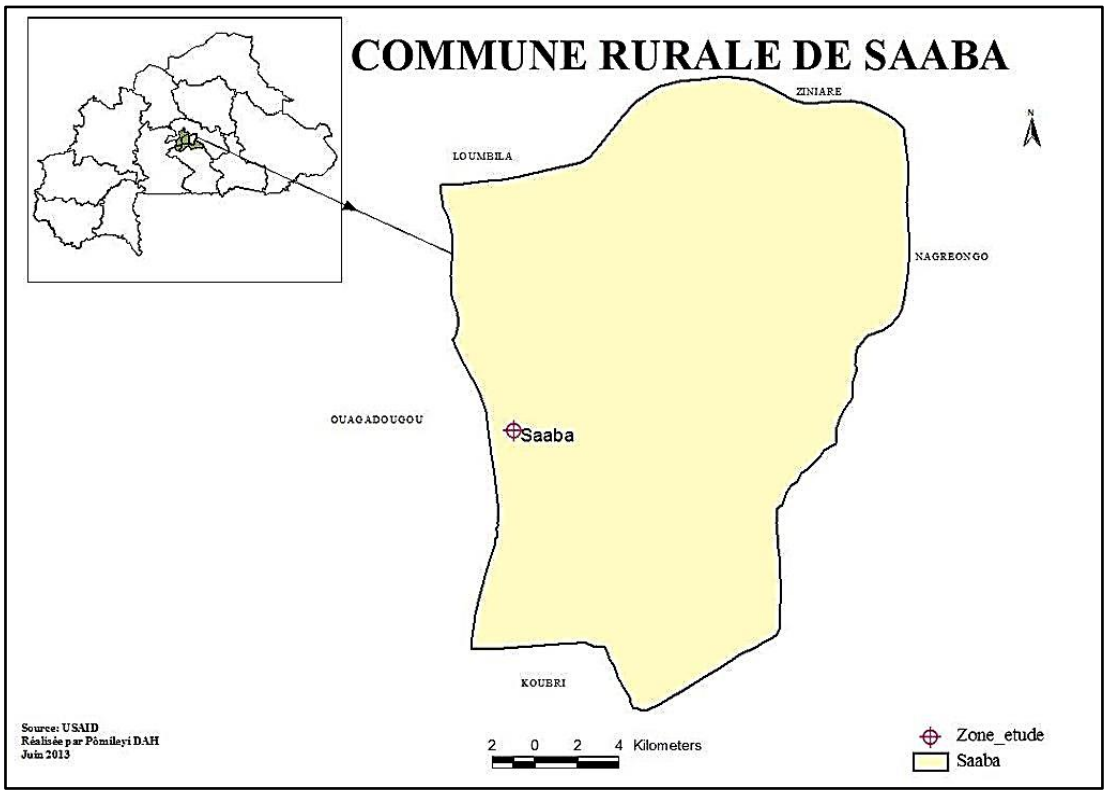


Fig. 1. Carte de localisation la commune rurale de Saaba ([8])

2.2 MATÉRIEL

Le matériel végétal utilisé est le niébé de la variété Komcallé. C'est une variété développée par l'Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso. Le choix de la variété s'explique par sa précocité et sa résistance à la sécheresse, aux insectes, aux moisissures et au Striga. Le tableau 1 présente les caractéristiques agronomiques de cette variété de niébé.

Tableau 1. Caractéristiques agronomiques de la variété de niébé utilisée

Paramètres agronomiques	Valeurs/caractéristiques
Variété	Komcallé
Type de plante	Semi érigé
Zone agro écologique d'adaptation	≥400 mm
Groupe maturité	Précoce
Cycle semi-maturité	60 jours
Rendement potentiel	1600 Kg/ha
Couleur grain	Blanche
Vigueur à la levée	Assez bonne
Résistance à la sécheresse	Tolérante
Résistance aux insectes	Tolérante
Résistance aux moisissures	Tolérante
Résistance au Striga	Tolérante

Source ([9]).

2.3 MÉTHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental est en blocs complètement randomisés avec quatre (04) traitements et quatre (04) répétitions ou blocs. Les traitements sont: T0 ou traitement témoin sans fumure; T1 ou fertilisation à la bouse de bovin; T2 ou fertilisation à la fiente de volaille et T3 ou fertilisation au crottin de mouton. Les fumures organiques en Fig.2 ont été utilisées pour la fertilisation. Chaque bloc est constitué de quatre (4) parcelles élémentaires et Chaque parcelle élémentaire porte quatre (04) lignes de 1,6 mètres de long chacune. Chaque ligne comporte quatre (04) poquets distants deux à deux de 0,40 m. la distance entre les lignes est de 0,50 m, entre les parcelles de 0,40 m et entre les blocs de 0,50 m.

2.3.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL

L'analyse granulométrique d'un échantillon de sol du site d'étude analysé par le BUNASOL (Bureau National des Sols), indique une composition d'argile de 13,73%, de limons de 41,21% et de sables de 45,1%. Les sols ont donc une texture sablo-limoneuse. Les caractéristiques physico-chimiques du sol sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques physicochimiques du sol du milieu d'étude

Prof. (cm)	pH-eau	C tot (%)	N tot (%)	C/N	P tot (ppm)	P ass (ppm)	K tot (ppm)
0-30	5,82	0,693	0,056	12	91	6,73	771,17

Légende: *prof.: profondeur; C tot: Carbone total; N tot: Azote total; P tot: Phosphore total; P ass: Phosphore assimilable; K tot: Potassium total*

2.3.3 TRAVAUX CULTURAUX

Un labour du sol a été effectué avec une charrue à traction animale puis à la houe pour le désherbage et la préparation des semis le 28 Juillet 2021. Les semis ont été réalisés le 30 juillet à raison de cinq graines par poquet. Ensuite chaque parcelle a été délimitée à l'aide de piquets et d'un rayonneur.

Après la levée, un premier démariage a été effectué le 10 Août, soit 12 JAS laissant 2 plantes par poquet, puis un deuxième démariage a été effectué le 19 Aout soit 21 JAS pour n'avoir au final qu'une seule plante par poquet.

Un traitement phytosanitaire des plants a été fait au stade végétatif en utilisant des extraits de *Azadirachta indica* (Neem), de piment et d'ail à 27 JAS afin de repousser les insectes.

Les différents types de fumures organiques (Figure 2) ont été apportés aux plantes à raison de 45 g par poquet tous les 15 jours.

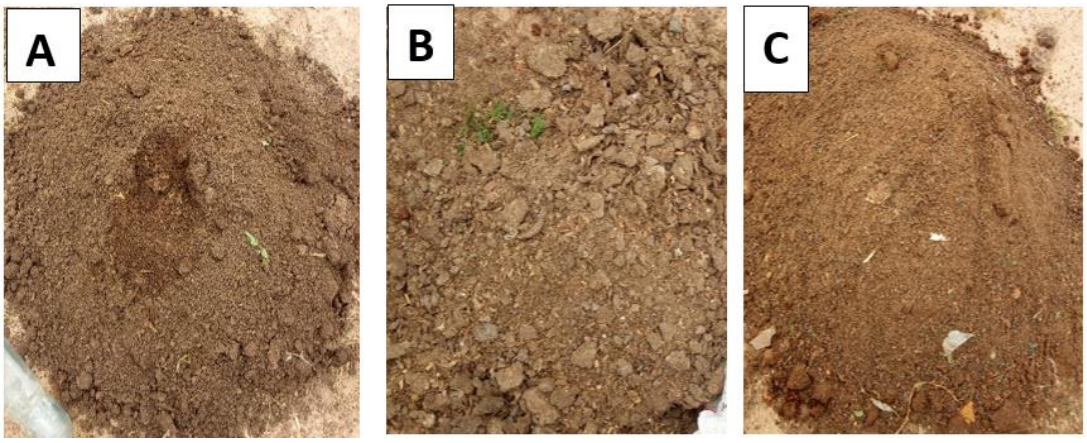


Fig. 2. Différentes fumures organiques appliquées ([10])
A= Bouse de bovin; B= Fiente de volaille; C= Crottin de mouton

2.3.4 PARAMÈTRES OBSERVÉS ET MÉTHODES DE MESURES

Tout au long du cycle de développement de plantes, les paramètres morphologiques observés sont: le nombre de feuilles, la hauteur des plants, le diamètre au collet et le nombre de ramification de plantes

Ces paramètres de croissance ont été relevés à trois reprises avec un intervalle de 15 jours entre les mesures. Le nombre de feuilles et de ramifications ont été déterminés par comptage, tandis que le mètre à ruban a été utilisé pour mesurer la hauteur et un pied à coulisse pour la mesure du diamètre au collet des plantes tout au long de leur cycle de développement

Pour la détermination de la biomasse, le sol a été creusé à une profondeur de 40 cm pour enlever les racines des plantes. Après avoir éliminé le substrat de culture par trempage du système racinaire dans l'eau, une section au niveau du collet a été réalisée afin de séparer la partie aérienne et la partie souterraine de chaque plante. Les échantillons ont d'abord été séchés au soleil, puis à l'étuve pendant 24 h à 60°C avant d'être pesés pour obtenir le poids sec de chaque partie.

Comme paramètres agronomiques, il s'agit du nombre de gousses, du poids sec des gousses, du nombre de graines et du poids de 100 graines par plante.

La maturité du niébé se faisant de façon progressive ((Figures 3A et 3B), les gousses ont été récoltées de façon progressive jusqu'à obtenir la totalité des gousses. En fin d'essai, après la récolte, les gousses ont été mises à sécher pendant une semaine.

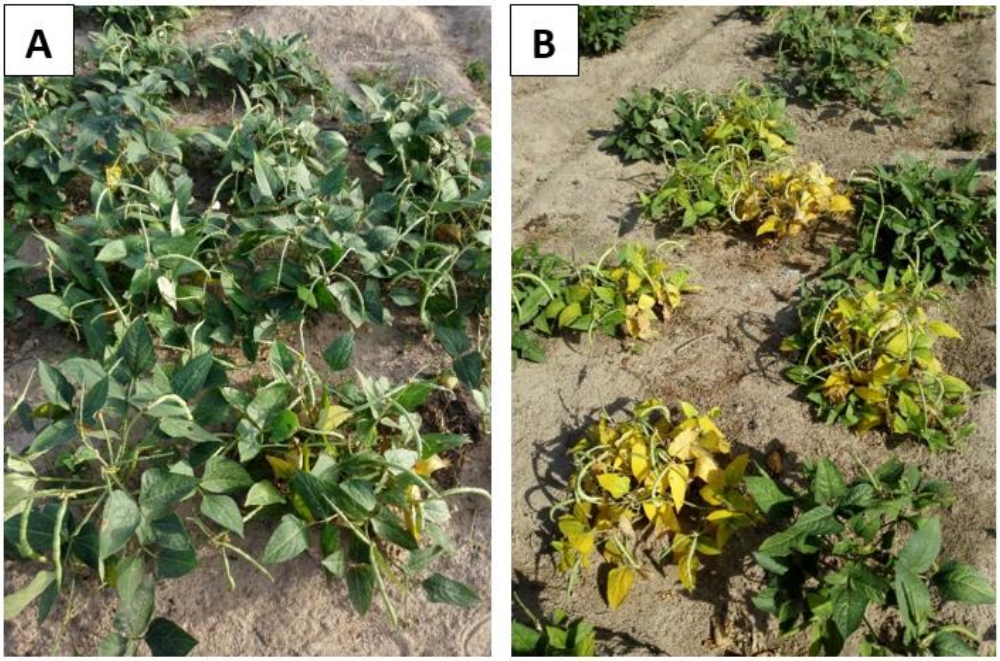


Fig. 3. Plantes de niébé au champ ([10])
A: Au stade de formation des gousses; B: Au stade de maturité

Au laboratoire, les gousses ont été pesées pour obtenir leur poids sec; elles ont ensuite été décortiquées pour obtenir les graines du niébé. Cent (100) graines ont été aléatoirement choisies puis pesées pour obtenir leur poids. Toutes les pesées ont été faites à l'aide d'une balance électronique de précision 0,0001 de marque TAMSON.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les données recueillies ont été d'abord saisies sur le tableur Excel qui a servi au calcul des moyennes des paramètres selon les traitements. Les moyennes ont ensuite été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel Genstat. Lorsque des différences significatives ont été trouvées, les comparaisons de moyennes ont été faites à l'aide du test de Newman Keuls au seuil de 5%.

3 RESULTATS

3.1 PARAMÈTRES MORPHOLOGIQUES EN FONCTION DU TYPE DE FUMURE ET/OU L'ÂGE DES PLANTES

En fonction du type de fumure, l'analyse de variance montre que les traitements aux fumures organiques n'ont pas eu d'effet significatif sur les tous paramètres morphologiques (Tableau 3).

En fonction de l'âge, on note qu'à 50 JAS, les valeurs sont les plus élevées et les plus basses sont à 20 JAS. L'analyse de variance révèle des différences hautement significatives (p<0,001) pour tous les paramètres.

En considérant l'âge des plantes et le type de fumure on n'observe pas de différences significatives entre les paramètres.

Tableau 3. Comparaison des paramètres morphologiques en fonction du type de fumure et/ou l'âge des plantes

Facteur / Paramètre			HP	NF	DC	NR
Fumure		T0	14,48±3,63**a**	15,45±10,76**a**	4,97±1,84**a**	2,54±1,82**a**
		T1	16,83±5,62**a**	17,52±12,50**ab**	4,82±1,67**a**	2,66±1,89**a**
		T2	15,52±3,12**a**	17,54±11,20**ab**	4,90±1,46**a**	2,75±1,94**a**
		T3	18,09±5,49**a**	19,70±13,65**b**	4,99±1,55**a**	2,87±2,03**a**
		p	0,871	0,988	0,999	0,998
Age (JAS)		20	10,37±0,64 **a**	2,84±0,17 **a**	2,86±0,15**a**	0,00±0,00 **a**
		35	17,27±1,34 **b**	17,58± 2,12**b**	5,07±0,17**b**	3,94±0,31 **b**
		50	21,05±2,85 **c**	32,25±2,78 **c**	6,84±0,21**c**	4,19±0,08 **b**
		p	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
Age (JAS) X Fumure	20	T0	09,64±2,16**a**	2,68±0,54 **a**	2,64±0,33**a**	0,00±0,00 **a**
		T1	09,83±1,09**a**	2,75±0,00 **a**	2,78±0,31**a**	0,00±0,00 **a**
		T2	11,13± 1,40**a**	3,12±0,13 **a**	3,02±0,05**a**	0,00±0,00 **a**
		T3	10,88±1,80 **a**	2,81±0,27 **a**	2,97±0,28**a**	0,00±0,00 **a**
		p	0,628	0,357	0,313	1,00
	35	T0	15,40±3,44 **a**	14,68±3,88 **a**	5,12±1,39**a**	3,50±0,83 **a**
		T1	17,08±3,77 **a**	16,50±3,58**a**	4,79±0,94**a**	3,81±0,65 **a**
		T2	17,40± 3,55**a**	19,06±2,77**a**	5,09±0,22**a**	4,12±0,38 **a**
		T3	19,18±5,46 **a**	20,06±5,82**a**	5,26±0,60**a**	4,31±0,78 **a**
		p	0,742	0,414	0,932	0,504
	50	T0	18,38±2,73 **a**	29,00±2,31 **a**	7,15±1,64**a**	4,12±0,22 **a**
		T1	23,58±11,95 **a**	33,31±9,67 **a**	6,89±1,61**a**	4,19±0,48 **a**
		T2	18,04±2,20 **a**	30,43±5,70 **a**	6,59±0,31**a**	4,12±0,57 **a**
		T3	24,20±9,28 **a**	36,25±13,80**a**	6,73±1,25**a**	4,31±0,37 **a**
		p	0,664	0,760	0,959	0,943

NB: Dans une même colonne, les valeurs qui portent les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.
Légende: T0=sans fumure organique; T1=bouse de vache; T2=fiente de volaille; T3=crottin de mouton; HP=hauteur des plantes; NF=nombre des feuilles; DC=diamètre au collet; NR: nombre de ramification; JAS= jours après semis; p=probabilité.

3.2 BIOMASSES SÈCHES AÉRIENNE ET SOUTERRAINE SELON LE TYPE DE FUMURE

La figure 4 illustre l'effet des traitements sur les biomasses sèches aérienne et racinaire. Les plantes soumises aux traitements T1 et T2 ont produit plus de biomasses sèches aérienne et souterraine; sous les traitements T0 et T3 les biomasses ont été équivalentes et les plus faibles (p<0,001; Figure 4).

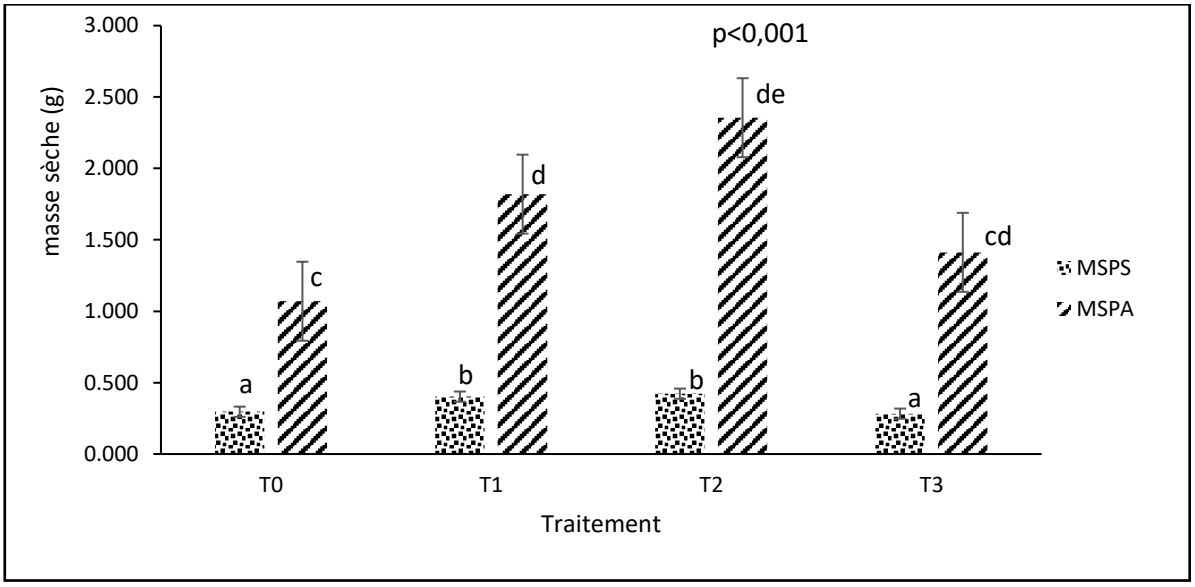


Fig. 4. Biomasses sèches aérienne et souterraine suivant le type d fumure

Légende: T0 = sans fumure organique; T1= bouse de vache; T2 = fiente de volaille; T3 = crottin de mouton; MSPS: masse sèche de la partie souterraine; MSPA: masse sèche de la partie aérienne;

3.3 PARAMÈTRES AGRONOMIQUES EN FONCTION DU TYPE DE FUMURE

Le tableau 4 présente le rendement en gousses et graines par plante du niébé pour chaque traitement. Exception faite du poids de 100 graines (p = 0,270), les traitements ont eu des effets significatifs sur les paramètres NGs, PSGs, et NTGrn (p= 0,047 et p<0,001; Tableau 4). Le nombre de gousses (NGs) par plante a été le plus élevé sous le traitement T2 (15 gousses±3) et le plus faible sous le traitement T1 (10 gousses±1). Des valeurs intermédiaires ont été obtenues sous T0 et T3.

Pour le nombre total des graines (NTGrn), les plantes sous T2 ont donné des graines plus nombreuses que celles obtenues sous T0. Cependant, sous T1 et T3, le nombre de graines a baissé comparativement à la condition témoin T0 avec le plus faible nombre sous T3 (p<0,001; Tableau 4).

Tableau 4. Rendements en gousses et en graines par plante du niébé en fonction du type de fumure

Paramètres / Traitement	NGs	PSGs (g)	NTGrn	Pds 100 Grn (g)
T0	12±1**ab**	17,36±3,65**ab**	85±4**b**	4,14±0,10**a**
T1	10±1**a**	14,29±2,43**a**	69±4**a**	4,21±0,12**a**
T2	15±3**b**	22,48±4,20**b**	102±3**c**	4,51±0,14**a**
T3	13±2**ab**	15,81±2,91**ab**	65±4**a**	4,88±0,20**a**
p	**0,047**	**<0,001**	**<0,001**	0,270

NB: Dans une même colonne, les valeurs qui portent les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.
Légende: T0 = sans fumure organique; T1 = bouse de bovin; T2 = fiente de volaille; T3 = crottin de mouton; NGs: nombre de gousses; PSGs: poids sec des gousses; NTGrn = nombre total des graines; Pds 100 Grn: poids de 100 graines; p = probabilité.

4 DISCUSSION

4.1 EFFET DES DIFFÉRENTES FUMURES ORGANIQUES SUR LES PARAMÈTRES MORPHOLOGIQUES EN FONCTION DU TYPE DE FUMURE ET/OU L'ÂGE DES PLANTES

Les résultats obtenus au cours de cette étude révèlent que le type de fumure n'a pas eu d'effet significatif sur les paramètres morphologiques du niébé durant tout le cycle. L'effet non significatif des traitements sur les paramètres peut bien s'expliquer par une faible minéralisation des différentes fumures organiques appliquées. En effet, la fumure organique est valorisée à long

terme et prend du temps à se minéraliser d'où un résultat peu satisfaisant en première année. Selon [5], aucun effet significatif des traitements organiques n'apparait en première année d'application; par contre, un effet positif et significatif est observé l'année suivante. Pourtant, [11] ont montré que l'application de la fumure organique à base de la fiente de volaille et la bouse de bovin a un effet positif sur les paramètres de croissance et de rendement des légumineuses.

Selon l'âge des plantes, l'analyse de variance révèle des différences hautement significatives pour tous les paramètres morphologiques. L'on note par ailleurs une croissance exponentielle du nombre de feuilles du 20ème JAS au 50ème JAS. Ceci dénote une bonne croissance foliaire et un développement normal des plantes durant tout le cycle. Cela pourrait s'expliquer par une élévation de la température durant cette période qui aurait favorisé une bonne production des feuilles du niébé. La référence [12] a montré que des températures élevées autour des racines et une combinaison d'air extérieur chaud et sec ont eu de multiples effets sur la croissance et le développement de tous les cultivars de niébé, entraînant une augmentation de la production de feuilles.

4.2 EFFET DES DIFFÉRENTES FUMURES ORGANIQUES SUR LA BIOMASSE SÈCHE AÉRIENNE ET SOUTERRAINE DES PLANTES

En termes d'effet sur la biomasse aérienne et souterraine du niébé, les analyses de variance révèlent des différences significatives (au seuil de 5%). Cependant, on note que les parcelles témoins (T0) non fertilisées ont affiché une faible quantité de biomasse aérienne et souterraine par rapport aux parcelles traitées par la fumure organique. En plus, la fiente de volaille (T2) a favorisé une bonne production de biomasse par rapport aux autres fumures Ces résultats sont en accord avec les travaux de [13] et [14], qui ont montré que l'application de la fumure organique à base de déchets animaux affectait positivement la croissance de la biomasse aérienne et souterraine. Dans notre cas, cela serait lié à une disponibilité des éléments minéraux contenus dans la fumure organique notamment le phosphore, en raison de leur faible libération ou peut-être par une faible dose appliquée. Selon [15], l'apport localisé de la fumure permettrait d'améliorer les propriétés physico-chimiques de la zone racinaire du niébé et rendrait facile l'accès de la plante aux éléments minéraux nécessaires à sa croissance et à son développement.

4.3 EFFET DES DIFFÉRENTES FUMURES ORGANIQUES SUR LE RENDEMENT EN GOUSSES ET GRAINES

Les différents traitements avec la fumure organique ont eu des effets significatifs sur le nombre de gousses (NGs), le poids sec des gousses (PSGs) et le nombre total des graines (NTGrn). Les meilleurs rendements ont été enregistrés avec les traitements T2 (fiente de volaille) et T3 (crottin de mouton). La fumure organique a dû mettre du temps à se décomposer et libérer les nutriments nécessaires à la formation des graines. Nos résultats sont conformes à ceux de [11], qui montrent que l'apport de la fumure organique favorise une meilleure production en graines et gousses. La fumure organique augmente également le rendement des légumineuses selon [16]. Cependant, on constate une hausse de rendement avec le témoin T0 (sans fumure organique) par rapport à T1 (bouse de vache). Selon [17], cela pourrait s'expliquer par le fait que dans les conditions naturelles, un sol peut ne pas être certainement homogène et peut être plus fertile par endroit.

La fumure organique a donc une capacité d'améliorer le développement des paramètres morphologiques (taille, feuille, ramification) et agronomiques (gousses, graines par gousse et poids de 100 graines) constituant des variables déterminantes pour la prédication du rendement chez le niébé. Pendant que le crottin de mouton améliore significativement les paramètres morphologiques, la fiente de volaille quant à elle augmente significativement la biomasse sèche aérienne et souterraine ainsi que le rendement en gousses et en graines.

5 CONCLUSION

Cette étude a testé l'effet de trois (3) types de fumures organiques sur les paramètres morphologiques et agronomiques du niébé au champ. Nos résultats montrent que les traitements ont eu un impact positif sur l'évolution des paramètres morphologiques de même que sur le rendement agronomique (gousses et graines). Le crottin de mouton a donné les meilleures moyennes sur les différents paramètres morphologiques du niébé tout le long du cycle par rapport aux autres fumures; pourtant les analyses de variances montrent qu'il n'y a pas eu d'effet significatif au seuil de 5%. La fiente de volaille quant à elle, a eu beaucoup plus d'effet positif sur le développement de la biomasse aérienne et souterraine avec un meilleur rendement en gousses et graines. La bouse de vache n'a pas eu d'effet sur les différents paramètres du niébé durant tout le cycle. Les différents types de fertilisants organiques ont un avantage direct dans le système agricole aussi bien qu'environnemental; le type de fumure le mieux adapté pour accroitre la productivité du niébé est la fiente de volaille. La fumure organique permettrait d'éviter la pollution du sol et de l'eau de façon durable, permettrait également d'accroitre le rendement en graines et biomasse du niébé en assurant surtout une bonne qualité des produits. Au regard des différents

résultats obtenus sur l'évolution des paramètres et le rendement du niébé, nous pouvons recommander aux producteurs d'utiliser la fumure organique surtout la fiente de volaille car, cela pourrait non seulement restaurer le sol et ses composants, mais aussi accroitre le rendement en graines, en fourrage et maintenir la biodiversité.

REFERENCES

[1] H. Ishikawa, I. Drabo, S. Muranaka et O. Bo, *Guide pratique sur la culture du niébé pour le Burkina Faso,* Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), 32p. 2013.

[2] M. Dabat, R. Lahmar et R. Guissou, La culture du niébé au Burkina Faso: une voie d'adaptation de la petite agriculture à son environnement ? Dans Autrepart no. 62, pp. 95-114, 2012.

[3] G.A. Semako, K. Aboudou, O.K. Chatigre, P.S.M. Noukpozounkou et M.M. Soumanou, Optimisation *in vitro* de l'efficacité des biopesticides dans la lutte contre les principaux ravageurs du niébé par la méthode des surfaces de réponse. Université d'Abomey, Département de Génie de Technologie Alimentaire. Université Félix Houphouët Boigny, Centre d'Excellence Africain sur les Changements Climatiques, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD), Abidjan, Cote d'Ivoire, vol. 15, no. 1, pp. 41-53, 2012.

[4] Y.I. Dudje, O.L. Omoigui, F. Ekelem, Y.A. Kamara et H. Ajeigbe, Production du niébé en Afrique de l'Ouest: guide du paysan. Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, Nigéria, 20 p. 2009.

[5] W. Sanou, Effets de la fertilisation organo- minérale sur le rendement du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) et les paramètres chimiques du sol en situation réel de culture à l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur de développement rural, Institut du Développement Rural (IDR): Université polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso, 72p. 2016.

[6] BT Sankara, Variabilité climatique et gestion des ressources naturelles. Cas de la forêt classée et réserve partielle de faune de Gonsé au Burkina Faso, Maitrise en géographie (master): Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 94p. 2010.

[7] https://planificateur.a-contresens.net/afrique/burkina_faso/centre/saaba/2356157.html consulté le 19/02/2022.

[8] P. Dah, Contribution à la gestion durable des boues de vidange de la commune rurale de Saaba. Mémoire de Master en Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, option: Eau et Assainissement, Burkina Faso, 82p. 2013.

[9] http://www.fagri-burkina.com/index.php/semences-de-grandes-cultures/niebe consulté le 06/03/2022.

[10] A. Silga, Effet de trois types de fumure organique sur les paramètres morphologiques et agronomiques du niébé cultivé dans la région du centre. Mémoire de fin de cycle de Licence professionnelle en Production Végétale et Agronomie, CU-Tenkodogo, Université Thomas SANKARA, Burkina Faso, 37p. 2022.

[11] F.Y. Kouassi, A.G. Gbogouri, A.K. N'guessan, A. Bilgo, T.K. Pascalangui et J.T. Ama, Effets de fertilisants organique et organo- minéral à base de déchets de végétaux et animaux sur la croissance et le rendement du soja (*Glycine max* (L.) MERRILL) en zone de savane de Cote d'Ivoire. *Agronomie Africaine* vol. 31, no.1, pp. 1–12, 2019.

[12] AP. Kihindo, R.H. Bazié., R.F. Ouédraogo, P.P. Somé, G. Zombré et K. Tozo, Effets de la date de semis et du régime hydrique sur la réponse agromorphologique de deux variétés de niébé (KN1 et KVX 61-1) au Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol.12, no.3, pp. 564-573, 2015.

[13] E. Ouédraogo et E. Hien, Effets d'un compost enrichi par des spores du clone *trichoderma harzianum* (rifaï) sur le rendement du niébé et du maïs sous abris au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences,* Vol. 9, no. 3, pp. 1330-1340, 2015.

[14] A. Dabré, E. Hien, D. Somé et J.J. Drevon, Impact des pratiques culturales sur la production du sorgho (*Sorghum bicolor* L.) et du niébé (*Vigna unguiculata* (L). Walp.) et sur le bilan partiel de l'azote sous niébé au Burkina Faso. Bureau national des sols, Ouagadougou, Burkina Faso, Vol.10, no.5, 2215-2230, 2016.

[15] K.H. Kaboré, Effet de microdosage de la fumure organo- minérale sur la dynamique de *macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., agent causal de la pourriture charbonneuse du niébé. Mémoire Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN), Institut du Développement Rural (IDR): Université polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso, 47p. 2013.

[16] A.F. Kouelo, A. Azontonde, P. Houngnandan et S.A.O. Gangnon, Effets de la fertilisation organique et minérale sur la productivité de la lentille de terre [*Macrotyloma geocarpum* (Harms)] au centre du Bénin, Laboratoire de Microbiologie des Sols et d'Ecologie Microbienne (LMSEM/UAC) et Centre de Recherche Agricole d'Agonkanmey, Institut National de Recherche Agricoles du Bénin (CRA-A/INRAB), pp 72-102, 2015.

[17] D. Diallo, Z. Tamini, B. Barry et O.A. Faya, Effets de la fumure organique sur la croissance et le rendement du riz NERICA 3 (WAB 450 IBP 28HB). Département d'agriculture, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire (ISAV) de Faranah, République de Guinée, Vol.4, no.6, pp. 2017-2025, 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 437-445
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analysis of cross-border transhumance of cattle in the department of Ouangolodougou

Brou Gboko Konan Gatien[1], Soro Soronikpoho[1], Outtara Nouplé Assetou[1], Coulibaly Donakpo[2], and Diomande Dramane[3]

[1]Laboratoire de Biologie, de Production et de Santé Animale, Institut de Gestion Agropastorale (IGA), Université Peleforo Gon Coulibaly (UPGC), Korhogo, Côte d'Ivoire

[2]Cabinet vétérinaire SANIVET du Tchologo, Ouangolodougou, Côte d'Ivoire

[3]Laboratoire des Sciences et Gestion de l'Environnement (SGE), Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The management of pastoral resources is today a real challenge for the West African sub-region, particularly in the north of Côte d'Ivoire. To help improve their exploitation, this study was carried out in the Department of Ouangolodougou. The objective of this is to carry out an analysis of cross-border transhumance in the said locality. To achieve this, a survey was conducted among the various stakeholders involved in the beef industry in this locality. The results showed that transhumant herders are mainly men of Peulh origin whose age range varies between 18 and 40 years (68%). They are mostly illiterate (97.33%) and experienced (6 to 15 years of experience). Zebus are the highest breed (37.33%). Heifers and bull calves make up the majority of the herd with 25.33% respectively. The small transhumance leaves from June to November and the large one takes place between November and May. The reasons for livestock mobility remain the lack of water (48.67%) and pasture (51.33%). The consequences of cross-border transhumance are crop damage and farmer-herder conflicts. Added to this is soil fertilization. The constraints of cross-border transhumance are the absence of passage corridors and rest areas. However, several measures have been taken by the State of Côte d'Ivoire to support cross-border transhumance.

KEYWORDS: Cross border transhumance, cattle, conflict, grazing, Ouangolodougou.

1 INTRODUCTION

In sub-Saharan Africa, livestock farming is an economic, social and cultural agricultural activity. In the Sahelian countries, livestock products account for 10 to 20% of the Gross Domestic Product (GDP) and sometimes up to 50% of export resources. The place of livestock farming in rural areas is even more decisive, with 47% of rural households carrying out livestock farming resources [1].

In West Africa, the cattle breeding system is mainly extensive and transhumant. The spatio-temporal variability of rainfall in these environments makes the availability of food resources for animals uncertain resources. Thus, cross-border transhumance is a very important strategy that allows herders to drive animals between complementary ecological zones resources [2].

Like the department of Ouangolodougou, transhumance is practiced throughout the north of Côte d'Ivoire. The observation is that in this locality, a strong migration of cattle herds is generally observed in the dry season. This migratory movement generates administrative hassles, causes crop damage and conflicts between farmers and herders [3]. Given the seriousness of the situation, the issue of cross-border transhumance has become a major concern for sub-regional institutions. To date, little scientific data exists on this phenomenon.

The general objective of this study is to contribute to improving the management of cattle herds on the northern border of Côte d'Ivoire.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 CHOICE OF STUDY AREA

The department of Ouangolodougou (Fig. 1) was chosen for this study because this locality is the entry point for herdsmen in Côte d'Ivoire by rail or land. There are two livestock entry points in this department: one in Niellé and the other in Ouangolodougou. Breeders from Mali and Burkina-Faso lead cattle herds in search of favorable breeding conditions in the dry season.

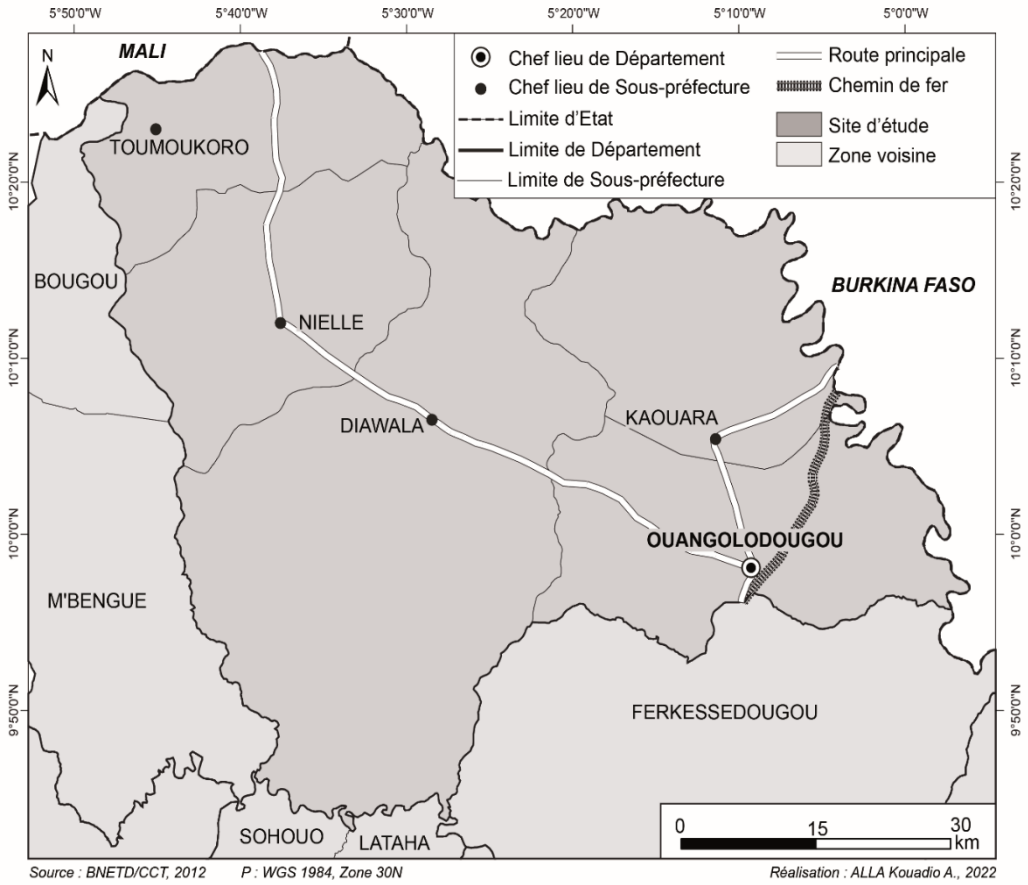


Fig. 1. Presentation of the study area

2.2 SAMPLING

2.2.1 CHOICE OF TRANSHUMANT HERDERS

The transhumant herder is retained as soon as he is encountered in one of the five sub-prefectures in the department of Ouangolodougou. They are spotted thanks to the president and tutor of the transhumants who know the routes taken by the latter. The veterinarian and the technical agents of the department also allowed direct contact with the breeders.

2.2.2 COLLECTION OF DATA

2.2.2.1 PRE-INVESTIGATION

The first step was to have the authorization of the administrative and customary authorities in order to carry out the work. The services of the Sub-Prefectures gave the authorization to meet the veterinary services, the presidents and the guardians of the transhumant herdsmen. The objective was to identify the corridors used by transhumant herders in order to better prepare the meetings and the questionnaire. Adjustments were then made to the questionnaire based on the realities on the ground. This stage lasted one month, from June 10 to July 10, 2021.

2.2.2.2 PROPER INVESTIGATION

The five Sub-Prefectures in the department were criss-crossed for three months, from July 20 to October 20, 2021 in order to collect data.

The interview by groups of breeders in each Sub-Prefecture was held in French or Bambara and sometimes in Senoufo. During the interviews, the cattle were either grazing or in a space called a staging area.

2.2.3 STATISTICAL DATA PROCESSING

The data was processed and analyzed with several software including QGIS3.0, AnlyStat, IBMSPSS and Sphinx software. The QGIS 3.0 software allowed to make the maps of the study area. AnlyStat application was used for statistical inferential analysis. The Sphinx software was used to process and organize the questionnaire. Finally, the IBMSPSS software through ANOVA was used to determine the P-value and compare the results.

3 RESULTS

3.1 FARM CHARACTERISTICS

3.1.1 NUMBERS OF TRANSHUMANT HERDERS

Table 1 presents the numbers of transhumant herders in the various sub-prefectures. The majority of transhumant herders were identified in the Ouangolodougou Sub-Prefecture (42.67%). The lowest numbers were noted in Niéllé and Diawala with 10.66% and 8% of breeders respectively.

Table 1. Number of breeders by Sub-Prefecture

Sub-Prefectures	Number of herders	Percentages %
Ouangolodougou	32	42,67
Kaouara	18	24
Diawala	6	8
Niéllé	8	10,66
Toumoukro	11	14,67
Total	**75**	**100**

3.1.2 SOCIOECONOMIC PROFILE OF HERDERS

Composed solely of men, the cross-border transhumant were either Fulani from Mali, Fulani from Burkina-Faso and Fulani from Niger who graze their herds by criss-crossing the surroundings of classified forests and water reservoirs. Transhumant herds aged between 18 and 40 were the most numerous in the Sub-Prefectures of Ouangolodougou (34.67%) and Toumoukro (13.33%). Thus, at the level of the Department, 68% represented the highest rate of breeders aged between 18 and 40 followed by transhumant herders aged between 41 and 60 with a rate of 26.67%. The lowest rate of 5.33% represented breeders whose age was over 60 years. Transhumance was mainly practiced by young people with a significant difference ($p = 0.05 = 0.05$).

Cross-border transhumant herders encountered in the Sub-Prefecture of Ouangolodougou and Kaouara were of Burkinabè and Nigerien origins with respective rates of 53.33% and 13.33%. Those met in Diawala, Niéllé and Toumoukro were of Malian nationality with a rate of 33.34%. The transhumants encountered in the Ouangolodougou Sub-Prefecture were significantly more numerous than those encountered in the others ($P = 0.005 < 0.05$).

Transhumants with 6 to 15 years of experience represented a rate of 68%. Those with more than 16 years of experience accounted for only 6.67%. However, breeders with years of experience between 0 and 5 years had a rate of 25.33%. Thus, breeders with years of experience between 6 and 15 years were significantly more numerous ($p = 0.004 < 0.05$).

The transhumants encountered were 98.33% illiterate compared to 2.67% of the literate transhumants. These scholars were met in the Sub-Prefecture of Niellé and were Malians who had attended the Franco-Arab school (Table 2).

Table 2. Socio-demographic profile of breeders

		Ouangolodougou		Kaouara		Diawala		Niéllé		Toumoukro		Département		P-Value
		Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	
Age range (years)	18-40	26	34,67	6	8	3	4	6	8	10	13,33	51	68	0,006
	41-60	6	8	9	12	2	2,67	2	2,67	1	1	20	26,67	
	61 et +	0	0	3	4	1	1	0	0	0	0	4	5,33	
Nationality	Nigerian	10	13,33	0	0	0	0	0	0	0	0	10	13,33	0,005
	Ivorian	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Burkinabe	22	29,33	18	24	0	0	0	0	0	0	40	53,33	
	Malian	0	0	0	0	6	8	8	10,67	11	14,67	25	33, 34	
Literacy level	Letter	0	0	0	0	0	0	2	2,67	0	0	2	2,67	0.005
	Illiterate	32	42,67	18	24	6	8	6	8	11	14,67	73	97,33	
Years of experience	0-5	10	13,33	3	4	0	0	4	5,33	2	2,67	19	25,33	0,004
	6-15	22	29,33	12	16	6	8	4	5,33	7	9,33	51	68	
	16 et +	0	0	3	4	0	0	0	0	2	2,67	5	6,67	

3.1.3 HERD COMPOSITION

The breeds encountered in the field were mainly Zebus, Baoules, N'Damas, Goudalis and "Mere" or half-breeds. Of all the breeds encountered in our study area, 37.33% of breeders have the Zebu breed; 25.34% of these transhumants having the Mere breed; 10.67% of transhumant had the Goudali breed; 9.33% of breeders have the N'dama breed and finally, 17.33% of breeders have the Baoule breed. The Zebus were the best known in all the Sub-Prefectures with a significant difference ($p = 0.034 < 0.05$).

Among the herds encountered, we were able to observe 18.66% cows, 25.33% heifers, 17.33% bulls, 25.34% young bulls and the others (13.34%) calves (0-2 years). In general, calves from 0 to 2 years old were the rarest in the herds. However, it did not excite any significant difference between these values ($p = 0.58 > 0.05$) (Table 3).

3.1.4 ECONOMIC PROFILE OF FARMERS

Most of the actors interviewed were only managers (36%) who received a monthly salary. Co-owners (37.33%) who were only partial owners often received a salary. However, they had no decision to make regarding the herd he led in case of difficulties. Some actors interviewed were exclusive owners (26.67%) of the animals they grazed and better managed the herd. Sole proprietors and co-owners were encountered the most in these sub-prefectures except in Diawala where no sole proprietor was encountered. In terms of herd membership, those with the status of co-owners were significantly the most numerous with $p = 0.72 > 0.05$. Most of the transhumants encountered were pastoralists with a rate of 36% against 5.33% who were mainly farmers, with a significant difference ($p = 0.05 = 0.05$) (Table 4).

Table 3. Breeds and herd composition

Parameters		Ouangolodougou		Kaouara		Diawala		Niéllé		Toumoukro		Departement		P-Value
		Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	
Breeds	Zebu	14	18,67	3	4	1	1	3	4	7	9,33	28	37,33	0,034
	Goudali	4	5,33	3	4	0	0	1	1,33	0	0	8	10,67	
	N'dama	4	5,33	0	0	2	2,67	1	1,33	0	0	7	9,33	
	Mere	4	5,33	8	10,67	2	2,67	2	2,67	3	4	19	25,34	
	Baoule	6	8	4	5,33	1	1,33	1	1,33	1	1,33	13	17,33	
Composition of the herd	Bulls	5	6,67	3	4	1	1,33	2	2,67	2	2,67	13	17,33	0,58
	Cows	3	4	4	5,33	2	2,67	3	4	2	2,67	14	18,66	
	Heifers	9	12	5	6,67	1	1,33	1	1,33	3	4	19	25,33	
	Young bulls	10	13,33	4	5,33	2	2,67	1	1,33	2	2,67	19	25,34	
	Calves	5	6,67	2	2,67	0	0	1	1,33	2	2,67	10	13,34	

Table 4. Economic profile of breeders

		Ouangolo		Kouara		Diawala		Niéllé		Toumoukro		Département		P-value
		Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	
Main activity	Breeders	8	10,67	6	8	4	7,33	5	6,67	4	7,33	27	36	0,025
	Farmers	0	0	0	0	0	0	3	4	1	1,33	4	5,33	
Status of breeders	Agro-pastoralists	12	16	6	8	4	7,33	3	4	2	2,67	27	36	0,723
	Tradespeople	7	9,33	5	6,66	0	0	2	2,67	3	4	17	22,67	
	Managers	7	9,33	9	12	2	2,67	3	4	6	8	27	36	
	Co-owners	15	20	4	5,33	4	5,33	3	4	2	2,67	28	37,33	
	Exclusive owners	10	13,33	5	6,67	0	0	2	2,67	3	4	20	26,67	

3.2 TRANSHUMANCE CONDITIONS

3.2.1 DISTANCES TRAVELED

The breeders met in the Department estimated that the average distance traveled per day depended either on the season or on the availability of feed. As a result, transhumants who traveled 5 to 10 km per day on average had a rate of 30.67% against 69.33% for those who traveled a distance of between 11 and 21 km. In the various sub-prefectures, the distance between 11 km and 21 km was the most practiced by breeders. The number of days taken by the transhumants before returning to Ivorian territory depended on their point of departure. Hence 40% walked on average 1 to 3 days and 60% walked 4 to 7 days. There is no significant difference between the travel times of transhumant herders ($P > 0.05$) (Table 5).

3.2.2 TRANSHUMANCE CALENDAR

The transhumants encountered in the Department were all unanimous that the month of November found them on Ivorian territory. On the other hand, the return depended on each person, with a rate of 45.33% returning to their area from the month of May against 54.67% who started in the month of June (Fig. 3). These movements were made during the dry season and 24% of these transhumant migrants returned during the rainy season in August. Thus, the transhumance calendar is composed of two distinct periods. The great transhumance (November to May) and the small transhumance (June to November).

3.2.3 PATHS TAKEN

The transhumants coming from Mali entered through three villages. Some entered through Pogo which is located 3 km from Zegoua and 6 km from Kapaga (Malian villages). On the other hand, others entered through Fatogomakaha, a village located 12 km from Kadiolo (Mali). The rest of them returned through the village of Ouarga (Siakavogo/Toumoukro) but went to the Department of Ferkessedougou.

Those from Burkina-Faso entered through Kadar and Tango-tango. These Ivorian villages border the villages of Dakôrô and Folonzo (Burkina-Faso). However, 52% of the negotiated leads used were known to everyone compared to 48% of the leads they sought by information (Fig. 4).

The breeders met came from Mali, Burkina-Faso and Niger. They often retreated to classified forests in the department of Ouangolodougou.

Table 5. Distances traveled

		Ouanagolodougou		Kaouara		Diawala		Niéllé		Toumoukro		Departement		P-value
		Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	
Distances traveled (Km)	[5-10]	11	14,67	4	5,33	2	2,67	2	2,67	4	5,33	23	30,67	0,27
	[11-21]	21	28	14	18,67	4	5,33	6	8	7	9,33	52	69,33	
Duration (days)	[1-3]	12	16	7	9,33	5	6,67	3	4	3	4	30	40	0,80
	[4-7]	20	26,67	11	14,67	1	1,33	5	6,67	8	10,66	45	60	

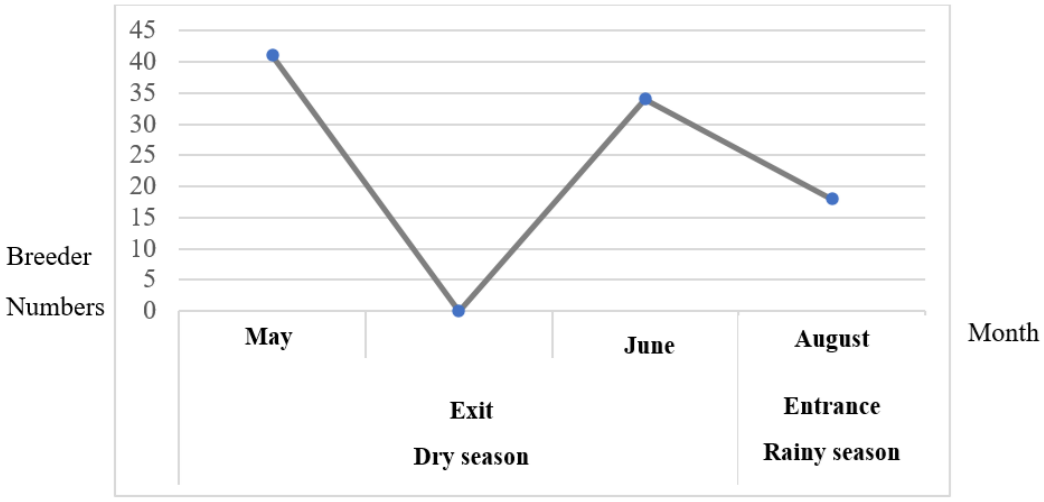


Fig. 2. Period of movement of transhumant herders

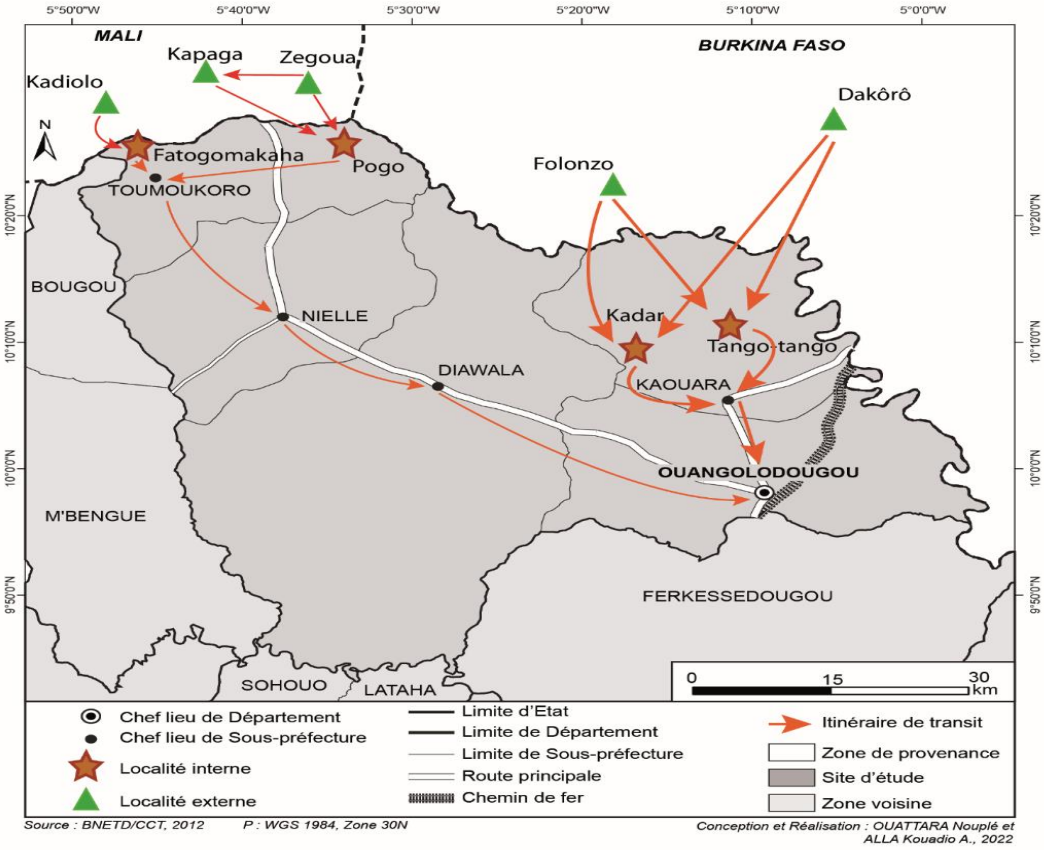


Fig. 3. Paths taken

3.3 FACTORS INFLUENCING TRANSHUMANCE

3.3.1 CAUSES OF TRANSHUMANCE

The causes of transhumant movement encountered during the dry season can be summed up in three. Thus, 7% of these breeders traveled to vary the diet of their herd, 52% for the lack of pasture and 41% for the lack of watering points for the animals. However, of the 75 herders met who practiced cross-border transhumance in the dry season, only 24% moved at times during the rainy season. They did this to avoid damage to the countryside due to the high number of their animals (Fig. 5). There is no difference between these values ($p>0.05$).

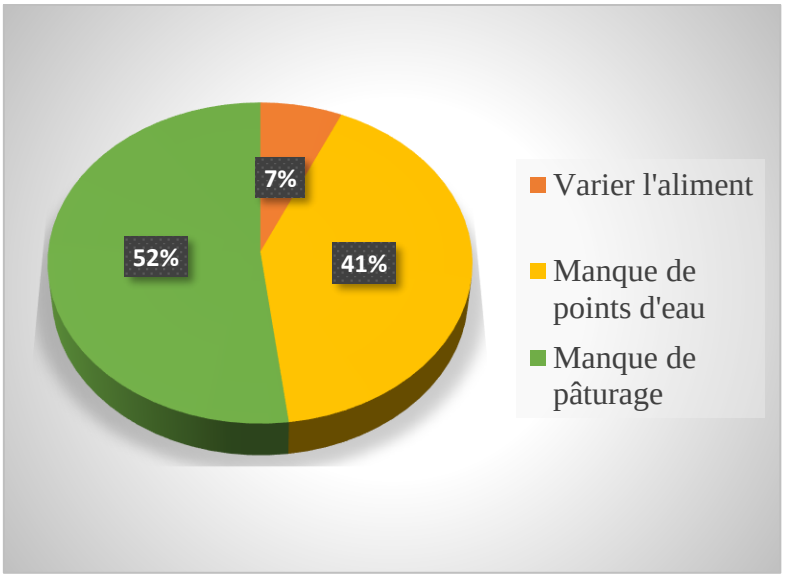


Fig. 4. Reasons for mobility

3.3.2 Constraints Related To Transhumance

In terms of the constraints of cross-border transhumance (Fig. 6), the various observations listed by these herders can be summed up in four points. The lack of marked trails was cited by 32% of the breeders met. The lack of rest area was mentioned by 25.33% against 13.33% who mentioned the lack of pasture. Finally, the breeders who reported the harassment of the agents (water and forest and veterinarian) and the conflicts were estimated at 5.33% and 12% respectively. There is no difference between these values ($p>0.05$).

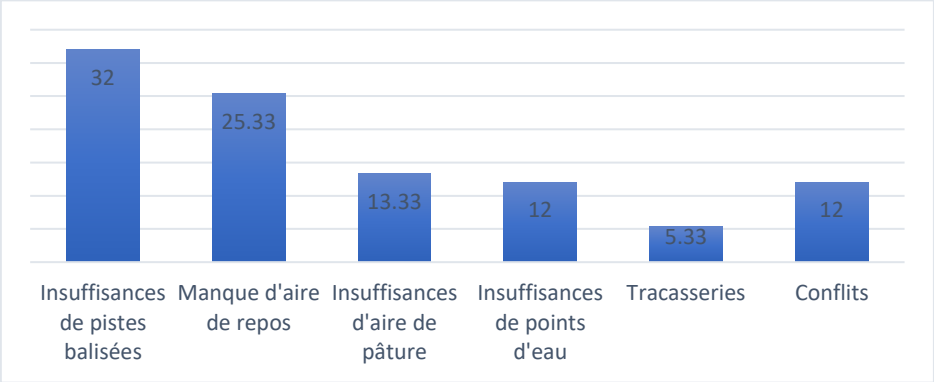


Fig. 5. Constraints of transhumance

3.3.3 Consequences Of Transhumance

During our research, the consequences observed were more negative than positive. As a negative consequence, there were cases of respiratory diseases mentioned by 8% and 12% had noticed fatigue on the animals. In addition, cases of conflicts between transhumant and farmer were mentioned by 41% against 11% who mentioned cases of conflict between transhumant and pastoralists. Also, 7% maintained that incidents such as muggings or thefts happened from time to time. In the end, 21% had mentioned conflicts over water points. The positive consequences observed are at the economic level where 42% of transhumant people sold and bought animals during their journey. According to our observations, we could say that transhumance allowed the fertilization of the soils during their displacement and reinforced the quality of the fallow field plots (Fig. 7). There is no difference between these values ($p>0.05$).

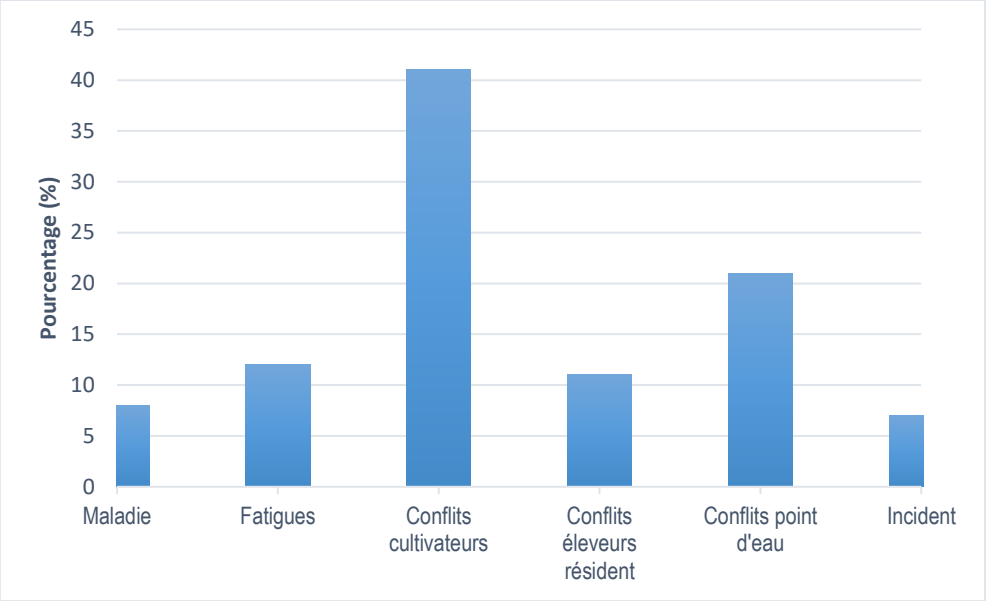


Fig. 6. Consequences of transhumance

3.4 DISCUSSION

The transhumants interviewed in the department of Ouangolodougou are Fulani men because they are experienced. This activity is practiced by men because of its difficulty and its long-distance mobility which is done from one country to another. Our results corroborate those of some authors [4]. According to these authors, the lack of labor obliges the owners to leave the management of their herd to the Fulani who have a habit and more experience in the field. The majority of people encountered in our study area are young malians, burkinabès and nigeriens. According to tradition, only the youngest members of the family are responsible for grazing the animals. They accompany their elders for a while in order to better master the practice of this activity. Thus, our results are consistent with those of some authors [5] who state that transhumant herders abandon transhumance when they become too old to move.

Zebus, N'damas, Meres, Goudali and Baoules are the breeds encountered in the department. Given its mobility, young animals are the most numerous in the composition of the herds encountered. These breeds are chosen based on zootechnical parameters such as trypanotolerance, their ability to adapt to the environment and to walk over long distances. some authors [6] in their research in Niger indicates that for an improvement of the breeding in the Sahelian countries, the breeders adopted the breeds Zebus Peulh, the N'dama, and the Baoule for a crossbreeding. The actors met are managers, co-owners and exclusive owners. These actors were either herd owners or herders to whom other herders entrust their herd in exchange for a salary or an animal. Thus, reference [7] indicates that transhumance includes the use of resources used simultaneously by a variety of actors.

The distance covered varies according to the availability of pastures on the tracks taken. Herders cover several kilometers a week. They return through the nearest border villages and patrol either slowly or quickly depending on their needs in the area. Thus, some authors [8] stipulate that transhumant people travel several tens of kilometers in search of pasture to increase the productivity of their herd. As far as the transhumance calendar is concerned, it is made up of two main periods. The first and long period (from November to May) takes the form of an incessant back and forth between the pastures. These movements are caused by difficult climatic conditions, in particular rainfall and specific deficits in these countries. The return to the departure areas takes place from June to November, which is the small transhumance for other breeders. Herders claim that there are no suitable tracks dedicated to transhumance. They exploit the existing tracks since the 1970s which have been redeveloped where you can have water points and fresh pastures. Our statements are identical with those of some authors [9], which state that all herders are looking for diversified pastures for an increase in the productivity of their herd. Our study area is both a reception area and a departure area. The transhumant people encountered were Malians, Burkinabes and often Nigeriens. Because these countries are cross-border to our study area. For reference [10], transhumance refers to the mobility of actors from a starting point to a reception point. Reference [11] in their study in Benin state that in order to develop transhumant routes so as to be a reference, the infrastructures must be known and available in the reception areas.

In addition, the route of the transhumant depends on pastures and tracks conducive to the activity. At times, herders use other unauthorized or unmarked corridors to meet the needs of the herds. In general, herders move in search of water points and pastures to make up for the food shortage in their herds. Transhumance is a way to take advantage of the complementarity of animal fodder and water resources during the dry season. And other breeders think that the feed of the herd should be varied. Reference [8] affirms that grazing represents the main diet of herds. However, the climate in Mali, being continental intertropical, is characterized by a long dry season, which means that fodder availability is not complete in all areas. All of these factors are reasons for moving to these countries.

The tracks used by transhumance do not fully respect the characteristics of transhumance tracks. At times, transhumant people take clandestine tracks to meet their needs. Technically, transhumant herders are forced to resign themselves to classified forests due to the lack of availability of rest areas. As part of the cross-border transhumance, rest areas, grazing areas, transhumance and passage tracks are important elements that promote easy access. Thus, Gado et al. [12] confirms our remarks. For these authors, the transhumant route takes into account the existence and quality of pastures, the availability of drinking water and the presence or absence of crop fields.

In terms of consequences, transhumance has an impact on the health and production of livestock since the herd remains mobile in search of a balanced diet. Feed is one of the limiting factors in livestock production and one of the sources of expenditure. The distance traveled for grazing depends on the season. Transhumance has a complex effect on animal health risks. Our results go hand in hand with that of Akaffou [13] who mentions that the mode of feeding practiced by all breeders is grazing and this, throughout the year. However, it has been revealed that the amount of production depends on all these factors acting on their health. In addition, Daouda and Mamadou [14], affirm that transhumance has affected the social fabric by the multiplication not only of social conflicts but also the proliferation of animal diseases during their displacement. Conflicts exist between cultivators-breeders in the rainy season due to animal damage in the fields. There are conflicts between transhumant and resident herders and also conflicts over water points. In this activity, the land is the natural support for all the pastoral resources sought by the breeders. Thus our results are in agreement with those of certain authors [3] who specify that the insertion of transhumant herds in reception areas is the source of multiple conflicts between transhumant herders and sedentary populations.

4 CONCLUSION

Cross-border transhumance is a cattle breeding strategy. In the department of Ouangolodougou, it is practiced by different actors over a determined period in search of water points and grazing areas. Transhumance is done through a grouped mobility of several herds under the care of drivers also called herdsmen. These trips are made sometimes on tracks and often in corridors. During these movements, the transhumance are subjected to deplorable conditions such as insecurity, lack of rest areas, lack of regulatory transhumance documents, etc.

For a good organization and management of transhumance in the Ouangolodougou area, it is necessary to slow down and then control all the movements of transhumance in order to harmonize and equip the transhumance tracks.

REFERENCES

[1] FAO, La transhumance transfrontalière en Afrique de l'Ouest Proposition de plan d'action, 2012. [Online] Available: https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/Transhumance_Transfrontalier_en_AO_Rapport_FAO.pdf (October 20, 2023).

[2] CILSS, Pastoralisme et de la transhumance au Sahel et en Afrique de l 'Ouest, 2020. [Online] Available: https://www.food-security.net/wp-content/uploads/2020/05/CILSS_trimestriel_pastoralisme_light.pdf (October 20, 2023).

[3] G. K. G. Brou, K. G. Brou, S. Fofana and Y. R. Soro, « Impact de la divagation des bovins sur les cultures dans la ville de Korhogo*», European scientific journa*l, vol. 16, no. 15, pp 223-239, 2020.

[4] Idriss O. and Nersy C., Pastoralisme: opportunités pour l'élevage et défis pour les services vétérinaires, 2017. [Online] Available: https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/2017-afr1-idriss-f.pdf (October 20, 2023).

[5] V. Ancey and G. Monas, «Le pastoralisme au Sénégal entre politique « moderne » et gestion des risques par les pasteurs», *Tiers Monde,* vol. 184, pp 763 – 783, 2005.

[6] D. P. Sokouri, C. V. Yapi-Gnaore, A. S. P. N'guetta, N. E. Loukou, B. J. Kouao, G. Toure, A. Sangare et A. Kouassi, «Utilisation et gestion des races taurines locales sous la pression des croisements avec les zébus dans les régions Centre et Nord de la Côte d'Ivoire», *Journal of Animal & Plant Sciences,* Vol. 5, no. 2, pp 456 – 465, 2009.

[7] F. Gangneron, «Ressources pastorales et territorialité chez les agro-éleveurs sahéliens du Gourma des buttes», *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement,* Vol. 13 no. 3, pp 1 – 16, 2013.

[8] F. Bombaj, B. Dominique, T. Jean-Marc, C. François and G. Simon, «Systèmes de production locaux et gestion des ressources pastorales en Albanie. Entre stratégies d'acteurs et évolutions institutionnelles», *Cah. Agric.* Vol. 30, no. 6, pp 1 – 11, 2021.

[9] Huchon, J., Jiagho, R. E., Bleu D. D. and Epanda, M., Transhumances pastorales et aires protégées en Afrique Centrale: des conflits à une cohabitation apaisée. Chp: VI, du Rapport de recherche dans la RDC, (Eds) EDAP, DOC-FAO, pp 224 – 249, 2020.

[10] Y. N. Zakaria, «La transhumance transfrontalière en Afrique de l'Ouest», *Revue Maroco- Espagnole de droit International et relations Internationales,* no. 2, pp 31-46. 2014.

[11] B. Tente, I. Toko, T., Lougbegnon, Y. Boni, «Réalisation de l'étude de référence sur le potentiel des parcours naturels et des infrastructures d'accueil des troupeaux transhumants au Bénin», *Journal of Applied Biosciences,* no. 152, pp 1551-1566, 2012.

[12] B. O. K. Gado, I. T. Imorou, O. Arouna, H. S. Imorou and M. Oumorou, «Déterminants des itinéraires de transhumance à la périphérie de la réserve de biosphère transfrontalière du W au Bénin», *J. Appl. Biosci.*, no. 152, pp 15650 – 15666, 2020.

[13] Akaffou, Akaffou, Nicaise, Elevage bovin laitier dans la région du poro (nord côte d'ivoire): situation actuelle et perspectives de développement, 2013. [Online] Available: https://beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD13-12.dir/TD13-12.pdf (October 20, 2023).

[14] K. Daouda et C. Mamadou, «Evaluation des Impacts de la Transhumance sur les Ressources Pastorales au sud du Mali dans la Commune Rurale de Dabia (Cercle de Kéniéba)», *European Scientific Journal,* Vol. 15, no. 21, pp 202 - 227, 2019.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 446-459
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Examining Classroom Features in English as a Foreign Language Teaching in Bunia Primary Schools in the Democratic Republic of the Congo

[Examen des caractéristiques de la classe dans l'enseignement de l'anglais comme langue étrangère dans les écoles primaires de Bunia en République démocratique du Congo]

Malobi Pato Emmanuel

Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

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

ABSTRACT: This article aims to examine classroom features in English as a Foreign Language Teaching in Bunia primary schools in the Democratic Republic of the Congo. It determines the way in which English is taught, the manner in which children learn the teachers' attitudes towards their pupils' errors. The research has been conducted using descriptive and exploratory designs. For data collection, survey method has been used whereby observation has served as instrument. Data have been coded and analyzed using the Descriptive Statistics such as frequencies and percentages with the help of statistical package for social sciences (SPSS). Then, they have been presented using either bar graphs or pie charts. The results shows that English is taught without any appropriate methodology. Each teacher creates his/her own way of teaching, which is unfortunately, a major obstacle for the best learning. Then, children fail to develop linguistic skills. Results finally rates teachers' attitudes towards their learners' errors unsatisfactory. Therefore, teachers must improve their ways.

KEYWORDS: Teacher, Young learner, Methodology, Skill, Feature.

RESUME: Cette étude vise à examiner les caractéristiques de l'enseignement de l'anglais comme langue étrangère dans les écoles primaires de Bunia en République Démocratique du Congo. Il détermine la manière dont l'anglais est enseigné et la façon dont les enfants apprennent ainsi que les attitudes des enseignants face aux erreurs des élèves. La recherche s'est focalisée sur les modèles descriptifs et exploratoires. Les données ont été collectées au moyen de la méthode d'enquête où l'observation a servi de technique. Les données ont été codifiées et analysées en utilisant la Statistique Descriptive à l'occurrence, le calcul de fréquences et pourcentages grâce au logiciel SPSS. Ensuite, elles ont été présentées sous forme des graphiques à barres ou diagrammes circulaires. Les résultats ont démontré que l'anglais est enseigné sans aucune méthodologie appropriée. Chaque enseignant crée sa propre façon d'enseigner, ce qui est malheureusement un obstacle majeur au meilleur apprentissage. Ensuite, les enfants ne parviennent pas à développer les compétences linguistiques. Les résultats ont finalement jugé insatisfaisante l'attitude des enseignants l'égard des erreurs de leurs apprenants. Ils doivent donc, améliorer leurs pratiques.

MOTS-CLEFS: Enseignant, Jeune apprenant, Méthodologie, Compétence, Caractéristique.

1 INTRODUCTION

Today, no one escapes the importance of English in our daily lives. We need to speak English to develop ourselves when we travel to other countries and to work in a global environment, which requires us to consider it as our second language and start

learning it as early as possible. Many languages are spoken in the world today but no one speaks all of them. At least a number of them can be required to be mastered regarding their importance in a given area or country. In our case, English of course, not being one of our national languages is necessary to be learned due to its importance today in the world. The role of English in the Democratic Republic of the Congo is quite important as it is in many other developing countries since it is surrounded by English Speaking Countries. And, childhood is the best time to acquire the language. Children have a great capacity to absorb the language and imitation of sounds. They are extremely spontaneous, open-minded and have no sense of the language ridiculous to feel older, which makes them not feel inhibited when to speak and practice English.

Some previous researchers have expressed their views on teaching young learners. Indeed, According to [1], as an interdependent participant in the process, the teacher needs to actively share the responsibility for learning and teaching with the learners. The teacher should, therefore, create opportunities for learners to develop their communicative skills as well as their learning-how-to-learn skills.

In classroom activities, using Total Physical Response (TPR) by [2] is a great way to teach English especially for very young learners. That method keeps children active in learning process while it links the language with physical movement. Young learners are easily distracted and have very short attention span. It is better to keep in mind that 5 and 10 minutes' activities are best to engage them in learning. In the same line, [3] argue that there should be various activities having a balance among them. It is suggested that each task focuses on different skills while using individual, pair work, group work or whole class activities alternately. It is also wise to let children learn from each other by integrating pupil- pupil interaction into the activities in addition to teacher- pupil interaction.

According to [4], learners' language skills develop through the learners actively using and reflecting on the language inside and outside the classroom.

For Brown [5], there is general agreement that classroom language acquisition is based on developing learners' communicative competence, which is realized through a set of classroom principles

For [6], teaching English to young learners has its own peculiarities based on psychophysiology of their age. Psychologists assert that preschoolers' perception, memory and attention are involuntary. [7] supports that children cannot regulate their perception and analyze an object. Schoolchildren's attention is drawn by bright objects. Their concentration lasts as long as they are interested in the activity. Learning a foreign language is a pleasant moment in a child's life. He climbs the stairs to a new level of knowledge.

Learning by doing [8] refers to a theory of education. It relates to a theory of education expanded on self-learning. John Dewey theorized that learning should be relevant and practical, not just passive and theoretical.

[9] emphasizes on Affective Filter Hypothesis arguing that a number of affective variables play a role in ELT. These are: motivation, self-confidence and anxiety. Learners will be able to acquire language in your classroom if they are in an environment where they feel accepted, where they are able to take risks and where they know that when they make mistakes they are not going to be ridiculed.

The topic falls within the context of the didactics of English. Indeed, the teaching of English in primary School is a worldwide phenomenon. In the Democratic Republic of the Congo, there is a Ministerial decree N° MINESPSP/CABMIN/I80/2018 of 23rd April 2018, allowing the introduction of the teaching of English language in primary school. But unfortunately, this decree is not accompanied by a special methodology relating thereto. Therefore, English is taught without proper methodology. In addition, P- school teachers i.e the ones possessing State Certificate in General Pedagogy, teach English on the basis of elementary notions learned in secondary school. Those possessing a university degree in ELT use the relevant methodology, only for teaching English in secondary school, but not adapted for primary school. The methods used are therefore, not suitable for young learners. They utilize wrong teaching methods. They teach badly. Therefore, children do not learn English. This aspect of things constitutes a problem that I decided to determine and solve absolutely examining classroom features in English as a Foreign Language Teaching.

Therefore, the article centers the following main question: How is English taught in primary school? The subsidiary questions are the followings: How do children learn? What are teachers' attitudes towards their learners 'errors?

The main objective of the study is to detect the ways in which English is taught in primary school. The study also aims to encounter the manners children learn as well as teachers' attitudes towards their pupils' errors.

The hypotheses to be verified throughout the present work are the followings: There is no appropriate methodology of English in primary schools. Consequently, each teacher creates himself his ways of teaching. Then, children fail to develop linguistic skills. Also, most of teachers lack positive attitudes towards their children's errors.

2 RESEARCH METHODOLOGY

2.1 RESEARCH DESIGN

Descriptive and exploratory designs were used in conducting the research. Descriptive survey designs are concerned with gathering information, from people with relevant experience, on current conditions, processes, attitudes, beliefs, and opinions on the issue or phenomenon being investigated [10]. The exploratory survey dimension sought to get more in-depth understanding of the same. The research field comprised classrooms where features where closely examined.

2.2 TARGET POPULATION

From a methodological point of view, it should be noted that the population of this study includes all teachers of English from Bunia Primary schools. Primary school. Urban Educational Subdivision of Bunia City comprises 173 primary schools. However, English is only taught in 20 schools (all, from accredited private school network) which count a total of 49 teachers. Considering this small number, I resolved to work with all these 49 teachers. This is therefore, an exhaustive sampling.

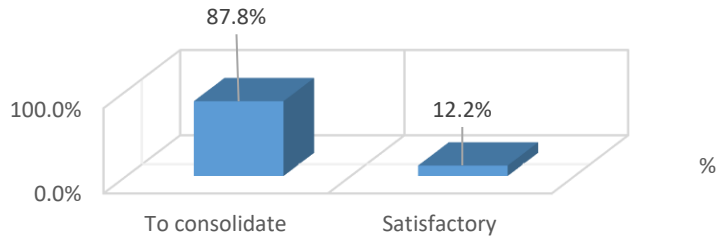
2.3 INSTRUMENTS

On the one hand, data collection relied on survey method where observation was used as technique. In the present case, observation relied on *Likert scale type observation tally sheet* using three scale levels namely, *to consolidate, satisfactory and excellent*. (See appendix)

On the other hand, Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software technique served for data analysis on the basis of Descriptive Statistics such as frequencies and percentages. Coded and analyzed data were therefore, presented either in bar graphs or pie charts.

3 RESULTS

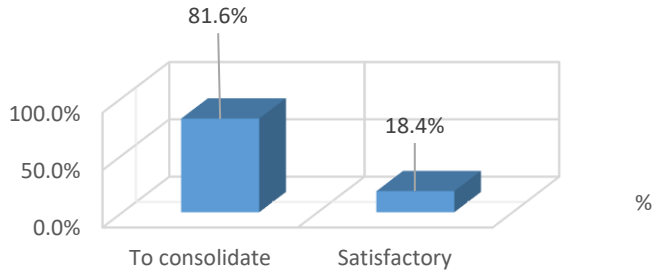
The data are presented in graphs or charts which show the pertinence of each element in terms of frequency converted in percentage. The analysis is based on the researcher's observation of classroom features in English as a Foreign Language Teaching in Bunia primary schools.



Graph. 1. Oral and written instructions

Source: Primary data

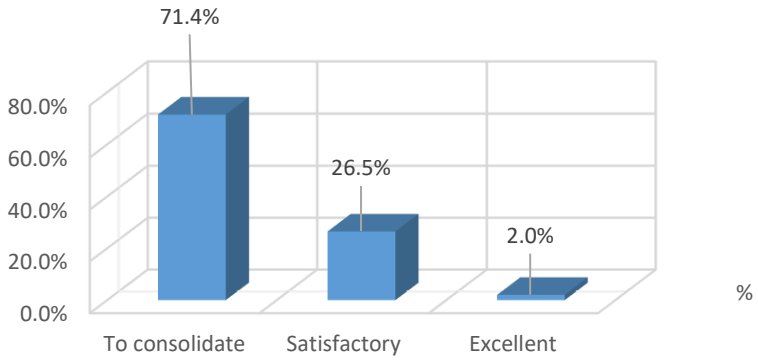
The graph shows in variable E1 43 (87,8%) teachers must consolidate in oral and written instructions; whereas 6 (12,2%) are found satisfactory after observation.



Graph. 2. Extensive use of labelling

Source: Primary data

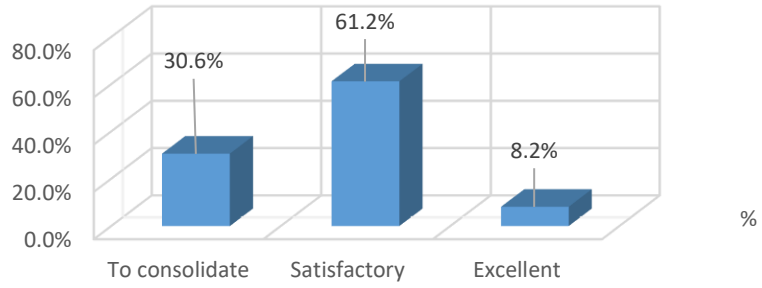
It results from the above graph that 40 consulted teachers (81,6%) must consolidate the extensive use of the labelling in the classrooms, 9 (18,4%) of them are satisfactory in using labels and signs in their classrooms.



Graph. 3. Children sharing ownership in the classroom

Source: Primary data

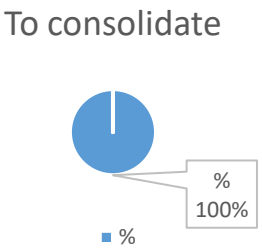
The above graph informs that 35 (71,4%) teachers must consolidate this technique, they have no interest in using children sharing ownership in the classroom, 13 (26,5%) of them are satisfactory after the investigation and only 1 (2,0%) teacher is excellent.



Graph. 4. Interactive displays

Source: Primary data

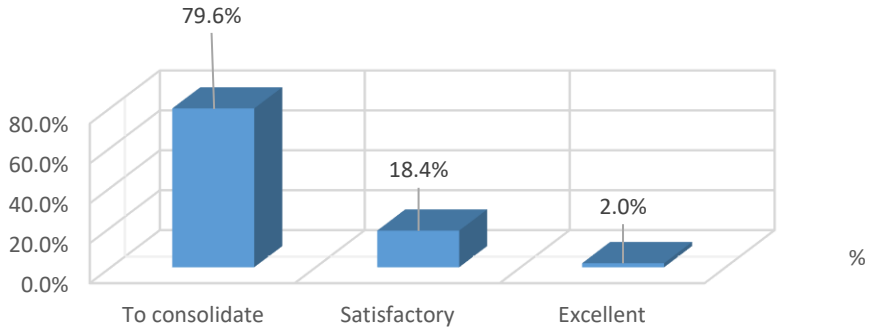
The above Graph shows that 30 (61.2%) teachers are satisfactory in using interactive displays, 15 (30.6) of them have to consolidate interactive displays in their teaching, and 4 (8.2%) teachers are excellent in using them.



Graph. 5. ICT resources

Source: Primary data

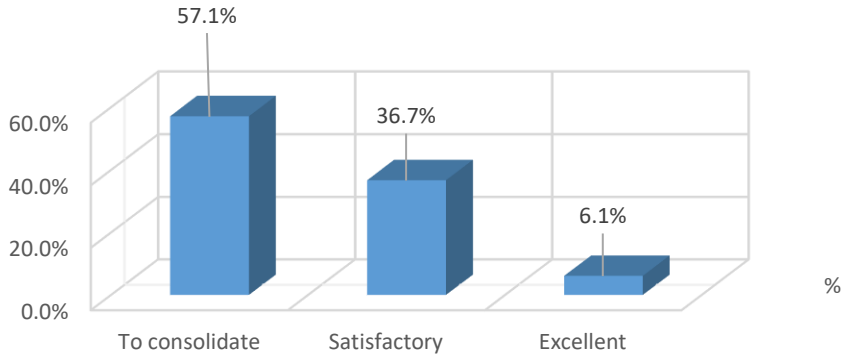
It results from the chart that 49 (100%) teachers have to consolidate ICT resources in their teaching.



Graph. 6. Listening area

Source: Primary data

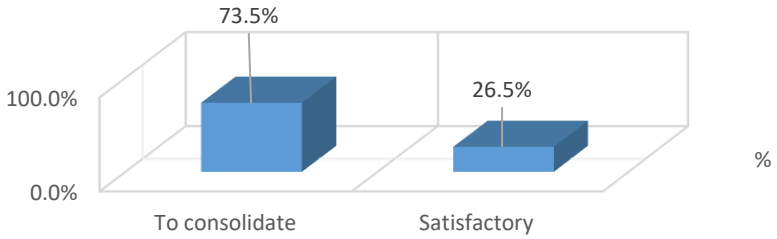
So far as the above graph is concerned, 39 (79.6%) teachers must consolidate listening area in their teaching, 9 (18.4) are satisfactory and only 1 (2.0%) is excellent in this area.



Graph. 7. Speaking area

Source: Primary data

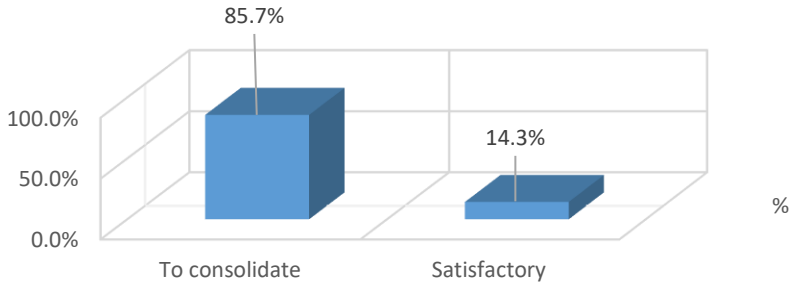
The above graph shows that 28 (57.1%) teachers have to consolidate speaking area, 18 (36.7S%) are satisfactory and 3 (6.1%) teachers are excellent in speaking during their teaching.



Graph. 8. Reading area

Source: Primary data

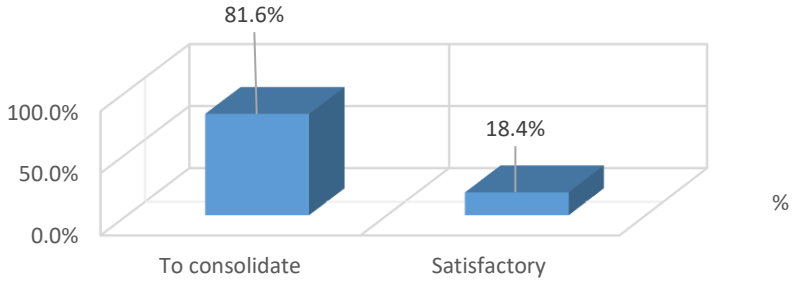
It results from the above graph that 36 (73.5%) teachers have to consolidate reading area in their teaching whereas 13 (26.5%) are satisfactory in this area.



Graph. 9. Writing area

Source: Primary data

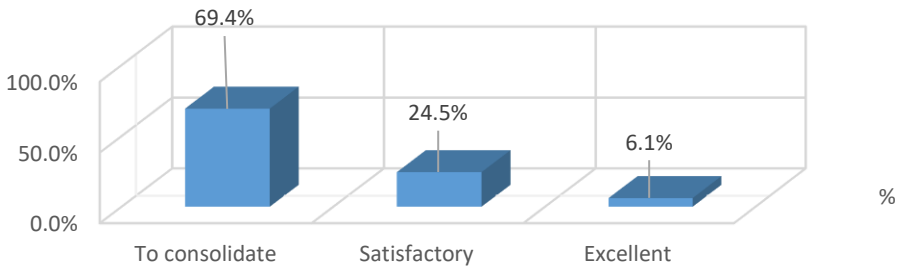
The above graph informs that 42 (85.7%) teachers must consolidate writing area in their teaching whereas 7 (14.3%) are satisfactory in writing area.



Graph. 10. Word discussion with pupils

Source: Primary data

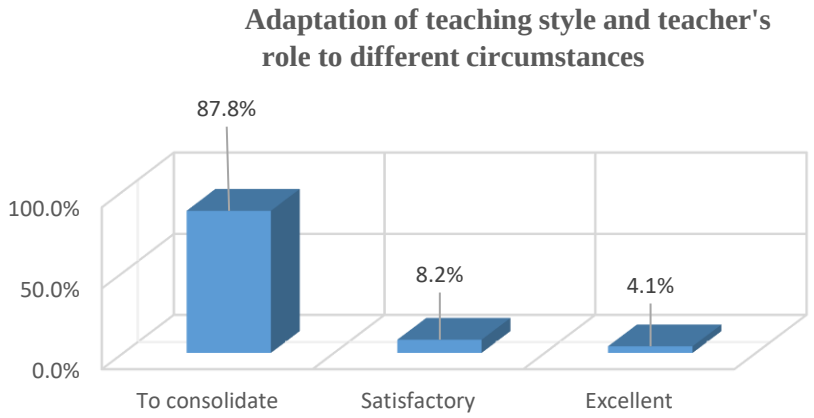
The above graph shows that 40 (81.6%) teachers must consolidate word discussion with pupils in their teaching whereas 9 (18.4%) are satisfactory in word discussion.



Graph. 11. Teacher's Attitude towards Pupils' errors

Source: Primary data

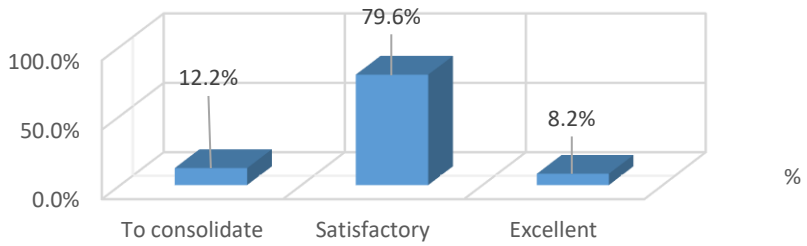
It results from the above graph that 34 (69.4%) teachers must consolidate their attitudes towards pupils' errors, 12 (24.5%) of them are satisfactory in this area and 3 (6.1%) teachers are excellent.



Graph. 12. Adaptation of teaching style and teacher's role to different circumstances

Source: Primary data

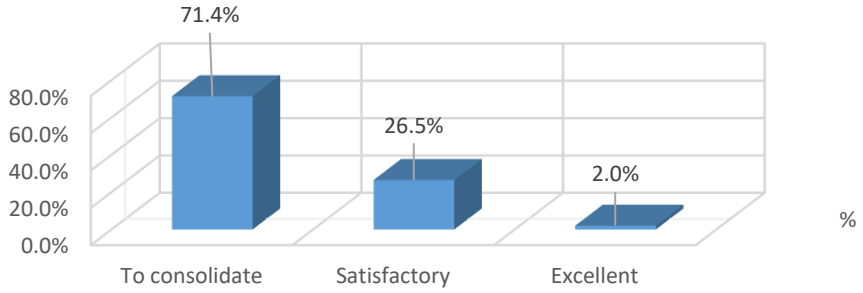
The above graph informs that 43 (87.8%) teachers have to consolidate the adaptation of teaching style and teacher's role to different circumstances in their teaching, 4 (8.2%) of them are satisfactory in this area and 2 (4.1%) are excellent in the adaptation of teaching style and teacher's role to different circumstances in their teaching.



Graph. 13. Attraction and display of didactic materials

Source: Primary data

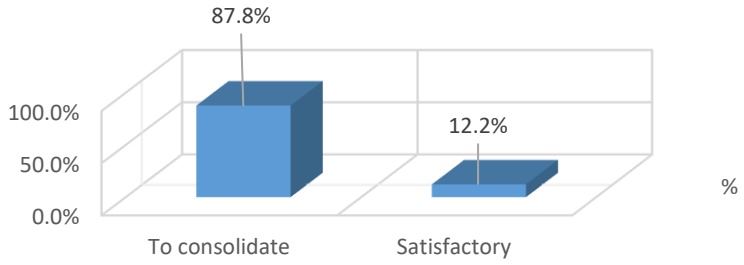
The above graph shows that 39 (79.6%) teachers are satisfactory in the attraction and display of didactic materials, 6 (12.2%) have to consolidate them, and 4 (8.2%) teachers are excellent in the attraction and display of didactic materials in their teaching.



Graph. 14. Participation of pupils

Source: Primary data

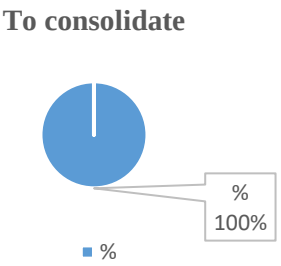
It results from the above graph that 35 (71.4%) teachers must consolidate pupils' participation in their teaching, 13 (26.5%) are satisfactory in it and only 1 (2.0%) teacher is excellent in participation of pupils in his teaching.



Graph. 15. Pupils' pair work

Source: Primary data

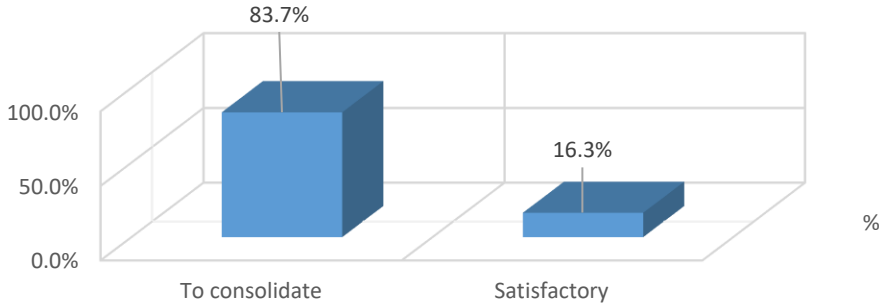
The above graph shows that 43 (87.8%) teachers have to consolidate pupils' pair work in their teaching whereas 6 (12.2%) are satisfactory in them.



Graph. 16. Group work

Source: Primary data

It results from the chart that 49 (100%) teachers have to consolidate group work in their teaching.



Graph. 17. Coherence between the goal of the lesson, the content and the methodology

Source: Primary data

It results from the above graph that 41 (83.7%) teachers must consolidate coherence between the goal of the lesson, the content and the methodology whereas 8 (16.3%) are satisfactory in them.

To sum up, the results have demonstrated that English is taught without any appropriate methodology. Each teacher creates his/her own way of teaching, which is unfortunately, a major obstacle for the best learning. As a result, children do not develop skills/competencies in English. Then, Children do not learn properly. Findings finally have rated teachers' attitudes towards their learners' errors unsatisfactory. Therefore, they have to improve their ways.

4 DISCUSSION

The research issues and the results to be discussed address essentially, the methodology, i.e the way English is taught. Also, the manners in which children learn and teachers' attitudes.

How is English taught? Throughout classroom observation it has been noticed that teachers do not use any specific methodology and the reason is that they have not received a specific training for teaching English at primary schools. Besides, because children are activity-sensitive, the most appropriate teaching approaches would be Total Physical Response (TPR) for younger children and Communicative Language Teaching (CLT) and/or Task-Based Learning (TBL) for older children. It is for this reason that teachers of primary school must be well-trained to develop eclecticism as an option.

In Communicative Language Teaching (CLT), language is taught the way it is spoken in real life situations with emphasis on language functions such as: greeting, inviting, requesting and negotiating, apologizing, refusing, etc, in relatively smaller classes or group works. Communicative language teaching considers language as a system for the expression of meaning and not a system of rule-governed structures hierarchically arranged. Because CLT is definitely a learner-centered approach, learners are actively involved in their own learning process [4]. Being an interdependent participant in the process, the teacher should, therefore, create opportunities for learners to develop their communicative skills as well as their learning-how-to-learn skills [1]. In task-based approach, content of the teaching is a series of interesting and purposeful tasks that children want or need to perform with the language they are learning. These tasks are presented as activities with a purpose other than language learning, but, as in a content-based syllabus, the performance of the tasks is approached in a way that is intended to develop a number of essential skills that children need to grow up with as citizens and independent users of the language. The focus of the teaching is on the completion of a task which in itself is interesting to the learners. Examples of tasks would include, depending on the level of the class, reading a selected passage, searching the Internet, listening to taped material, telling a story from a picture, selecting important vocabulary to teach other students, drawing, etc. Teachers should be prepared with various activities and be flexible to move from one another to prevent boredom, considering children's short attention span. Furthermore, in the same context, [7] emphasize on the use of Games in the educational process.

Besides, emphasis should be put on group work. Indeed, group work gives a fantastic opportunity to teachers to monitor and observe as pupils collaborate. It also allows pupils to be exposed to a wide variety of perspectives and ideas. There is much to gain by having pupils work in groups in the classroom. Studies have shown that, students who participate in group work demonstrate greater achievement than those who work alone. Therefore, it is important that teachers understand the benefits of group work and the best way to use it in their classrooms. "More hands make for lighter work." Group work can help students develop a host of skills that are increasingly important in the professional world [11], [12].

When pupils are tasked a group work, it flows logically that learners interact with themselves or perform an activity together. Accordingly, [8] he believes that school must present life as real and vital to the child as that which he carries on at home, in the neighborhood, or on the playground. The teachers have to present real life problems to the learners and then guide them to solve the problem by providing learners with a hands-on activity to learn the solution.

How do children learn? During classroom feature observation I rated Children's learning of English as unsatisfactory and the reason the ignorance of the right methods for kids. Indeed, Primary school children would learn best through activities which follow a similar pattern. They are generally very enthusiastic about songs, especially if they can sing along, and be involved in active games. They are still open-minded. They need to involve in hands-on experiences for effective learning. As young learners have a lot of energy but minimum concentration, it is better to engage them in physical activities within concrete environment. As [3] asserts that immediate world around them always prevails and it is their hands and eyes and ears that they use to understand this world. Furthermore, if children create their own visuals and *realia,* they will probably be engaged and interested in the activities and take more responsibility for the materials [13].

They should learn by doing. [3] believes that school must present life as real and vital to the child as that which he carries on at home, in the neighborhood, or on the playground. The teachers have to present real life problems to the learners and then guide them to solve the problem by providing learners with a hands-on activity to learn the solution.

Learning by doing theory shows not only the nature and the source of the difficulties pupils can face during teaching and learning processes, but also how the processes that can function without many problems.

Knowing which children are stronger or weaker in any given activity will help plan appropriate activities for the sake of individualization of teaching, not for an exam orientation. Many of the children would start off slowly, but later on develop rapidly. Faced with this undeniable reality, teachers of English should avoid judging one child as slower than the others or unable to learn! The fact is that although teaching is global, learning is individual. Each child is unique and learns according to individual pace and potential. The attitude of the teacher has a role in this process. Teachers should therefore be patient and give more time and attention to those who need it. Aware of this feature, teachers are requested to provide lots of encouragement and positive feedback in order to create a safe and stress-free environment that everyone can enjoy learning in. Unfortunately, my investigation has revealed that some teachers do not encourage children during the lesson, particularly when they make mistakes either because they run after the timing or because they ignore the right way of correcting learners errors. For [9], *the errors that the student makes are a natural part of the learning process***.** He implies that there is very little that we can do other than encourage the learner to form his own hypotheses and to continue along the 'natural pathway' to mastery - or at least to the level of master which satisfies him. However, other observers have noted that classroom teaching may help the learner go through each stage in the process rather more quickly, even if it cannot enable him to beat the system. To make children learn better, affective filter hypothesis theory would be taken into account [9].

But in the teaching- learning process, what should be teacher's attitudes towards learners' errors? As far as the discussion on teachers' attitudes towards learners' errors are concerned, focus is put on the concept 'error correction'. Indeed, Errors are unavoidable when learning a language and developing communicative competence. [5] defines an error as "a noticeable deviation from the adult grammar of a native speaker that reflects the competence of the learner". Error reflects the level of L2 learners' proficiency. How these errors are to be handled in ESL classrooms has generated numerous viewpoints.

Learners' errors may be caused by many factors: L1 interference, inadequate L2 knowledge, complexity of the L2, fossilization, overgeneralization, and various psycholinguistic, cognitive and affective variables [5]. Learners' attention is usually drawn to their errors by teachers or peers during interaction otherwise, their intended messages will not be conveyed.

Nevertheless, teachers do not have to harm pupils who make errors. They should have positive attitudes towards children's errors as stipulated in [9]. Errors are, in fact, regarded as part of the L2 natural learning process, so they are allowed as a positive sign of hypothesis-formation [14], [5]. Error correction is to be kept to a minimum and priority should be given to errors that hamper communication, as the aim is to develop learners' communicative fluency. Incidental and planned focus-on-form instruction aim to help L2 learners correct their errors in a feedback process during communicative activities and tasks.

5 CONCLUSION

This article has examined classroom features in English as a Foreign Language Teaching in Bunia primary schools. The study opened with an introduction followed by the sections of research methodology. The coming section presented the results of the research, which has been discussed in the last section. A conclusion put an end to the production of the article.

The study aimed to detect and remedy the ways in which English is taught in primary school. The study also aimed to encounter the manners children learn as well as teachers' attitudes towards their pupils' errors.

To reach the objective, the study was conducted using descriptive and exploratory designs. For data collection, the main concern was fieldwork method whereby observation served as technique. In the present case, observation relied on *Likert scale type observation tally sheet* using three scale levels namely, *to consolidate, satisfactory and excellent*.Besides, documentary technique was found relevant for deskwork. Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software technique served for data analysis on the basis of Descriptive Statistics such as frequencies and percentages. Coded and analyzed data were therefore, presented either in bar graphs or pie charts.

The hypotheses have been attested, therefore the results have demonstrated that English is taught without any appropriate methodology. Each teacher creates his/her own way of teaching, which is unfortunately, a major obstacle for the best learning. Then, Children do not learn. Findings finally have rated teachers' attitudes towards their learners' errors unsatisfactory. Therefore, they have to improve their ways.

Regarding the above results I suggest the followings:

- Elaboration of textbooks and proposal of a didactics as tools for primary school;
- Training of teachers in EFL for primary school;
- Sensitization of the school stakeholders about their role and implication in EFLT.

REFERENCES

[1] Breen, M.P. & Candlin, C. 2001. The Essentials of a Communicative Curriculum in Language Teaching. In D.R.Hall & A. Hewings, (eds.) *Innovation in English Language Teaching*. London: Routledge. 9-26.

[2] Asher, J.R. 1985. Leaning Another Language through Actions: The Complete Teacher's Guidebook. Los Gatos, Calif., Sky Oaks Production.

[3] Scott, Wendy A. – Ytreberg, Lisbeth H. (1990). *Teaching English to Children*. Harlow: Longman. CUP.

[4] Nunan, D. 2011. *Teaching English to Young Learners*. Los Angeles, California: Anaheim University Press.

[5] Brown, H. D. 2001. Teaching by Principles: an Interactive View of Language Pedagogy. San Francisco: Adison Wesley Longman.

[6] Harley T. 1997.*The Psychology of Language.* Psychology Press.

[7] Elena Stakanova, E. & Tolstikhina, E.2014. «Different Approaches to Teaching English as a Foreign Language to Young Learners» *Procedia - Social and Behavioral Sciences 146 (2014) 456 – 460.*

[8] Dewey, T. 1887. *Learning-by-doing Theory*. USA: California press.

[9] Krashen, S.D. 2003. *Explorations in Language Acquisition and Use*. Portsmouth, NH: Heinemann.

[10] Kothari, C.R. 2011. *Research Methodology. Methods and Techniques (2nd edition).* New Delhi: New Age International Limited Publishers.

[11] Caruso, H. M., & Williams Woolley, A. 2008. Harnessing the power of emergent interdependence to promote diverse team collaboration *Diversity and groups* (pp. 245-266): Emerald Group Publishing Limited.

[12] Mannix, E., & Neale, M. A. 2005. What differences make a difference? The promise and reality of diverse teams in organizations. *Psychological science in the public interest, 6* (2), 31-55.

[13] Moon, J. 2000. *Children Learning English.* London: Heineman Macmillan.

[14] Richards, C. J. and Rodgers, S. T. 2001. *Approaches and Methods in Language Teaching.* Cambrigde: Cambridge University Press.

APPENDIX: OBSERVATION TALLY SHEET

Scale 1= To consolidate
Scale 2= Satisfactory
Scale 3= Excellent

Nº	Expertise level	To consolidate	Satisfactory	Excellent
I	Instructions are provided in writing as well as orally			
II	Extensive use of labelling is made so that children can find things independently			
III	Children are encouraged to share ownership of the classroom			
IV	Displays are interactive			
V	ICT resources are readily available and well used			
VI	Listening area is provided			
VII	Speaking area is provided			
VIII	Reading area is provided			
IX	Writing area is provided			
X	Words are discussed with the children			
XI	Teachers' attitudes towards pupils errors			
XII	Teaching style and the teacher's role are adapted to different circumstances			
XIII	Didactic materials are attractive and well displayed			
XIV	There is active participation of pupils			
XV	Pupils work in pair			
XVI	Group works are well organized			
XVII	There exists coherence between the goal of the lesson, the content and the methodology chosen for its teaching			

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 460-468
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Model for identifying the characteristics of an individual from a class of comments

N'Guessan Behou Gérard[1], Assie Brou Ida[2], Kone Tiémoman[1], and M. Achiepo Odilon Yapo[1]

[1]Virtual University of Côte d'Ivoire, Research and Digital Expertise Unit, Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Felix Houphouet-Bouagny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Judgments made on a subject by certain people can take various forms. In the case of the covid-19 crisis, certain opinions on the vaccine for this pandemic have generated a lot of comments of various kinds. Unfortunately, some of them have some side effects that vary from person to person. This phenomen on creates then feelings of caution in the population not yet vaccinated. The objective of this article is to propose a model allowing us to analyze and understand the characteristics of the categories of people who made these comments. This model identifies individuals based on the classes of comments issued. It is based on a hybrid approach combining the multinomial logistic model and a genetic model. An application is made on the data of the comments of the Covid-19 in Côte d'Ivoire.

KEYWORDS: Multinomial logistic model, Genetic model, Commentary, Automatic classification, Covid-19.

1 INTRODUCTION

Covid-19 has infected more than six hundred million people worldwide [1]. In order to fight this pandemic, all scientific communities have mobilized to make their contribution. This mobilization gave rise to several categories of vaccines including Pfizer, Moderna, Astra Zeneca etc [2]. These vaccines like the others are not without effects. Some of these effects are presented in the work of Jonathan Sprent et al. and mainly concern fever, headaches, fatigue, etc [3]. It appears that these effects differ not only from one vaccine to another, but also from one individual to another. With the evolution of technology and the appearance of social networks we are witnessing a rapid spread of large quantities of comments on different vaccines in various forms [4], [5], [6]. However, these can constitute a real lever of controversy and frighten some people. Clarifying these doubts among the populations then becomes an obligation to curb the spread of these comments. In view of all the above, one wonders how identify comment classes? What characteristics of people for each class of comments?

The objective of this article is to propose a model allowing us to analyze and understand the characteristics of the categories of people who have made comments. To do this, we have structure this work in three (3) parts. The first takes stock of the work on covid-19. The second consists of the presentation of the methodological approach and the exploitation of these data. Finally, present the results obtained from this operation.

2 STATE OF THE ART

The COVID 19 vaccines have generated several comments due to the side effects they presented in some. These opinions are diverse and vary from one individual to another depending on the appearance of new comments. Indeed, some relate to the causes and others to the mode of transmission. Among these we can cite that of LAPIERRE et al. and BANIASAD et al. which addresses all aspects related to the functioning of the Covid-19 disease [7], [8]. In this work, the authors mainly address the modes of transmission, the methods of diagnoses then potential treatments through the clinical picture and the principles of prevention of transmission. Among these authors, others focus on the mechanism and strategy for creating a vaccine in order to slow the spread of the disease by reducing the risk of contamination [9], [10]. However, the birth of these vaccines has not left the whole world indifferent. This has manifested itself in several acts including vaccine hesitancy. Mohammad S Razai in

his article on Covid-19 Vaccine Hesitancy defines vaccine hesitancy as "a delay in accepting or refusing safe vaccines despite the availability of vaccination services" [11]. He presents this reluctance as a universal problem. Indeed, surveys conducted in 2021 report that between 50% and 60% of all respondents worldwide would be willing to receive a Covid-19 vaccine and the causes of this refusal are multiple [12], [13]. A UK "Understanding Society" survey shows that 42.7% of people were reluctant due to unknown future effects, 11.4% due to side effects and 7.6% due to lack of confidence in vaccines [14] [15]. It is clear that vaccine hesitancy is related to immediate or future comments about side effects. According to WHO, "a side effect is a harmful and unwanted reaction appearing after the use of a health product respecting the doses normally used in humans" [16], [17]. These effects can be disturbing and have been the subject of several comments in the press as well as on social networks [18]. For a good management of these comments, a classification is necessary and is made according to several criteria. These criteria are presented in the article by El Bouazzi et al. and are as follows: Classification according to frequency, classification according to the nature of ADRs, classification according to the mechanism of occurrence, classification according to predictability, classification according to preventability and classification according to severity, classification according to organ class [19]. Classification therefore appears to be a useful approach in understanding comments relating to side effects. This is confirmed in the work of Courcoul et al. on the classification of drug side effects [20]. In fact, in this work they use Natural Language Processing (NLP) to set up "a binary classification model to detect tweets containing a drug name which highlight a side effect. ". This study ends with conclusive results, 92% accuracy rate. Classification is therefore an approach widely used in the scientific field, particularly on side effects.

Most studies in the literature certainly present the effects of covid-19, without however making a correlation between the individual characteristics of people and the classes of comments. Hence the interest of this study.

3 MOTHODOLOGICAL APPROCH AND MODELING

3.1 MOTHODOLOGICAL APPROCH

The architecture of the proposed model is presented in the Figure1. as following:

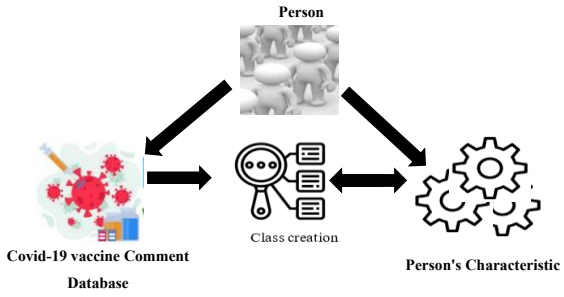


Fig. 1. Model architecture

This architecture consists of (03) three levels, namely:

(a) The knowledge base of comments made on Covid-19 vaccines.

It contains the comments collected by individual on the vaccines.

(b) The phase of creating classes by category of comments.

Based on the comments collected, the class categories were designed.

(c) The phase of associating people's characteristics with comment classes. This phase consists of identifying the characteristics of individuals and associating them with each category of comments.

4 MODELIZATION

4.1 CREATING CLASSES

Let $\overline{X}$, the set of available comments designating the knowledge's base.

From this base, we develop classes $C_{i,1<i<M}$ of comments, where the set of which is denoted $\prod^{(M)}$ as follows:

$$\prod^{(M)} = \{C_1, \ldots, C_M\} \quad (1)$$

Each class $C_{i,1<i<M}$ is associated with a set of comments $x_i \subset X$.

Let x_{new} a new set of comments. And, noted C_{new} the associated class, we have:

$$\prod^{(M)} = \prod^{(M-1)} \cup C_{new} \quad (2)$$

These new comments of x_{new} can also belong to existing classes, in addition to the class C_{new}. Our approach therefore consists to propose a model for integrating these new comments into existing classes.

Suppose the class C_i is created by a classification model training function $\psi_M \subseteq \Im$. The dynamic partition $\prod^{(M)}$ as well as the classification model $\Im^{(M)}$ can be defined by:

$$\prod^{(M)} = \{C_1, \ldots, C_M\} \quad (3)$$

$$\Im^{(M)} = \{\psi_1, \ldots, \psi_M\} \quad (4)$$

With

$$\forall\, x_{new} \in C_{new},$$

$$P(x_{new} \in C_i) = \alpha,\ \psi_M(x_{new}) - \mu_a \geq 0, \quad (5)$$

where, $\alpha, \mu_a \epsilon [0,1]$

4.2 IDENTIFYING CHARACTERISTICS

In the context of identifying characteristics c, let us denote ind, an individual in a class C. Let us suppose that each ind belongs to a single class $C_{i,1<i<M}$. This membership is reflected by the characteristic c_{ind} of ind which is worth $C_{i,1<i<M}$ if:

$$ind \in C_{i,1<i<M} \quad (6)$$

For an individual ind, we define the probability ρ of belonging to the class $C_{i,1<i<M}$ knowing the set of comments $X_{C_{i,1<i<M}}$ involved in the development of the class $C_{i,1<i<M}$:

$$\rho(C_i = C|X_{1i}) = \frac{exp(\varepsilon_{0C} + X_{1i}^T \varepsilon_{1C})}{\sum_{l=1}^{card(X)} exp(\varepsilon_{0l} + X_{1i}^T \varepsilon_{1l})} \quad (7)$$

With X_{1i}^T, a specific comment.

Supposing $\xi_{0C} = 0$ and $\xi_{1C} = 0$ so that the number of comments $card(X)$ becomes the comments reference for feature identification.

In general, the first $X_{1\,ind}$ comments are included in the multinomial logistic model when one wishes to create or interpret the classes based on these comments. Most often having no a priori on the constitution of classes, no comments are added to the model in practice. It becomes π_{iC} :

$$\rho(C_i = C|X_{1i}) = \frac{exp(\varepsilon_{0C})}{\sum_{l=1}^{card(X)} exp(\varepsilon_{0l})} \quad (8)$$

4.3 ASSOCIATION (FEATURES - COMMENT CLASS CATEGORY)

The proposed approach is modeled on the functioning of a genetic model which explains the genesis of a performance P to an elementary observation in the form of:

$$P = G + \Pi^{(M)} \quad (9)$$

With G, the number of characteristics of an individual ind and the performance P represents the probability of observing a characteristic c in a class $C_{i,1<i<M}$ of comments such as $P \in [0,1]$. By hypothesis, these two elements are independent.

By applying the previous equations (8) and (2), we have:

$$P = \sum_{i=1}^{G} \sum_{l=1}^{Card(X)} \left(\frac{exp(\varepsilon_{0C} + X_{1i}^{T} \varepsilon_{1C})}{\sum_{l=1}^{card(X)} exp(\varepsilon_{0l} + X_{1i}^{T} \varepsilon_{1l})} + \Pi^{(t-1)} \cup \{C_{New}\} \right) \quad (10)$$

5 SIMULATION AND RESULTS

As part of this study, we used the database of comments from people vaccinated against Covid-19 in Côte d'Ivoire.

This database is essentially made up of comments on vaccines from the Pasteur Institute of Côte d'Ivoire. These data consist of 48,110 observations and 11 variables as represented in figure 2 below.

	VAERS_ID	SYMPTOM1	SYMPTOMVERSION1	SYMPTOM2	SYMPTOMVERSION2	SYMPTOM3	SYMPTOMVERSION3	SYMPTOM4
1	0916600	Dysphagia	23.1	Epiglottitis	23.1	NA	NA	NA
2	0916601	Anxiety	23.1	Dyspnoea	23.1	NA	NA	NA
3	0916602	Chest discomfort	23.1	Dysphagia	23.1	Pain in extremity	23.1	Visual impairment
4	0916603	Dizziness	23.1	Fatigue	23.1	Mobility decreased	23.1	NA
5	0916604	Injection site erythema	23.1	Injection site pruritus	23.1	Injection site swelling	23.1	Injection site warmth
6	0916606	Pharyngeal swelling	23.1	NA	NA	NA	NA	NA
7	0916607	Abdominal pain	23.1	Chills	23.1	Sleep disorder	23.1	NA
8	0916608	Diarrhoea	23.1	Nasal congestion	23.1	NA	NA	NA
9	0916609	Vaccination site erythema	23.1	Vaccination site pruritus	23.1	Vaccination site swelling	23.1	NA
10	0916610	Rash	23.1	Urticaria	23.1	NA	NA	NA
11	0916611	Blood pressure decreased	23.1	Chest pain	23.1	Chills	23.1	Confusional state

Fig. 2. Database in Rstudio

The variables of the array elements consist of:

- **VAERS_ID:** Identifying people who made secondary comments about the vaccine he received;
- **SYMPTOM1:** Comments related to the first version of the vaccines received by an individual i;
- **SYMPTOMVERSION1:** Version of the first vaccine of the first dose received;
- **SYMPTOM2:** Comments related to the second dose of the first vaccine received by an individual i;
- **SYMPTOMVERSION2:** Version of the first vaccine of the second dose received;
- Etc.

The R programming language has been in the results implementation phase. Data analysis was possible thanks to the readr packages for importing our data, and FactoMineR for automatic classification.

5.1 RESULTS

The results are presented here:

RESULT 1: WORD CLOUD.

We processed and set up the word cloud from the corpus as shown in Figure 3 below. This cloud is made using the R language wordcloud package.



Fig. 3. The Corpus's Word cloud

Thanks to the result of this cloud, we observe more frequent, medium frequent and infrequent words. We can cite among others the word Pain which is the most frequent. Then, the words Site, injection, blood, headache which are moderately frequent and those made up of chills, fatigue, normal. Then come test, heart, body which are the least common. The figure4 below gives us the frequency of the first ten (10) most frequent words in our corpus with a frequency of 8735 for the word "bread".

	word	freq
pain	pain	8735
site	site	6317
injection	injection	5875
headache	headache	4750
blood	blood	4618
chills	chills	3912
fatigue	fatigue	3744
normal	normal	3525
test	test	3106
increased	increased	3100

Fig. 4. Word Frequency

RESULT2 : DATA CLASSIFICATION

The idea is to group each similar comment together to form comment classes. We therefore calculated the weighting by term frequency - inverse document frequency with the (tm) package of R before doing the classification. Then, we used the factorial coordinates of the PCA with the package (FactoMiner) and its HCPC function. It allowed us to perform CAH hierarchical ascending classification while keeping the default arguments. The execution gave us the following figure5 dendrogram with the number of clusters.

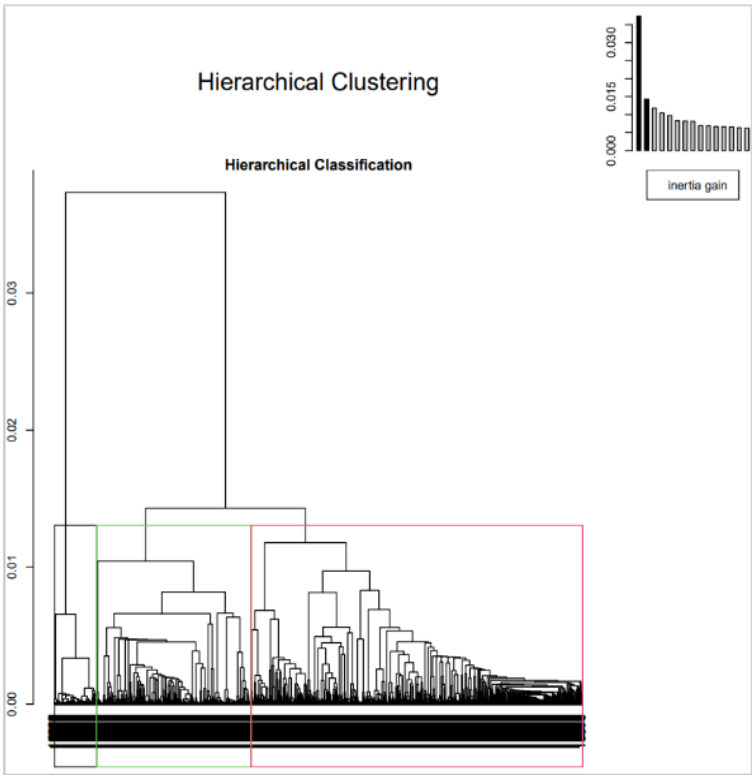


Fig. 5. Clusters 's dendrogram

This dendrogram gives us an idea of the number of classes or categories that the corpus of comments may contain.

Console ~/

$`1`

	v.test	Mean in category	Overall mean sd	in category	Overall sd	p.value
site	122.194422	0.4941290031	6.198506e-02	0.161615186	0.161123653	0.000000e+00
injection	120.610779	0.4938605619	6.043026e-02	0.189621477	0.163725151	0.000000e+00
warmth	64.016585	0.0871778575	9.224893e-03	0.149066531	0.055478203	0.000000e+00
erythema	58.538913	0.1402893448	2.644668e-02	0.141938331	0.088601824	0.000000e+00
pruritus	39.661269	0.1035358152	2.340114e-02	0.145046283	0.092052619	0.000000e+00
swelling	37.063899	0.1091766361	2.931353e-02	0.132383947	0.098169678	1.072583e-300
induration	36.073242	0.0566895367	8.115159e-03	0.141806198	0.061348552	5.960949e-285
bruising	19.965103	0.0174997404	2.175069e-03	0.098698846	0.034970503	1.107988e-88
vaccination	17.788404	0.0440618653	9.368888e-03	0.221090260	0.088856015	8.692029e-71
mass	16.214171	0.0261838182	5.541760e-03	0.113798078	0.058001671	4.004475e-59
pain	16.196440	0.0960873815	6.158074e-02	0.100256733	0.097065618	5.343253e-59
rash	14.303619	0.0605850692	2.259072e-02	0.172796823	0.121019502	2.077216e-46
reaction	14.169934	0.0351960047	1.266603e-02	0.109961008	0.072439441	1.406320e-45
cellulitis	12.790014	0.0173675706	3.613636e-03	0.102916685	0.048993468	1.864401e-37
nodule	11.928401	0.0127323607	2.228322e-03	0.083493961	0.040119578	8.417510e-33
urticaria	8.671348	0.0224004934	8.349923e-03	0.104278091	0.073822647	4.270361e-18
inflammation	7.975958	0.0113629237	3.360351e-03	0.079743306	0.045711872	1.512028e-15
streaking	7.388281	0.0031910696	3.860005e-04	0.046755725	0.017297464	1.487397e-13
indentation	7.173102	0.0023923184	2.406497e-04	0.043029335	0.013666291	7.331733e-13
lymphadenopathy	6.395314	0.0240074385	1.222553e-02	0.111636503	0.083933653	1.602181e-10

Fig. 6. List of group 1 comments

Subsequently, a factor Map is generated giving us more details on the number of comment class categories which we have in the following figure.

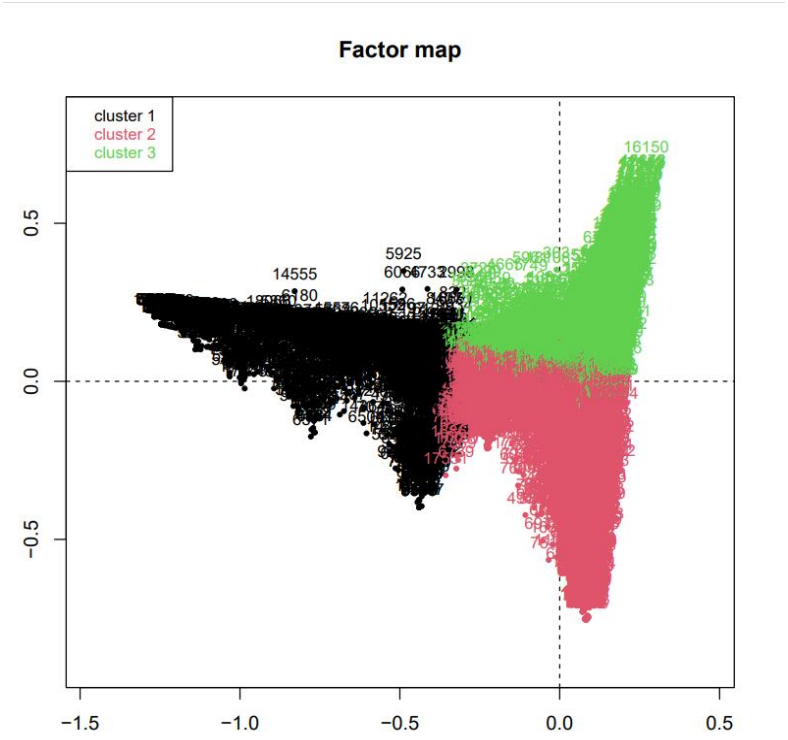


Fig. 7. Our clusters under Map factor

5.2 CLASS DESCRIPTIONS

The classification allowed us to have three homogeneous classes described as follows:

- Class1 contains more “site and injection (site, injection)” comments.

```
> result_clust$desc.var$quanti
$`1`
                    v.test Mean in category Overall mean sd in category  Overall sd       p.value
site            122.194422     0.4941290031 6.198506e-02    0.161615186 0.161123653  0.000000e+00
injection       120.610779     0.4938605619 6.043026e-02    0.189621477 0.163725151  0.000000e+00
```

Further analysis shows that the comments “sites and injection” are more correlated with the comments “erythema, warmth, pruritus, induration and swelling”.

- Class 2 contains a large number of comments such as "headaches and Frisian (headache, chills)”.

```
                    v.test Mean in category Overall mean sd in category Overall sd       p.value
headache         59.843282     1.069012e-01 0.0538367311    0.124355255 0.10011165  0.000000e+00
chills           57.294116     1.072348e-01 0.0519282929    0.140695310 0.10898397  0.000000e+00
```

- Class 3 contains more “blood” comments.

```
$`3`
                    v.test Mean in category Overall mean sd in category  Overall sd       p.value
blood           49.507592     0.0853586370 0.0427953191    0.151787157 0.115319133  0.000000e+00
```

5.3 INTERPRETATION OF CLASSES

The first group contains more site and injection comments which are more correlated with the “erythema, warmth, pruritus, induration and swelling” comments. This means that group 1 contains more people with side effects of bruising, redness and swelling at the injection sites. Thus, given their similarity, vaccinated people having a side effect from this list are

more likely to have other side effects from this same class. Figure 6... shows group 1 containing comments of similar side effects.

The second group contains more of comments "headhache and chills". Which means people in this group have more headaches and tinnitus after receiving the vaccine. Also vaccinated people with one side effect from this list are more likely to have the other side effects. Figure8 shows group 2 containing comments of similar side effects;

$`2`

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
headache	59.843282	1.069012e-01	0.0538367311	0.124355255	0.10011165	0.000000e+00
chills	57.294116	1.072348e-01	0.0519282929	0.140695310	0.10898397	0.000000e+00
fatigue	50.197399	9.657320e-02	0.0492710486	0.137953146	0.10638885	0.000000e+00
pain	47.487295	1.024076e-01	0.0615807371	0.117205143	0.09706562	0.000000e+00
nausea	40.505726	8.257395e-02	0.0410989962	0.158260750	0.11560217	0.000000e+00
myalgia	35.917164	7.133408e-02	0.0333333418	0.170019151	0.11945008	1.648532e-282
pyrexia	33.873967	7.210181e-02	0.0373815332	0.159323326	0.11572135	1.610801e-251
arthralgia	32.987267	6.567613e-02	0.0320766713	0.161736095	0.11499590	1.236785e-238
extremity	30.141423	4.961995e-02	0.0247708260	0.130423091	0.09307731	1.389518e-199
temperature	22.063324	3.242117e-02	0.0165130531	0.114633694	0.08140371	7.115665e-108
diarrhoea	21.643250	4.208589e-02	0.0220494666	0.145911288	0.10451874	7.036431e-104
body	20.427751	3.216548e-02	0.0173508116	0.112653062	0.08187813	9.476820e-93
feeling	19.285482	4.490007e-02	0.0272307889	0.135825173	0.10343914	7.112374e-83
dizziness	18.012945	5.312779e-02	0.0362004100	0.132632978	0.10609662	1.542014e-72
malaise	17.023619	3.449223e-02	0.0197010359	0.132900853	0.09809524	5.487221e-65
23.1	16.770533	1.317550e-01	0.1203267803	0.087491125	0.07693599	4.008968e-63
hyperhidrosis	16.600759	3.409012e-02	0.0190990014	0.139098393	0.10195359	6.881518e-62
cold	16.420350	2.572208e-02	0.0127809499	0.128705756	0.08897874	1.367753e-60
oropharyngeal	15.185063	2.142891e-02	0.0108674076	0.112021944	0.07852454	4.441391e-52
abdominal	15.102233	2.993053e-02	0.0173752843	0.126577855	0.09386001	1.565400e-51
back	14.656023	2.246494e-02	0.0121010076	0.111576624	0.07983711	1.232848e-48

Fig. 8. List of group 2 comments

Finally, the comment "blood" is more significantly associated with cluster 3 and is more correlated with the comments "potassium, increased, glucose, chloride and creatinine" with 49%. These different elements show that group 3 contains more people with side effects of kidney difficulties due to the presence of chemical substances in the blood. Vaccinated people who have a side effect from this list are also more likely to have other side effects. Figure9 shows group 3 containing the most similar side effect comments.

$`3`

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
blood	49.507592	0.0853586370	0.0427953191	0.151787157	0.115319133	0.000000e+00
normal	42.435325	0.0758247951	0.0376489184	0.162827451	0.120669964	0.000000e+00
test	40.221152	0.0609459555	0.0340098175	0.113271961	0.089829403	0.000000e+00
increased	32.501736	0.0569516824	0.0339946007	0.117320926	0.094743147	1.007721e-231
count	32.360650	0.0370057631	0.0184660906	0.105610492	0.076846221	9.826265e-230
tomogram	32.121452	0.0393846918	0.0195397269	0.114316785	0.082869145	2.212474e-226
computerised	32.073065	0.0393301569	0.0195130291	0.114338061	0.082877746	1.047184e-225
electrocardiogram	27.113962	0.0349904942	0.0178934658	0.115419911	0.084579543	6.740345e-162
x-ray	25.891140	0.0271484697	0.0138204209	0.094457022	0.069048317	8.380070e-148
pressure	23.996863	0.0274398194	0.0138020901	0.105639906	0.076229890	2.998623e-127
full	22.899528	0.0207916447	0.0104652694	0.083750320	0.060486584	4.696733e-116
imaging	21.609492	0.0206029068	0.0102522019	0.089875562	0.064248511	1.462492e-103
resonance	21.328197	0.0201291039	0.0099997329	0.089211358	0.063703900	6.215766e-101
magnetic	21.328197	0.0201291039	0.0099997329	0.089211358	0.063703900	6.215766e-101
abnormal	21.310522	0.0422563234	0.0283984594	0.101260816	0.087224784	9.067934e-101
rate	21.092420	0.0309988627	0.0177095591	0.109624087	0.084511051	9.336121e-99
chest	20.945328	0.0441839431	0.0286630499	0.118571110	0.099395619	2.069695e-97
function	19.472261	0.0181782387	0.0094007285	0.082631528	0.060463411	1.887516e-84
cell	19.459679	0.0184116303	0.0091189177	0.090137918	0.064053745	2.412909e-84
negative	18.830041	0.0262539799	0.0151895633	0.101654315	0.078816101	4.284294e-79
cardiac	18.198512	0.0205002554	0.0106190985	0.100081602	0.072829881	5.302828e-74

Fig. 9. List of group 3 comments

Looking at all these results, we see more clearly the details of the different groups and their characteristics.

6 CONCLUSION

In this article, we have classified comments related to side effects of Covid-19 vaccines and associated the characteristics of people with categories of classes of comments. An automatic classification made it possible to identify three (3) main categories of classes of comments.

In the long term, we intend to use Bayesian networks to quantify the effects of comments on individuals by class.

ACKNOWLEDGMENT

We thank the Félix Houphouët Boigny University Computing Center for the availability of the simulation tools received. Our thanks also go to the Professors of the Computer Science and Telecommunications Research Laboratory of the Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (INPHB) for their advice and guidance.

REFERENCES

[1] Gumaei, A., Al-Rakhami, M., Al Rahhal, MM, Albogamy, FR, Al Maghayreh, E., & AlSalman, H. (2021). Prediction of COVID-19 confirmed cases using gradient boosting regression method. Comput Mater Continua, 66, 315-329.

[2] JUNG, Jaehun. Preparing for the coronavirus disease (COVID-19) vaccination: evidence, plans, and implications. Journal of Korean Medical Science, 2021, vol. 36, No. 7.

[3] SPRENT, Jonathan and KING, Cecile. COVID-19 vaccine side effects: The positives about feeling bad. Science immunology, 2021, vol. 6, no. 60, p. eabj9256.

[4] Zhang, Shuai, PIAN, Wenjing, MA, Feicheng, et al. Characterization of the COVID-19 infodemic on Chinese social networks: exploratory study. Public Health and Surveillance JMIR, 2021, vol. 7, no. 2, p. e26090.

[5] LUO, Chen, LI, Yuru, CHEN, Anfan, et al. What triggers online help-seeking retransmission during the COVID-19 period? Empirical evidence from Chinese social media. Plos one, 2020, vol. 15, no. 11, p. e0241465.

[6] ISLAM, AKM Najmul, LAATO, Samuli, TALUKDER, Shamim, et al. Misinformation sharing and social media fatigue during COVID-19: An affordance and cognitive load perspective. Technological forecasting and social change, 2020, vol. 159, p. 120201.

[7] LAPIERRE, Alexandra, FONTAINE, Guillaume, TREMBLAY, Pierre-Luc, et al. Coronavirus disease (COVID-19): portrait of current knowledge. Emergency Care, 2020, vol. 1, no. 1, p. 13-19.

[8] BANIASAD, Maryam, MOFRAD, Morvarid Golrokh, BAHMANABADI, Bahare, et al. COVID-19 in Asia: Transmission factors, re-opening policies, and vaccination simulation. Environmental research, 2021, vol. 202, p. 111657.

[9] FERRANNA, Maddalena, CADARETTE, Daniel, and BLOOM, David E. COVID-19 vaccine allocation: Modeling health outcomes and equity implications of alternative strategies. Genius, 2021, vol. 7, no. 7, p. 924-935.

[10] GUTTIERES, Donovan, SINSKEY, Anthony J., and SPRINGS, Stacy L. Modeling framework for evaluating vaccine strategies against the COVID-19 pandemic. Systems, 2021, vol. 9, no. 1, p. 4.

[11] FORNI, Guido and MANTOVANI, Alberto. COVID-19 vaccines: where we stand and the challenges ahead. Cell Death and Differentiation, 2021, vol. 28, no. 2, p. 626-639.

[12] LAZARUS, Jeffrey V., WYKA, Katarzyna, WHITE, Trenton M., et al. Revisiting COVID-19 vaccine hesitancy around the world using data from 23 countries in 2021. Nature communications, 2022, vol. 13, no. 1, p. 3801.

[13] RAZAI, Mohammad S., CHAUDHRY, Umar AR, DOERHOLT, Katja, et al. Covid-19 vaccine hesitancy. Bmj, 2021, vol. 373.

[14] WARD, Jeremy K. and PERETTI-WATEL, Patrick. Understanding vaccine distrust: from perception biases to controversies. French Review of Sociology, 2020, vol. 61, no. 2, p. 243-273.

[15] RAZAI, Mohammad S., CHAUDHRY, Umar AR, DOERHOLT, Katja, et al. Covid-19 vaccine hesitancy. Bmj, 2021, vol. 373.

[16] RIEF, Winfried. Fear of adverse effects and COVID-19 vaccine hesitancy: recommendations of the treatment expectation expert group. In: JAMA Health Forum. American Medical Association, 2021. p. e210804-e210804.

[17] CIRILLO, Nicola. Reported orofacial adverse effects of COVID-19 vaccines: The knowns and the unknowns. Journal of Oral Pathology & Medicine, 2021, vol. 50, no. 4, p. 424-427.

[18] MARCO-FRANCO, Julio Emilio, GUADALAJARA-OLMEDA, Natividad, GONZÁLEZ-DE JULIÁN, Silvia, et al. COVID-19 healthcare planning: Predicting mortality and the role of the herd immunity barrier in the general population. Sustainability, 2020, vol. 12, no. 13, p. 5228.

[19] RENAUX, Ophélie, BOUAZZI, Leila, SANCHEZ, Antoine, et al. Impact of promoting blood donation in general practice: Prospective study among blood donors in France. Frontiers in Public Health, 2022, vol. 10, p. 4706.

[20] Courcoul, L., D'Abrigeon, A., Leroy, S., Redon, V., Omichessan, H., & Mputu, BM Classification of drug side effects, 2021.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 469-480
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La transformation digitale au service de l'accompagnement entrepreneurial financier des incubateurs

[Digital Transformation in Support of Financial Entrepreneurial Incubator Assistance]

Hafsa Ouahi and Majda El Agy

Department des sciences de gestion, Faculté des sciences juridiques économiques et sociales - Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco

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

ABSTRACT: Business incubators are an important part of the entrepreneurial innovation ecosystem. Although, research on this topic remains limited. This article explores the contribution of digital transformation in facilitating the financial support process, as well as internal and external interactions with the various players in the entrepreneurial ecosystem. In addition, we have opted for an exploratory qualitative approach using semi-structured interview guides. We interviewed (10) ten business incubators based mainly in the cities of Casablanca, Rabat, Marrakesh and Agadir. The aim of our article is to explore the contribution of digital transformation to the main activities carried out by business incubators, especially the selection of incubatees, the assistance and also the networking. The results show that digital transformation, through platforms, videoconferencing applications and data management software, is essential to facilitate the financial support process. In fact, the obtained results had revealed a major impact on internal and external communication, speed and efficiency. The digital transformation has also saved business incubators an enormous amount of time, and ensured traceability of process bottlenecks and delays. However, the outcome of our study shows that specific issues, such as the cost of integrating new technologies and the reluctance of incubatees, can hamper significantly the successful implementation of this digital transformation within incubators.

KEYWORDS: Incubatee selection, Assistance and support, Networking, Entrepreneurial ecosystem, Qualitative exploratory approach, Semi-structured interview.

RESUME: Les incubateurs d'entreprises constituent une partie importante de l'écosystème de l'innovation entrepreneuriale. Cet article explore la contribution de la transformation digitale dans la facilité du processus d'accompagnement financier ainsi que les interactions en internes et en externes avec les différents acteurs de l'écosystème entrepreneurial. Nous avons opté pour une démarche qualitative exploratoire à travers des guides d'entretien semi-directifs mobilisés auprès de (10) dix incubateurs d'entreprises basés essentiellement sur les villes de Casablanca, Rabat, Marrakech et Agadir. L'objectif de notre article est d'explorer la contribution de la transformation digitale dans les principales activités menées par les incubateurs d'entreprises notamment la recherche et la sélection des incubés, l'assistance et le soutien ainsi que le réseautage. Les résultats obtenus indiquent que la transformation digitale, qui se manifeste à travers les plateformes, les applications de Visio-conférences et les logiciels de gestion des donnés, est essentielle pour faciliter le processus d'accompagnement financier. Celle-ci a un grand impact notamment sur la communication interne et externe, sa rapidité et son efficacité. En plus de permettre aux incubateurs d'entreprises un gain de temps énorme ainsi qu'une traçabilité des blocages de processus et de retards. Cependant, les résultats de notre étude ont montré que des points bien spécifiques notamment le coût d'intégration des nouvelles technologies et la réticence des incubés peuvent freiner la bonne instauration de cette transformation digitale au sein des incubateurs.

MOTS-CLEFS: Sélection de l'incubé, Assistance et soutien, Réseautage, Écosystème entrepreneurial, Démarche qualitative exploratoire, Entretien semi-directif.

1 INTRODUCTION

De nos jours, les incubateurs d'entreprises jouent un rôle important dans le développement économique et social du pays, en raison de leur capacité à créer de nouvelles opportunités d'emploi et de richesse en promouvant l'esprit entrepreneurial, les compétences et l'innovation dans divers secteurs et activités. En addition, les incubateurs d'entreprises offrent une gamme de services dans le but de

soutenir et promouvoir les entreprises en phase de démarrage ou même les entreprises existantes, en les aidant à survivre et à prospérer dans les périodes les plus difficiles (Shaker et Wright, 2016).

En effet, l'objectif principal des incubateurs est de rassembler de façon efficace le capital humain, les nouvelles technologies, le capital connaissance pour en tirer un talent entrepreneurial et faire accélérer le niveau de développement des entreprises nouvellement crées. La motivation derrière la création des entreprises est les entrepreneurs, de ce fait, incubateurs d'entreprises cherchent à développer le talent entrepreneurial en apportant des services qui renforcent et développent les compétences entrepreneuriales à un stade où les entrepreneurs font face à l'incertitude du marché (Rice et Matthews, 1995).

Dans le but d'améliorer cette initiative, le présent travail cherche à comprendre comment la transformation digitale facilite le processus d'accompagnement financier mené par les incubateurs. En effet, l'avènement des nouvelles technologies (exemple: les médias sociaux, les technologies mobiles, les outils technologiques…) constituent une source d'opportunités pour l'écosystème de l'incubation. Ces technologies numériques contribuent à l'amélioration de la communication, de l'efficacité des processus, des services proposés et de la mise en réseau (Satish, 2017).

En addition, il est important de noter que la propagation mondiale du COVID-19 a impulsé aussi une rapide transformation digitale au sein des incubateurs d'entreprises. L'adoption des nouvelles technologies a permis de garantir une expérience d'apprentissage en ligne plus complète et incluant des interactions sociales, les incubateurs se sont engagées à fond dans les plateformes d'e-learning pour garder le contact avec les incubés et améliorer leur apprentissage (Skulmowski et Rey, 2020; Maribel et Roseline, 2021). Cette évolution souligne l'importance accrue d'évaluer les avantages des investissements dans les nouvelles technologies numériques (Klofsten et al., 2019).

Compte tenu de la rareté des études portants sur la contribution de la transformation digitale au le processus d'accompagnement financier des incubateurs, nous avons jugé essentiel de procéder par une étude exploratoire. De ce fait, l'objectif de ce travail est de répondre à la question suivante: **« Comment la transformation digitale permet-t-elle de faciliter le processus d'accompagnement financiers des incubateurs ? ».**

Afin de répondre à cette problématique nous avons structuré ce document de la façon suivante. Nous allons commencer, dans un premier temps, par la présentation du cadrage conceptuel contenant les principaux concepts à savoir la transformation digitale, l'accompagnement financier et les incubateurs. Ensuite, nous allons mettre l'accent sur la méthodologie de recherche suivie tout au long de ce travail, suivi d'une présentation des résultats obtenus. Enfin, nous présenterons une synthèse générale de ces résultats.

2 CADRE CONCEPTUEL

Nous avons réservé cette partie à la présentation des différents concepts qui constituent la base de notre étude: à savoir la transformation digitale, l'accompagnement financier et les incubateurs.

2.1 LA TRANSFORMATION DIGITALE: DE QUOI S'AGIT-IL?

Pendant ces dernières décennies, la transformation digitale est devenue l'un des sujets les plus important dans l'étude des phénomènes entrepreneuriaux. Cette initiative désigne généralement l'insertion des nouvelles technologies numériques dans tous les départements organisationnels dans le but d'augmenter le rendement et d'apporter plus de valeur ajoutée aux clients. Autrement dit, il s'agit essentiellement d'adapter la culture, les processus et les stratégies aux nouvelles exigences technologiques (Berman, 2012).

La transformation numérique revêt une importance croissante pour les organisations modernes. En effet, les nouvelles technologies intègrent rapidement notre quotidien et les entreprisses n'ont pas d'autre choix que de se mettre au numérique (Alvarenga et al., 2020). Cette transformation implique un certain nombre de changements attachés à la culture organisationnelle, à la structure, au leadership sans oublier les rôles et les compétences des employés (Vial, 2019).

Bican et Brem (2020) définissent la transformation digitale comme un changement organisationnel conduit par les technologies numériques, celle-ci a un effet puissant non seulement sur le processus de l'organisation mais également sur tous les niveaux tout en impliquant les parties prenantes. Parallèlement, Kalthoum et *al.* (2016) affirment qu'il s'agit principalement d'une accélération des activités et des processus, dans le but de bénéficier des opportunités numériques d'une façon stratégique.

Dans un sens plus large, la transformation digitale est le résultat d'un compromis entre l'environnement numérique, les organisations et les effets transformationnels des nouvelles technologies. En effet, ce changement agit sur trois dimensions organisationnelles; premièrement, et d'un angle externe, il s'agit d'améliorer progressivement l'expérience des clients notamment en adaptant leurs besoins au services proposées. Ensuite, la transformation digitale impacte la mise en œuvre des objectifs commerciaux, des stratégies et des structures hiérarchiques. Enfin, le dernier volet tend à saisir toutes les opportunités commerciales ce qui conduit à des modèles commerciaux totalement nouveaux (Saltanat et Ziyadin, 2020).

La littérature a traité la transformation digitale à travers les multiples aspects liés aux capacités et compétences (Daniel et Wilson, 2003), aux processus organisationnels et aux moyens nécessaires pour la transformation (Tan et Pan, 2003). Berman (2012) avance qu'il n'est plus question de mener un changement en interne de l'organisation, aujourd'hui il semble indispensable de changer complètement les stratégies adoptées, la culture de l'entreprise et par la suite les modèles d'affaires pour pouvoir s'inscrire dans une démarche de transformation digitale.

Delorme et Djellalil (2015) stipulent que la transformation numérique est l'action qui désigne le passage d'une économie purement physique, se basant sur des points de vente matérielle à une économie dématérialisée qui trouve ses origines dans l'échange des data. Selon Reis et al. (2018) la notion de la transformation digitale est le fruit de trois définitions; la définition technologique qui dépend de l'utilisation des technologies mobiles, des plateformes et des outils digitalisés. Ensuite, nous trouvons la définition organisationnelle qui repose sur une transformation touchant le processus organisationnel et arrive jusqu'à la création de nouveaux modèles d'affaires (Ross et Livingstone, 2016). Enfin, la dernière définition qu'évoque Reis et al. (2018), touche plutôt l'aspect social et montre que la transformation digitale est un phénomène qui apporte tant de changements et impacte la vie quotidienne des individus (Matt et Hess, 2015).

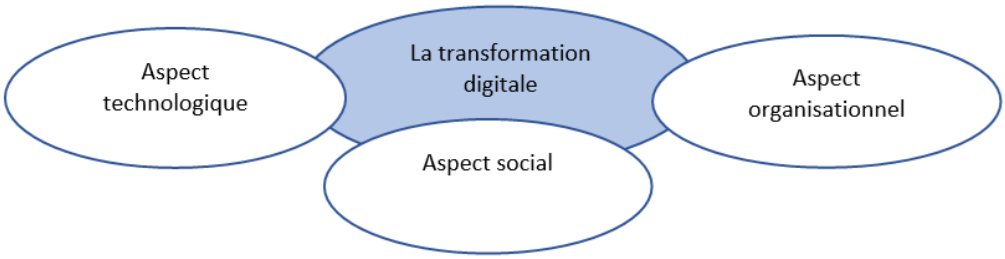


Fig. 1. Les aspects de la transformation digitale

Source: Adapté à Reis et al. (2018; p.23)

Les principaux avantages de la transformation sont nombreux et comprennent l'augmentation du chiffre d'affaire, l'innovation dans la création de valeurs sans oublier les nouvelles façons de communiquer avec les clients. Compte tenu de ces implications profondes, la stratégie de la transformation numérique aura donc comme principal objectif l'alignement des nouvelles pratiques technologies et les différentes stratégies commerciales existantes comme montré dans la figure ci-dessous (Downes et Nunes, 2013).

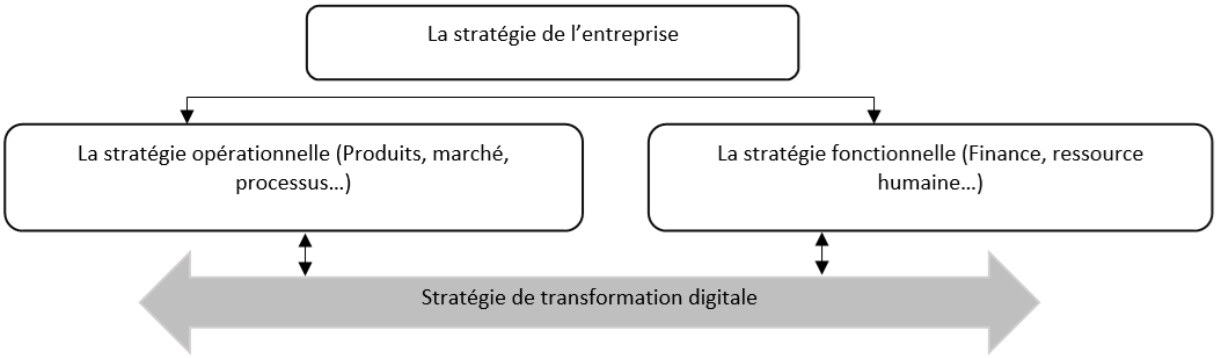


Fig. 2. Relation entre la stratégie de transformation et les autres stratégies d'entreprise

Source: Matt et al. (2015; p.52)

Après avoir procédé á un cadrage du concept de la transformation digitale, nous allons essayer d'explorer le concept de l'accompagnement entrepreneurial financier.

2.2 L'ACCOMPAGNEMENT ENTREPRENEURIAL FINANCIER: EXPLORATION DU CONCEPT

Le financement des porteurs de projet en phase de démarrage à fait l'objet de plusieurs débats des économistes et chercheurs. Les questions liées aux sources de financement est une problématique qui a fait émerger plusieurs actions et démarches pour pouvoir faciliter l'accès au financement par les porteurs de projets. Le principal défi pour ces nouvelles entreprises est non seulement de savoir

comment accéder à des sources de financement, mais aussi comment les utiliser lorsqu'elles sont disponibles, car les nouvelles entreprises manquent d'expérience et d'expertise dans la gestion des activités de base (Bouhadjeb et Lachachi Tabet, 2022).

Le cycle de vie financier d'un projet peut être divisé en phases de pré-amorçage, de démarrage, de croissance, de maturité et de post-création, comme le montre la figure ci-dessous présenté par Cui, Zha et Zhang (2010). Les solutions de financement requises varient en fonction de la taille de l'entreprise, des besoins de financement et le fonctionnement de chaque phase du cycle de vie du projet.

La phase de pré-amorçage est le début de la période d'incubation. Pendant la phase d'incubation, les porteurs de projet sont les propriétaires qui développent petit à petit leur entreprise sous un accompagnement des experts. En raison du niveau élevé des risques et de la faible rentabilité, il est presque impossible d'obtenir des prêts bancaires et des financements sur le marché des capitaux. Les principales sources de financement sont donc les fonds propres, les dons et les prêts de la famille et des proches. Si un projet a un fort potentiel, les porteurs de projets peuvent demander un financement de démarrage auprès du gouvernement, des fonds d'innovation, etc… Pendant cette période, les projets sont principalement financés par des fonds propres ou du capital-risque.

La phase de démarrage est la période qui suit la phase de pré-amorçage. Pendant cette période, les ressources propres sont insuffisantes pour le développement du projet. De ce fait, les porteurs de projets doivent donc rechercher des sources de financements extérieures. Toutefois, étant donné que risque est toujours plus élevé et le rendement est plus faible, les prêts bancaires sont utilisés en combinaison avec les fonds apportés par les Business Angels. Les business Angels jouent un rôle essentiel dans ce contexte, vu qu'ils fournissent non seulement un financement, mais également des conseils commerciaux, du soutien technique et un bon réseau.

Durant la phase de croissance, les projets ont besoin d'un montant de capital important pour augmenter la productivité, améliorer la qualité et développer la marque et doivent donc chercher un financement externe.

Après la phase de croissance vient la phase de maturité. À ce niveau, les projets ont un rendement plus élevé accompagné d'un faible taux de risque grâce à un grand nombre de garanties. Les porteurs de projets peuvent obtenir des financements par emprunt ou des prêts bancaires.

Pendant la période de post-création, les porteurs de projets peuvent réussir leur projets grâce à une combinaison efficace de sources de financements endogènes et externes.

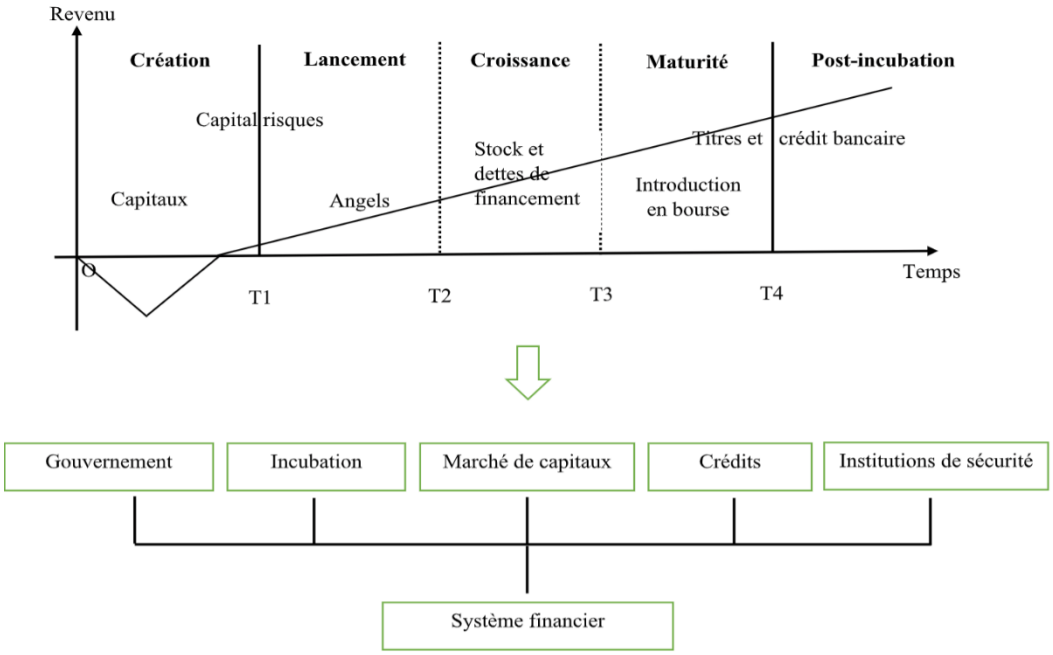


Fig. 3. Caractéristiques financières des PMEs et les dispositifs d'accompagnement en incubation

Source: Cui, Zha et Zhang (2010; p.13)

Comme indiqué par Katz et Gartner (1988), l'accès aux ressources financières constitue une condition essentielle lors de la création d'une entreprise. Dans ce cadre, Ferraton et Vallat (2005) propose deux accompagnements pour réussir l'obtention de ces ressources à savoir: l'accompagnement pré-création et l'accompagnement post création.



Fig. 4. Le processus d'accompagnement financier

Source: Ferraton et Vallat (2005; p.66)

L'appui pendant la phase du pré-lancement comprend généralement l'évaluation et la formalisation du projet et la mise en contact des créateurs avec leurs projets. Les incubateurs veillent également à donner aux porteurs de projets les informations et conseils (juridiques, fiscaux, etc…) nécessaires au démarrage de l'entreprise ainsi que les formations en relation avec la gestion d'entreprise, la comptabilité… Ajoutant à cela, la deuxième partie de l'accompagnement financier est la phase du post création, qui fait référence à l'assistance technique pour aider les créateurs d'entreprises à développer leurs activités (tableaux de suivi, formations, conseils, etc.) accompagnée d'un suivi régulier du remboursement des prêts reçus.

Pour faire face à ce problème de financement, l'incubation des entreprises est retenue comme un moyen efficace pour remédier à ces insuffisances. Sur ce, nous avons réservé le titre suivant à l'explication de ce concept.

2.3 LES INCUBATEURS D'ENTREPRISES: ESSAI DE DÉFINITION

Au cours de ces dernières années, les incubateurs ont été de plus en plus décrits comme un moyen formel pour booster la création des jeunes entreprises (Schwartz et Hornych, 2010). Ils sont considérées comme un outil efficace pour encourager l'innovation et l'esprit entrepreneurial (Aerts, Matthyssens et Vandenbempt, 2007). Autrement dit, les incubateurs ont pour principale vacation de soutenir les jeunes entreprises lors de la création tout en les aidant à se développer petit à petit surtout pendant les premières phases (Aernoudt, 2004). Cela, permet de de valoriser l'innovation et contribuer au développement régional des pays (Mas-Verdú, Ribeiro-Soriano et Roig-Tierno, 2015). Albert et Gaynor (2000) divisent la recherche sur l'incubation en trois grandes catégories: perspective, descriptive et évaluative.

La revue de littérature sur les structures d'incubations est très riche et comporte de nombreuses définitions (Hackett et Dilts, 2004). Cependant, les spécialistes n'étaient pas en mesure de proposer une définition universelle admise par l'ensemble des incubateurs. Allen et Rahman (1985) ont défini l'incubateur comme un établissement qui aide les nouvelles entreprises tout en leur fournissant un espace loué, des bureaux partagés et un soutien par le biais des services des conseils dans leur domaine d'activité.

Ultérieurement, Allen et Bazan (1990) ont défini les incubateurs comme une organisation assurant la motivation, le transfert de compétences et connaissances sans oublier le réseautage. Hughes et Morgan (2007) définissent l'incubateur comme une institution qui recueille des petites et jeunes entreprises pour les aider à se convertir rapidement en entités compétitives. Ces incubateurs ont une grande réputation à l'échelle mondiale comme un moyen stratégique pour soutenir l'esprit entrepreneurial et le potentiel d'innovation. Ils aident les jeunes entreprises à se lancer facilement sur le marché en leur offrant de multiples services. Plusieurs objectifs sont mis derrière ce soutien notamment; le développement régional, la création d'emploi, l'intégration des jeunes entreprises dans le domaine des nouvelles technologies… (Aerts, Matthyssens et Vandenbempt, 2007).

Eshun (2009) affirme que le cadre des incubateurs représente un environnement établi de façon formelle qui permet de booster les entreprises lors du démarrage par un accès facile aux ressources (matérielles, financières…) sans négliger les formations dans tout ce qui est élaboration de plan d'affaires, constitution d'équipes, réseau avec des experts spécialisés.

L'évolution de la notion des incubateurs d'entreprises a passé par trois grandes générations. Actuellement, les incubateurs de la troisième génération se focalisent sur les start-ups de nouvelles technologies alors que incubateurs de deuxième génération aident beaucoup plus les jeunes entreprises proposant des services tangibles (commerce, marketing…), sans oublier les structures d'incubation de la première génération qui incubent les entreprises opérant dans l'infrastructure et les ressources partagée (Zhang, Wu et Zhao, 2015). La figure ci-dessous montre cette évolution et différentes fonctions assurées par les incubateurs.

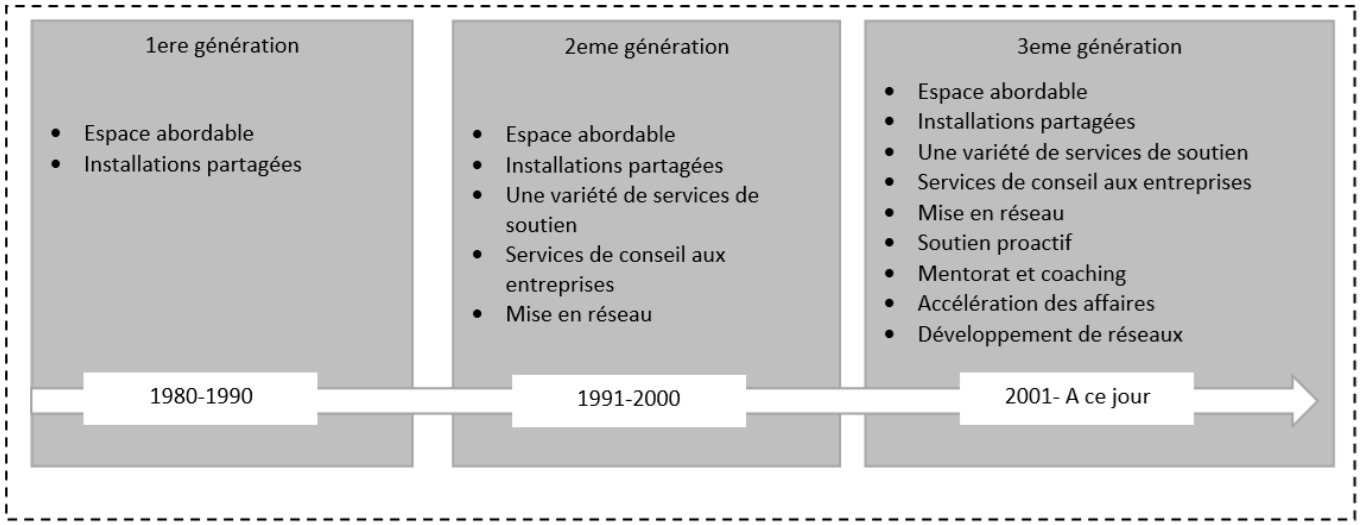


Fig. 9. L'évolution des incubateurs d'entreprises de la première à la troisième génération

Source : (Mcgowan, Kakabdse et Theodorakopoulos (2014 ; p.72)

Après avoir exposé les différents concepts clés de notre étude, nous allons consacrer la partie suivante à la présentation de la méthodologie et des résultats de la recherche.

3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Compte tenu de la nature de notre recherche, nous avons jugé pertinent de suivre une démarche qualitative qui nous permettra de comprendre les situations et leurs significations ainsi que les divers éléments qui peuvent les affecter, du fait que le présent travail vise principalement à analyser la contribution de la transformation digitale dans l'accompagnement financier proposé par les incubateurs d'entreprises.

Nous avons effectué (10) dix entretiens semi-directifs auprès des incubateurs basés sur les villes de Casablanca, Rabat, Marrakech et Agadir. Ces entrevues ont duré en totalité 3h 41min 52secondes en utilisant un guide d'entretien que nous avons élaboré. Ainsi, nous avons opté pour la méthode de boule de neige pour la sélection des répondants puisque chaque interviewé nous a recommandé d'autres personnes susceptibles de répondre à nos questions et de fournir des informations relatives à notre étude.

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

3.1.1 L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER

INTRODUCTION À L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER

Pour la majorité des interviewés l'accompagnement financier est retenu comme le financement que reçoivent les incubés pour pouvoir gérer leur entreprise. D'un autre point de vue, l'un de nos répondants précise que l'accompagnement financier se traduit par l'action d'accompagner un porteur de projet afin d'accéder au financement.

« Je dirais l'accès au financement » Interviewé 3

« C'est accompagner la start-up pour avoir du financement que ça soit des subventions, des prêts d'honneur ou des levées de fonds. » Interviewé 4

DÉVELOPPEMENT DE L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER

Nous avons essayé à travers ce sous-axe de comprendre l'évolution des pratiques d'accompagnement financier pendant ces dernières années dans les structures d'incubations.

Pour nos interviewés, la plupart ont cité les changements internes qui sont survenus avec l'accompagnement financier, principalement la digitalisation à travers l'utilisation des plateformes internes notamment EBF-INDH, Funders, Happy Smala ou Wuluj ainsi que des applications de visions-conférences telles que Zoom et Google Meet, sans oublier WhatsApp pour l'échange d'informations.

Pour les autres répondants, les changements sont plutôt externes, et citent les initiatives d'encouragement à l'accompagnement des jeunes entreprises, surtout dans le domaine de la R&D, tels que l'ancien programme de TAMWILCOM[1] pour l'octroi des fonds les porteurs de projets et des entrepreneurs.

« On a maintenant une plateforme EBF-INDH réservée à l'inscription et l'obtention des informations, on utilise Zoom pour les formations en ligne… » Interviewé 1

« Je dirais principalement les initiatives du Maroc qui encouragent de plus en plus l'accompagnement des entreprises nouvellement créées surtout dans le domaine de la recherche et développement… » Interviewé 3

CRITÈRES DE PRÉSÉLECTION POUR L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER

A ce niveau, nous voulons examiner les conditions d'accès des porteurs de projets, pour l'obtention d'un accompagnement financier.

Nous avons conclu que la plupart des incubateurs interviewés requièrent l'innovation et la viabilité économique comme prérequis, mais n'ont pas d'autres critères spécifiques pour offrir leurs services. Cependant, certains d'entre eux ajoutent l'âge, l'expérience professionnelle, la résidence, un niveau éducatif minimum, sans exercice d'une fonction libérale.

« C'est juste une maitrise du projet parce qu'on ne travaille pas avec des gens opportunistes » Interviewé 5

LES PHASES DE L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER

À travers cette question, nous avons essayé de distinguer les phases d'accompagnement financier que suivent les incubateurs dans l'exécution de leurs services.

Pour la totalité de nos interviewés, ils précisent qu'il existe deux grandes phases d'accompagnement:

La phase de précréation qui est en rapport avec le montage du dossier de financement (Esprit entrepreneurial, business plan, formations…) en parallèle avec le programme d'incubation. Une fois le montage est fait, le porteur de projet passe devant le comité de sélection pour valider son projet et débloquer la somme prévue.

La phase de post-création qui vient après déblocage de financement, ou la structure accompagne l'entrepreneur dans l'achat de matériel et le développement de son activité. Si tout fonctionne comme prévu, la structure cherche de nouvelles modalités de financement (Prêts d'honneurs; que mise en relation avec des business Angels; Subvention…).

«On procède une sélection par un appel à candidatures, les personnes passent devant le premier comité de sélection pour valider l'idée de projet, par la suite les sélectionnés passent aux formations de procréation; c'est 6jours de formations là où on travaille avec le porteur de projet sur l'esprit entrepreneurial, le business model canevas et le business plan, après ces formations les porteurs de projets passent encore une fois devant un autre comité de sélection pour voir le volet financier la faisabilité technique et enfin on passe la phase d'accompagnement et d'achat de matériel » Interviewé 5.

LES DIFFICULTÉS DE L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER

Nous avons réservé cette partie pour recenser les obstacles entravant la réussite de l'accompagnement financier.

Pour la majorité des répondants, ils précisent qu'ils ne rencontrent aucun problème durant l'accompagnement financier. Contrairement aux interviewés 4 et 6, qui expliquent l'existence de cas de fraudes et de retards de procédures liée aux partenaires externes pour le déblocage des fonds. Ainsi que la non-présentation des pièces justificatives par les entrepreneurs. Sans négliger la difficulté du fait de trouver des porteurs de projets sérieux, puisque la plupart d'entre eux mettent les voiles dès qu'ils obtiennent l'accord de financement.

« La première difficulté c'est de trouver le porteur de projet qui doit être éligible pour le projet, on reçoit pas mal personnes qui viennent au début motivé, mais une fois elles prennent l'accord de financement et le financement elles disparaissent » Interviewé 6

[1] Institution financiere publique.

GESTION DU MANQUE DE FORMATION ET D'EXPÉRIENCE CHEZ LES PORTEURS DE PROJETS

Par cette question, nous voulons comprendre comment les structures d'accompagnement gèrent le manque de formation et d'expérience chez les porteurs de projets.

La totalité des répondants suit la même démarche, et procède par l'identification des besoins des porteurs de projets par différentes méthodes, notamment l'organisation d'enquêtes, remplissage des formulaires, ou demande directe de besoins. Sur cette base, ils organisent des formations et des séances d'accompagnement pour les porteurs de projet. Plus que cela, ils désignent un formateur ou mentor propre à chacun d'entre eux.

« Dans un premier temps on fait l'identification des besoins et sur la base de ces besoins on développe un programme spécifique et personnalisé au porteur de projet » Interviewé 6

TYPES DE FINANCEMENTS ET FACILITÉS OFFERTES

À travers cette question, nous voulons avoir une idée sur les types de financements disponibles au Maroc et les facilités offertes par les structures d'incubation.

Chaque interviewé propose le moyen de financement qu'il voit adéquat offrant les meilleures facilités possibles afin de mieux réussir le démarrage et le développement des projets accompagnés. Ces financements peuvent prendre la forme de subvention (INDH), d'organisation de Hackathon, de business Angels, de prêts d'honneur (Ex: Forsa), prêts bancaires, Crowdfunding.

Le choix de chacun d'entre eux se base sur les avantages qu'il procure et aux besoins immédiats des porteurs de projets, nous pouvons citer par exemple, la gratuité des prêts d'honneurs puisque les entrepreneurs ne remboursent que le principal, et ne sont pas tenu de le rembourser s'ils prouvent une situation de faillite. En plus de la subvention de l'État qui représente une aide financière sans contrepartie, et que son obtention renforce la crédibilité auprès d'autres investisseurs.

« Les subventions, les business angles et la mise en relation avec les investisseurs » Interviewé 2

3.1.2 L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER DIGITALISÉ

LA TRANSFORMATION DIGITALE AU SEIN DE LA STRUCTURE

Au niveau de cette partie, nous voulons examiner les changements qui ont accompagné la transformation digitale au sein des structures d'incubations

Selon nos interviewés, la transformation digitale a eu un grand impact notamment sur la communication interne et externe, sa rapidité et son efficacité. En plus de permettre à ces structures d'incubation un gain de temps énorme et une traçabilité des blocages de processus et de retards. Sans oublier les avantages non négligeables liés à la facilité d'accès au financement et aux formations.

« La transformation digitale nous a permis de gagner du temps et de faciliter l'accès au financement. On a la visibilité pour voir si ça bloque chez nous ou chez la start-up et si l'auditeur vient voir le problème de blocage on a la traçabilité du retard. Autre chose, lorsque qu'on a digitalisé les formations la présence les entrepreneurs a augmenté vu que les entrepreneurs ne veulent plus se déplacer, ainsi on arrive a touché plusieurs personnes au niveau de l'appel à candidatures sans oublier le financement dont à bénéficier les start-ups africaines » Interviewé 4

L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER DIGITALISÉ ET L'AMÉLIORATION DE L'EXPÉRIENCE DES PORTEURS DE PROJETS

Nous voulons à travers cette question, connaitre l'impact de la transformation digitale de sur l'expérience des porteurs de projets quant à la question de l'accompagnement.

D'après nos répondants, l'accompagnement financier digitalisé a permis aux structures d'incubation d'avoir plus de visibilité sur les projets, d'encourager plus de porteurs de projets (meilleure atteinte de la cible), ainsi que d'attirer plus d'investisseurs et offrir une procédure moins complexe et rapide. Cependant, l'interviewé 4, ajoute que les formations à distance offertes ne sont pas très efficaces, puisque les porteurs de projets ont un emploi très chargé, ce qui fait qu'ils ne se concentrent pas bien lors du visionnage des vidéos et des réunions à distance.

« Je dirais ou et non, oui dans le sens ou la digitalisation doit être adaptée aux phases pour améliorer l'expérience donc on a cherché à intégrer la digitalisation sans pour autant déstabiliser l'activité. Ce qu'on a intégré nous a facilité la tâche. Contrairement aux formations en ligne, je trouvais que les personnes se concentrent moins à cause d'une charge de travail ou d'une mauvaise connexion. À mon avis il faut savoir ou intégrer le digital ce n'est pas parce qu'on ne veut pas louer un espace ou payer un traiteur qu'on doit se lancer dans les formations en ligne » Interviewé 5

LES OUTILS UTILISÉS DANS L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER DIGITALISÉ

Dans cette question, nous voulons recenser les outils utilisés dans l'accompagnement financier digitalisé.

D'après les réponses collectées, plusieurs outils ont été utilisés dans ce processus, nous citons principalement les différentes plateformes (EBF-INDH, Start-up square…) qui ont pour finalité d'inscrire les porteurs de projets, d'enregistrer leurs informations personnelles, et de garder une traçabilité de leurs activités. L'interviewé 1 ajoute en plus de cela, l'utilisation d'outils digitaux de communication (Slack, Funders) qui a permis de fluidifier la circulation de l'information et l'amélioration de son efficacité et pertinence.

« Nous avons une plateforme appelée la start-up square, le drive qu'on utilise pour que l'entrepreneur applaudie ces documents et on a des documents qu'on a développé en interne comme les tableaux Excel les Templates… et même le comité de financement se fait en ligne, le mentoring, les formations, le coaching sont font en ligne et finalement le débloque de fait à distance l'entrepreneur n'est pas obligé de se déplacer d'avoir de l'argent » Interviewé 4.

RÔLE DES PLATEFORMES DIGITALISÉES DANS L'ACCÈS AU FINANCEMENT POUR LES PORTEURS DE PROJET

En posant cette question, nous voulons savoir l'utilité et le rôle de la plateforme dans l'accès au financement pour les porteurs de projets.

Dans ce cadre, nos interviewés citent plusieurs utilités de leurs plateformes. Certains disent que leur plateforme sert à présenter les différents projets incubés afin de faciliter l'accès aux investisseurs si le montant des besoins dépasse la subvention de l'initiative nationale pour le développement humain (INDH). Pour d'autres, leur plateforme est un outil qui permet aux porteurs de projets de soumettre leurs candidatures pour être accompagnées, ainsi que de sauvegarder les données des porteurs de projets. Son rôle, pour le reste, est principalement l'accès aux formations à valider, afin de franchir le premier pas pour être accompagné.

« En fait, la plateforme ne permet pas de chercher ou d'accéder au financement c'est plutôt la soumission des candidatures et la communication avec les candidats » Interviewé 3

OBSTACLES RENCONTRÉS DANS LA MISE EN PLACE D'UN ACCOMPAGNEMENT FINANCIER DIGITALISÉ

D'après cette question, nous espérons avoir une réponse sur les difficultés et obstacles rencontrés lors de la mise en place d'un accompagnement financier digitalisé.

La majorité de nos répondants affirment ne pas trouver de difficultés lors de la mise en place de l'accompagnement financier digitalisé. Cependant, pour l'interviewé 4 et 5, ils expliquent qu'ils existent quelques difficultés notamment le cout exorbitant qu'engendre cette implémentation pour leurs structures, ainsi que la réticence des porteurs de projets à utiliser ces nouveaux outils digitaux et ajoutent que même certains de leurs collaborateurs résistent à ce changement, ce qui rend l'accompagnement plus complexe.

« Premièrement les couts, mais dernièrement on a mis une équipe interne qui travaille sur ça pour les réduire; ainsi que la réticence des entrepreneurs à utiliser ces outils et la réticence de notre équipe également… » Interviewé 4

FEEDBACK DES PORTEURS DE PROJETS VIS-À-VIS DE L'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER DIGITALISÉ

Nous avons conclu notre guide par cette question, afin de connaitre le feedback des porteurs de projets concernant l'implémentation de l'accompagnement financier digitalisé.

D'après nos interviewés, l'appréciation de l'accompagnement financier digitalisé diffère d'un porteur de projet à un autre, certains le voient comme un grand progrès du processus d'accompagnement, alors que d'autres le considèrent comme un moyen de perte de temps et d'argent, sans aucune valeur ajoutée.

« Ça dépend du porteur de projets, mais je vois que le futur est dans le digital. Le digital est synonyme de facilité et de réduction de couts et de temps ». Interviewé 1

3.2 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Nous avons déduit de l'ensemble des réponses que l'accompagnement financier est retenu comme le financement que reçoivent les incubés pour pouvoir gérer leur entreprise. Ce type d'accompagnement a connu plusieurs mutations de type interne et externe. En effet, les changements internes sont principalement liés à la digitalisation à travers l'utilisation des plateformes telle que EBF-INDH, Funders, Happy Smala ou Wuluj ainsi que des applications de visions-conférences telles que zoom et Meet, sans oublier WhatsApp pour l'échange d'informations. Pour les changements externes; nous pouvons citer les initiatives d'encouragement à l'accompagnement des jeunes entreprises, surtout dans le domaine de R&D.

L'accès au programme d'accompagnement est conditionné dans la plupart des cas par le caractère innovant du projet ainsi que la viabilité économique. Pour certains incubateurs l'âge, l'expérience professionnelle, la résidence, un niveau éducatif minimum se rajoutent comme condition d'accès à leurs services.

Nous nous sommes intéressés également à la détermination des phases de l'accompagnement financier. Nous avons trouvé que ce type d'appui s'applique sur deux grandes phases:

La phase de procréation qui est en rapport avec le montage du dossier de financement (Esprit entrepreneurial, business plan, formations…) en parallèle avec le programme d'incubation. Une fois le montage fait, le porteur de projet passe devant le comité de sélection pour valider son projet et débloquer la somme prévue.

La phase de post-création qui vient après déblocage de financement, ou la structure accompagne l'entrepreneur dans l'achat de matériel et le développement de son activité. Si tout fonctionne comme prévu, la structure cherche de nouvelles modalités de financement (Prêts d'honneurs; que mise en relation avec des business Angels; Subvention…).

Ajoutant à cela, plusieurs éléments peuvent bloquer l'avancement de cet accompagnement notamment les cas de fraudes et les retards de procédures liées aux partenaires externes pour le déblocage des fonds. Ainsi que la non-présentation des pièces justificatives par les porteurs de projets. En plus, pour certains porteurs de projets le financement est retenu comme une source de subsistance de dieu dont la famille doit bénéficier, et non pas pour financer son projet.

Pour les incubateurs la mise en place d'un bon accompagnement repose tout d'abord sur l'identification des besoins des porteurs de projets par différentes méthodes, notamment l'organisation d'enquêtes, remplissage des formulaires, ou demande directe de besoins. Et sur cette base, ils organisent des formations et des séances d'accompagnement pour les porteurs de projet. Plus que cela, ils désignent un formateur ou mentor propre à chacun d'entre eux.

Pour les sources de financement, chaque incubateur propose le moyen de financement qu'il voit adéquat offrant les meilleures facilités possibles afin de mieux réussir le démarrage et le développement des projets accompagnés. Ces financements peuvent prendre la forme de subvention (INDH), l'organisation d'Hackathon, les business Angels, les prêts d'honneur, prêts bancaires, Crowdfunding.

Nous avons également mis l'accent sur l'impact de la transformation sur les structures d'incubation. En effet, la transformation digitale a eu un grand impact notamment sur la communication interne et externe, sa rapidité et son efficacité. En plus de permettre à ces structures d'incubation un gain de temps énorme, et une traçabilité des blocages de processus et de retards. Dans le même cadre, l'accompagnement financier digitalisé a permis aux structures d'incubation d'avoir plus de visibilité sur les projets, d'encourager plus de porteurs de projets ainsi que d'attirer plus d'investisseurs, et d'offrir une procédure moins complexe et rapide.

Cette démarche peut avoir fin vu l'existence des difficultés notamment en matière de coût exorbitant qu'engendre cette implémentation pour les structures d'incubation, ainsi que la réticence des porteurs de projets à utiliser ces nouveaux outils digitaux.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude exploratoire a fourni une vue d'ensemble sur la situation actuelle quant à la question de la contribution de la transformation digitale dans le processus d'accompagnement financier mené par les incubateurs au Maroc, notamment la recherche et la sélection des incubes, l'assistance et le soutien ainsi que le réseautage.

L'analyse empirique a permis de montrer que la transformation digitale qui se manifeste à travers les plateformes, les applications de visioconférences et les logiciels de gestion des données est essentielle pour faciliter le processus d'accompagnement financier. Autrement dit, celle-ci favorise la réduction des coûts, l'amélioration des processus et de la qualité des services ainsi qu'une meilleure traçabilité des blocages et de retards.

Cependant, la transformation digitale se heurte à divers obstacles qui entravent sa mise en œuvre efficace. Parmi ces défis, nous avons décelé dans un premier temps les coûts associés à la formation du personnel pour qu'ils puissent se familiariser avec les outils et les technologies numériques. Deuxièmement, la résistance manifestée par les porteurs de projets eux-mêmes ainsi que par les partenaires impliqués, souvent en raison d'une méconnaissance des avantages concrets qu'elle peut apporter. Enfin, la nécessité d'une infrastructure adéquate qui facilite ce changement, notamment en termes de connectivité, de sécurité des données et de capacités de stockage adéquates.

Dans cette étude, nous avons constaté que peu d'attention a été accordée à la contribution de la transformation digitale au processus d'accompagnement et qui permet de donner aux incubateurs une vision holistique de ce phénomène. En addition, les résultats sont exploratoires et préliminaires par nature et sont destinés à stimuler d'autres recherches pour confirmer les résultats obtenus. Cette étude ne peut être considérée comme complète ou exhaustive et peut être complétée par des études ultérieures.

REFERENCES

[1] Shaker, A., & Wright, M. (2016). Understanding the social role of entrepreneurship. *Journal of Management Studies, 53*.

[2] Rice, M., & Matthews, J. (1995). Growing New Ventures, Creating New Jobs: Principles & Practices of Successful Business Incubation. *Wesport, CT, Quorum Books.*

[3] Satish, N. (2017). Digital Entrepreneurship: Toward a Digital Technology Perspective of Entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practie, 41,* 1029-1055.

[4] Skulmowski, A., & Rey, G. (2020). COVID-19 as an Accelerator for Digitalization at German University: Establishing Hybrid Campuses in Times of Crisis. *Human Behavior and Emerging Technologies,* 212-216.

[5] Maribel, G., & Roseline, W. (2021). Entrepreneurial Migrants from/in Emerging Economies: Breaking Taboos and Stereotypes. *International Entrepreneurship and Management Journal, 17,* 477-506.

[6] Klofsten, M., Fayolle, A., Guerrero, M., Sarfaz, M., Urbano, D., & Wright, M. (2019). The Entrepreneurial University as a Driver for Economic Growth and Social Change- key Strategic Challenges. *Technological Forecasting and Social Change, 141,* 149-158.

[7] Berman, S. (2012). Digital Transformation: Opportunities to Create New Business Models. *Strategy and Leadership, 40*.

[8] Alvarenga, A., Matos, F., Radus, G., Jaco, C., & sustainability. (2020). Digital Transformation and Knowledge Management in the Public Sector. *Sustainability*.

[9] Vial, G. (2019). Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda. *The Journal of Strategic Information Systems, 28,* 118-144.

[10] Bican, P., & Brem, A. (2020). Digital Business Model, Digital Transformation, Digital Entrepreneurship: Is there A Sustainable «Digial»? *Sustainability, 12 (13).*

[11] Saltanat, S., & Ziyadin, S. (2020). Digital Transformation in Business. *Digital Age: Chances, Challenges and Future,* 408-415.

[12] Daniel, E., & Wilson, H. (2003). The Role of Dynamic Capabilities in e-business Transformation. *European Journal of Information Systems, 12,* 282-296.

[13] Tan, C. W., & Pan, S. L. (2003). Managing e-transformation in public sector: An egovernment study of Inland Revenue Authority of Singapore (IRAS). *European Journal of Information Systems, 12 (4),* 269-281.

[14] Delorme, P., & Djellalil, J. (2015). La transformation digitale Saisir les opportunités du numérique pour l'entreprise. *Stratégies et management,* 218.

[15] Reis, J., Amorim, M., Melão, N., & Matos, P. (2018). Digital Transformation: A Literature Review and Guidelines for Future Researc. *Part of The Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC), 745*.

[16] Ross, B. A., & Livingstone, S. (2016). From youth voice to young entrepreneurs: the individualization of digital media and learning. *Journal of Digital and Media Literacy*.

[17] Matt, C., & Hess, T. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business & Information Systems Engineering, 57 (5).*

[18] Downes, L., & Nunes, P. (2013). Big Bang Disruption. *Harvard Business Review, 91: 3,* 44-56.

[19] Bouhadjeb, A., & Lachachi Tabet, W. (2022). The Motivations and Barriers to Female Entrepreneurship Motivation and Obstacles to Women's Entrepreneurship. *AL Bashaer Economic Journal, 7*.

[20] Cui, Y., Zha, L., & Zhang, F. (2010). Financial Support System and Strategy of SMEs in the Incubation Based on Business Life Cycle. *International business research, 3*.

[21] Katz, J. A., & Gartner, W. B. (1988). Properties of emerging organizations. *Academy of Management Review, 13* (3), 429-4141.

[22] Ferraton, C., & Vallat, D. (2011). Un avatar de la finance solidaire: vers un modèle d'entrepreneur collectif. *Revue Française de Socio-Economie* (7), 67-81.

[23] Schwartz, M., & Hornych, C. (2010). Cooperation patterns of incubator firms and the impact of incubator specialization: Empirical evidence from Germany. *Technovation, 30,* 485-495. doi: 10.1016/j.technovation.2010.05.001

[24] Aerts, K., Matthyssens, P., & Vandenbempt, K. (2007). Critical role and screening practices of European business incubators. *Electronic Journal, 27,* 254-267.

[25] Aernoudt, R. (2004). Incubators: Tool for Entrepreneurship? *Small Business Economics, 23,* 127-135.

[26] Mas-Verdú, F., Ribeiro-Soriano, D., & Roig-Tierno, N. (2015). Firm survival: The role of incubators and business characteristics. *Journal of Business Research, 68,* 793-796.

[27] Albert, P., & Gaynor, L. (2000). Incubators-growing up, moving out: A review of the literature. *Annual Review of Progress in entrepreneurship,* 158.

[28] Hackett, S. M., & Dilts, D. M. (2004). A Systematic Review of Business Incubation Research. *Journal of Technology Transfer, 29,* 55-82.

[29] Allen, D. N., & Rahman, S. (1985). Small business incubators: a positive enviroment for entrepreneurship. *Journal of Small Business Management.*

[30] ALLEN, D., & BAZAN, E. (1990). Value-added contribution of Pennsylvania's business incubators to tenant firms and local economies. *Rapport présenté par le département du commerce de Pennsylvanie. États-Unis, Université d'état de Pennsylvanie*.

[31] Hughes, M., & Morgan, R. (2007). Deconstructing the Relationship Between Entrepreneurial Orientation and Business Performance at the Embryonic Stage of Firm Growth. *Industrial Marketing Management, 36,* 651-661. doi: 10.1016/j.indmarman.2006.04.003

[32] Eshun, J. R. (2009). Business Incubation as Strategy. Business Strategy Series. *Emerald Group Publishing Limited, 10,* 156-166.

[33] Zhang, H., Wu, W., & Zhao, L. (2015). A study of knowledge supernetworks and network robustness in different business incubators. *Physica A Statistical Mechanics and its Applications, 447*. doi: DOI: 10.1016/j.physa.2015.12.051

[34] Mcgowan., C., Kakabdse, N., & Theodorakopoulos, N. (2014). What matters in business incubation? A literature review and a suggestion for situated theorising. *Journal of Small Business and Enterprise Development, 21,* 602-622. doi: DOI: 10.1108/JSBED-09-2014-0152.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 481-488
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Healing effects of aqueous extract of leaves of *Petrosolinum crispum* (Apiaceae) on induce wounds in rats

Atto Virginie[1], Kamo Irie Lou Emilie[2], Adepo Yapo Prospère[3], and Nene Bi Semi Anthèlmel[1]

[1]Laboratory of Biology and Health, Biosciences, Training and Research Unit, Félix Houphouët-Boigny University, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]Pasteur Institute, Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]Laboratory of Biotechnology, Agriculture and Development of Biological Resources, Biosciences, Training and Research Unit, Félix Houphouët-Boigny University, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: *Petrosolinum crispum* (Apiaceae) is a plant commonly used in traditional African medicine for improving the health of populations including wound care; the aim of this study was to evaluate the healing properties of *Petrosolinum crispum* (Apiaceae) leaves on second degree incision wounds in Wistar rats. This study was carried out on 28 rats divided into 7 batches of 4 rats, one of which was an untreated control and the other 6 received daily applications of test substances. The results showed that the wounds treated with 500 mg/ml of the aqueous extract of leaves of *Petrosolinum crispum* (EAPc) healed first. At this concentration, the healing time is the same as that of rats treated with Flammazine, 16 days against. For the batches treated with Betadine and EAPc at 1000 mg/ml, the wounds had completely healed in 26 days. However, those of the untreated rats had healed 95% by the 28th day. This effect of the extract is due to the bioactive substances present within the plant. These results therefore suggest that this extract has healing activity.

KEYWORDS: *Petrosolinum crispum,* incision wounds, cicatrization, rats.

1 INTRODUCTION

The skin is a complex organ covering the entire body and ensuring several functions necessary for the survival of the organism such as protection against external physical, chemical and biological attacks [1], [2]. These attacks cause wounds. Skin wound healing is a coordinated dynamic process that involves cell multiplication, active cell migration and extracellular matrix production [3], [4]. Research undertaken for the therapeutic management of wounds has greatly improved their prognosis [5]. However, the use of many "conventional" products is often limited because of their variable effectiveness, their possible adverse effects, their unavailability. The solution to these many disadvantages is the use of natural products. These products from traditional medicine have proven their effectiveness for the treatment of wounds and have advantages from the point of view of availability, harmlessness and low cost For the treatment of wounds, several medicinal plants are used [6]. Among these plants is parsley (*Petrosolinum crispum*).

Petrosolinum crispum (Apiaceae) is a herbaceous plant, commonly used in cooking. Traditionally, it is used for menstrual disorders, galactagogue, diabetes, edema and hematoma [7], [8]. *Petrosolinum crispum* is also used in the treatment of intestinal cramps, diarrhea, against lice [9] and for its anticancer, analgesic, spamolytic activity, beneficial effects on diueresis and for wounds [10], [11]. For the treatment of wounds, many medicinal plants are used, however very few scientific studies have been carried out [6]. It is in this context that the present work takes place, the general objective of which was to evaluate the healing properties of an aqueous extract of leaves of *Petrosolinum Crispum* (Apiaceae) on wounds induced in Wistar rats.

Corresponding Author: Atto Virginie

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 MATERIAL

2.1.1 VEGETAL MATERIAL

Petroselinum crispum leaves were used. They were collected in the commune of Adjamé (Abidjan Ivory Coast). This plant was identified at the Center National de Floristique (CNF) of the Félix Houphouët-Boigny University of Cocody (Abidjan, Ivory Coast) in comparison with the herbarium UCJ 0190.

2.1.2 ANIMAL MATERIAL

Mice (male and female) of the species Mus Musculus (Muridae) of Swiss strain, with a weight of 17 to 28 g, were used for the toxicity test. Rats of the species Ratus Norvegecus (Muridae) of the Wistar albino strain with a body weight of between 190 and 220 g were used in the healing study. These animals came from the Vivarium animal facility, located at the ENS (Ecole Normale Supérieure). They had free access to food and water. They were fed standard pellets manufactured by IVOGRAIN. The room had received lighting and darkness on a cycle of (12/12h) with a temperature of 28° ± 3°C. The experimental protocols were followed in accordance with the protocols for the protection of experimental animals of the European Council on Legislation 2012/707.

2.2 METHODS

2.2.1 PREPARATION OF THE AQUEOUS EXTRACT OF *PETROSELINUM CRISPUM* LEAVES

One hundred (100) grams (g) of fresh leaves of *Petroselinum crispum* were ground in a blender and then boiled for 15 min in 1.5 L of distilled water. The decoction obtained was filtered on absorbent cotton then on Whatman No. 2 filter paper. The filtrate collected was dried in an oven (Thermo SCIENTIFIC VT 6060 M, Finland) at 50° C. for 48 hours. After drying, the aqueous extract of *Petroselinum crispum* leaves was in powder form. It has been used for toxicity testing and pharmacological wound healing studies in rats.

2.2.2 PHYTOCHEMICAL SCREENING OF THE AQUEOUS EXTRACT OF *PETROSELINUM CRISPUM* LEAVES

The identification of secondary metabolites (alkaloids, phenolic compounds, terpenoids, sterols, coumarins, flavonoids, tannins and saponosides) consisted of characterization tests of the major groups of chemical compounds contained in the aqueous extract. The detection of these compounds based on the principle that they induce chemical reactions in the presence of appropriate reagents [12].

These tests were carried out using the analytical techniques described in the work of [13] and those of [14].

2.2.3 STUDY OF THE CURATIVE EFFECTS OF THE AQUEOUS EXTRACT OF *PETROSELINUM CRISPUM* LEAVES ON INDUCED WOUNDS IN WISTAR RATS INDUCTION OF WOUNDS

This study was carried out using a skin healing model following the protocol described by [15]. A circular incision 2 cm in diameter was made in the dorso-scapula region of each rat anesthetized with ether. It was important to ensure that the rats were unconscious during wound induction to minimize animal suffering during the experiment [16]. This was achieved by ensuring that the ocular and withdrawal reflexes had disappeared and breathing had weakened and become predominantly abdominal. After making the wounds, these were treated according to the batch to which each rat belonged. The wounds were not protected by a dressing.

2.2.3.1 ANIMAL TREATMENT

Twenty-eight (28) rats were used. These were divided into 7 groups of 4 rats including an untreated control group and the 6 others receiving daily applications of substances for 28 days.

- Group 1: rats with wounds without treatment (NT),
- Groups 2 and 3: rats with wounds treated with reference substances Betadine (TRB) and flammazine (FMZ),
- Groups 4, 5, 6 et 7: wounds treated respectively with the concentrations 100, 250; 500 and 1000 mg/ml of the paste of the aqueous extract of *Petrosolinum crispum* (EAPc)

2.2.3.2 HEALING ASSESSMENT

Measurements of the diameter of the wounds were made every two days using a graduated ruler and then by digital planimetry. The images obtained were processed with the Java ImageJ software [17]. All animals were monitored regularly until complete wound healing. They had access to food and water ad libitum. The percentage (%) of wound retraction was then determined using the following formula [18]:

$$\%\text{Rétraction} = \frac{(\text{initial wound size - Jn wound size}) \text{ X } 100}{\text{initial wound size}}$$

3 STATISTICAL ANALYSIS

The statistical analysis of the values and the representation of the data were carried out using the Graph PadPrism 8 software (San Diego, Carlifonia, USA). The statistical difference between the results was carried out using the Analysis of Variances (ANOVA), followed by the Tukey-Kramer multiple comparison test, with a significance level $P < 0.05$. All values were presented as the mean ± SEM (Standard Error of the Mean).

4 RESULTS

4.1 PHYTOCHEMICAL STUDY OF THE AQUEOUS EXTRACT OF *PETROSOLINUM CRISPUM* LEAVES

Phytochemical screening carried out using the aqueous extract of *Petrosolinum crispum* leaves (EAPc) revealed the presence of sterols, polyterpenes, polyphenols, flavonoids, saponosides, quinone compounds, alkaloids and catechin tannins. But the absence of gallic tannins was noted (Table 1).

Table 1. . Phytochemical composition of aqueous extract of Petroselinum crispum leaves.

Composés recherchés		***Test ou réactifs***	**Résultat**
Stérols et polyterpènes		*Liebermann*	+
Polyphénols		*Chlorure ferrique*	+
Flavonoïdes		*Cyanidine*	+
Saponosides		*Agitation vigoureuse*	+
Composés quinoniques		*Borntraeger*	+
Alcaloïdes		*Dragendorff*	+
		Bouchardat	+
Tanins	Catechiques	*Stiasny*	+
	Galliques	*Acide chlorhydrique*	-

(+): Presence of the compound (–): Absence of the compound

4.2 EFFECTS OF AQUEOUS EXTRACT OF *PETROSOLINUM CRISPUM* LEAVES ON WOUND HEALING IN WISTAR RATS

4.2.1 EFFECTS OF AQUEOUS EXTRACT OF *PETROSOLINUM CRISPUM* LEAVES ON HEMOSTASIS IN WISTAR RATS

Bleeding from the wounds of animals treated with the extract and with Flammazine ceased after 1 min 45 s for the longest time. While untreated wounds and those treated with Betadine saw their hemorrhage time reach 3 min for the maximum time, i.e. double that of animals treated with the extract.

4.2.2 MACROSCOPIC APPEARANCE

The appearance of crusts was observed in the batches treated with the extract after the 1st day, on the other hand in the untreated and Betadine reference batches, the observation was made from the 3rd day. Signs of inflammation (redness and oedema) were observed on all wounds 24 hours after induction. These signs had regressed and disappeared after 2 days in the rats treated separately with the plant extract and Flammazine (reference substance) against 3 days with Betadine (reference substance) and 5 days for the animals not having received treatment. The buds had appeared earlier and more numerous on the wounds treated with EAPc than those treated with the reference substances (Betadine and Flammazine). These buds had appeared after 4 days in the animals of the batches treated with the extract versus 6 days in those treated with the reference substances (Fig 1).



Fig. 1. General appearance of incisions in rats after 4 days of treatment.

a: edema b: dermis c: exudate
A: Photograph of incision of untreated rats
B: Photograph of incision of rats treated with Betadine
C: Photograph of incision of rats treated with Flamazine
D: Photograph of incision of rats treated with aqueous extract of Petrosolinum crispum leaves

4.3 EFFECTS OF AQUEOUS EXTRACT OF *PETROSOLINUM CRISPUM* LEAVES (EAPC) ON THE SURFACE OF INCISIONS IN WISTAR RATS.

A reduction in the mean surface areas of the wounds was observed in the rats of the different batches, but unevenly (Fig 2). The wounds treated with EAPc as well as those treated with Flammazine closed faster than those of animals treated with Betadine and those of untreated animals. Indeed, the initial surface of the wounds for the untreated controls was equal to 2.45 ± 0.05 cm2 against 2.38 ± 0.03; 2.51 ± 0.29; 2.50 ± 0.13 and 2.43 ± 0.03 cm2 in rats treated with EAPc at 100, respectively; 250: 500 and 1000 mg/ml. During the first 3 days, the surface of the wounds of the rats of the different batches did not vary. In contrast, a significant decrease at $P < 0.05$ in wound area was observed on day 14 for wounds treated with EAPc. It had gone to 0.53 ± 0.13 respectively; 0.38 ± 0.03; 0.15 ± 0.15 and 0.95 ± 0.25 cm2 in rats treated with EAPc at 100; 250: 500 and 1000 mg/ml.

In addition, wounds treated with the 500 mg/ml concentration of EAPc healed first. With the application of EAPc at 500 mg/ml, the mean surface area of the wounds which was 1.08 ± 0.53 cm2 corresponding to a contraction percentage of 56.80% on the 6th day of treatment decreased to 0, 15 ± 0.15 cm2 or a contraction of 94% on the 14th day. In untreated rats, the surface of the wounds decreased from the 10th day with an average which went from 2.45 ± 0.05 cm2 to 1.15 ± 0.08 cm2 giving 53.19% contraction of the surface of wounds.

The healing time of the rats treated with aqueous extract of *Petrosolinum crispum* leaves (EAPc) at 500 mg/ml just like that of the rats treated with Flammazine was 16 days against 18 and 20 days for the rats treated with EAPc at 100 and 250 mg/ml. The wounds of the Betadine-treated rats and those treated with EAPc at 1000 mg/ml had completely healed in 26 days. However those of the untreated rats had healed to 95% on the 28th day (Fig 3 and 4).

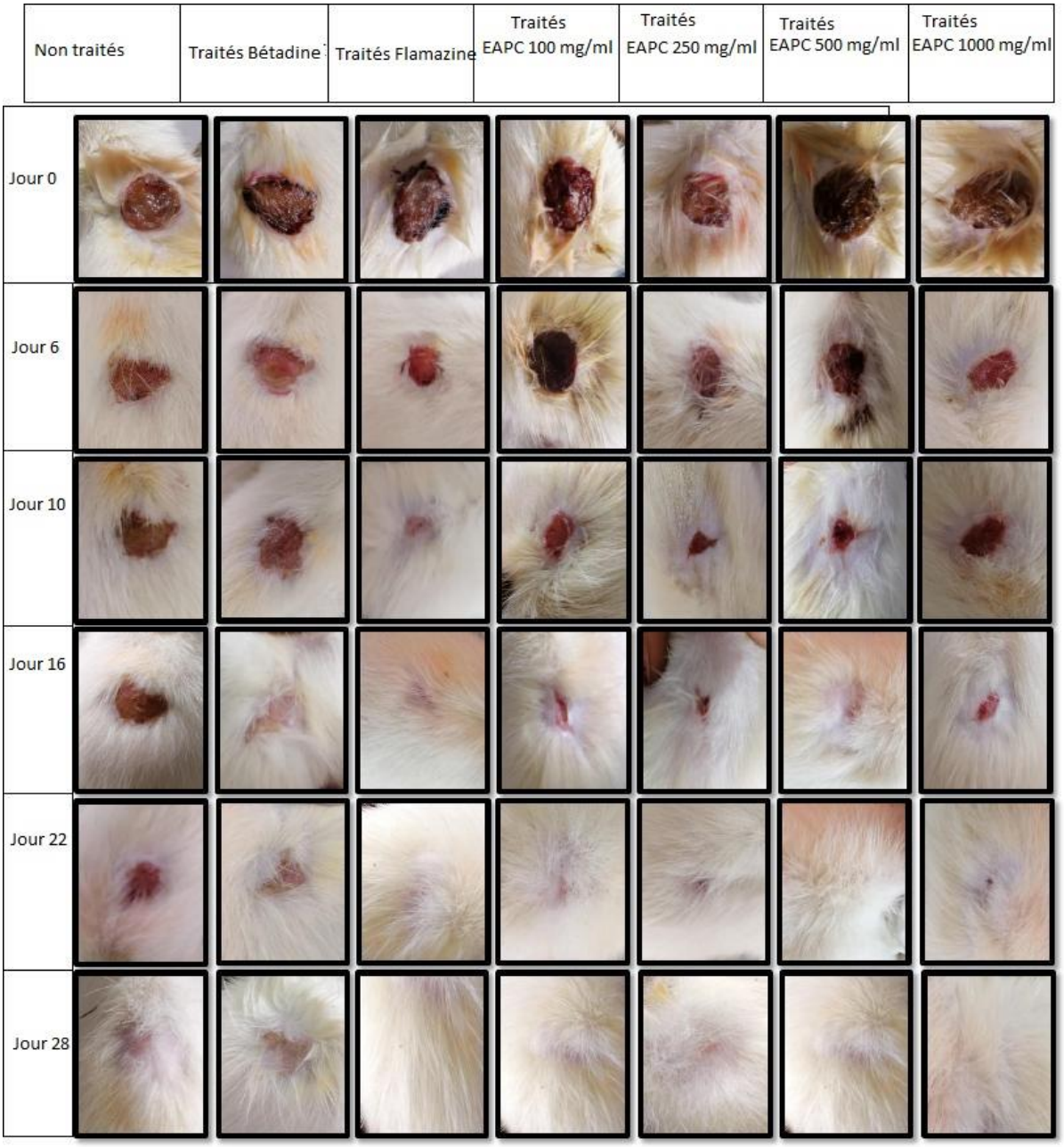


Fig. 2. Evolution of wound surface in rats over 28 days.

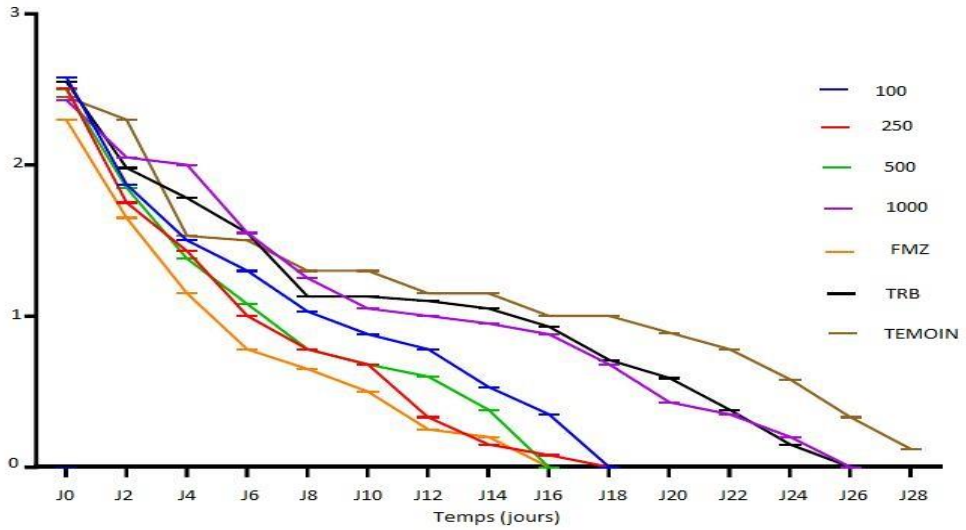


Fig. 3. Evolution of wound surface in rats over 28 days.

***CONTROL**: Untreated **TRB**: treated with Betadine **FMZ**: treated with Flamazine*
***100, 250, 500 and 1000**: treated with the aqueous extract of Petrosolinum crispum leaves (EAPc) at different concentrations (100, 250, 500 and 1000 mg/ml).*

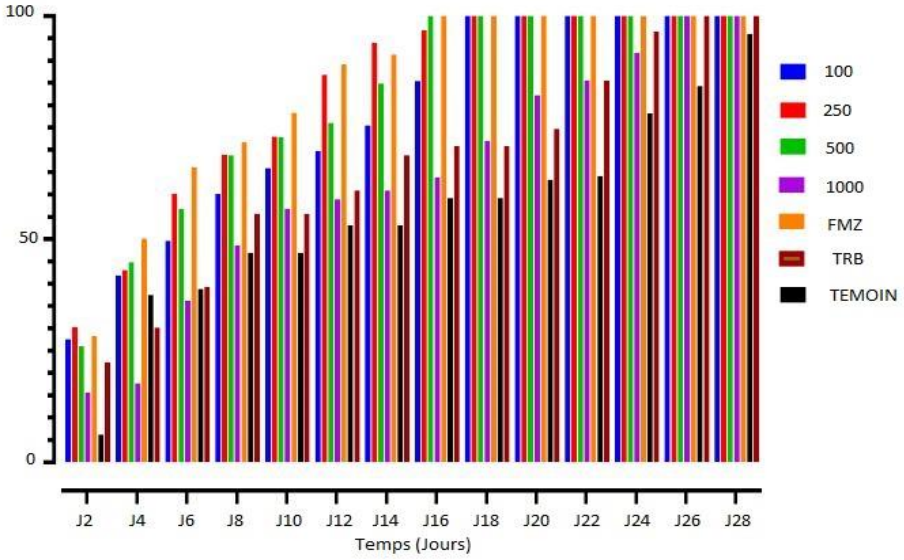


Fig. 4. Percentage of wound contraction in rats as a function of day.

***CONTROL**: Untreated **TRB**: treated with Betadine **FMZ**: treated with Flamazine*
***100, 250, 500 and 1000**: treated with the aqueous extract of Petrosolinum crispum leaves (EAPc) at different concentrations (100, 250, 500 and 1000 mg/ml).*

5 DISCUSSION

The pharmacological study of the aqueous extract of leaves of *Petrosolinum crispum* (EAPc) on the healing of incisional wounds in rats showed that EAPc has healing properties. After incision, the immediate application of the extract to the wounds reduced the duration of bleeding and accelerated the appearance of scabs. This would suggest an action of aqueous extract of leaves of *Petrosolinum crispum* on hemostasis. This action on haemostasis would be attributable to secondary metabolites

revealed by phytochemical screening. [19] reported that tannins are responsible for the haemostatic activity of plant extracts. Tannins, by precipitating plasma proteins, promote the formation of a plug at the level of the vascular breach. This mechanism involving tannins could be borrowed by the aqueous extract of *Petrosolinum crispum* leaves.

According to [20], flavonoids and triterpenoids possess antimicrobial property. Studies carried out by [21] on the aqueous extract of Stevia rebaudiana (Asteraceae) in mice also show that the flavonoids contained in this extract are responsible for its anti-inflammatory effect and that the latter improve vascularization, thus preventing necrosis. wound cells. According to [22], who worked on an extract of Argania Spinosa (Sapotaceae), flavonoids have an anti-inflammatory effect, they activate macrophages which phagocytose foreign bodies. The aqueous extract of Termina Petrosolinum crispum leaves (EAPc) containing flavonoids and triterpenoids could participate in wound cleansing, which reduces the duration of the inflammation phase of wounds treated with this extract.

The rapid appearance of the granules and the number of buds at the level of the surface of the wounds treated with EATs were higher than those of the animals not treated or treated with the reference substances (Betadine and Flammazine). These buds are made up of neo-vascularizations which irrigate the injured area and the fibroblasts. This would improve the supply of nutrients and oxygen necessary for angiogenesis, the proliferation of fibroblasts and keratinocytes in the wound [23]. Studies carried out on the extract of *Verbascum speciosum* (Scrophulariaceae) show that the flavonoids it contains stimulate the proliferation of fibroblasts and the release of growth factors [24]. In this sense, EATs could stimulate the proliferation of fibroblasts, as well as neogenesis thanks to the flavonoids it contains. The appearance of epithelial tissue was faster in wounds treated with EAPc. Epithelialization is due to the migration of keratinocytes from the edges of the wound to reconstitute the damaged epidermis [25].

According to studies carried out on an alcoholic extract of *Kaempferia galanga* (Zingiberaceae), flavonoids stimulate fibroblasts and keratinocytes, thus accelerating wound contraction and the appearance of epithelial tissue [25]. The acceleration of wound closure observed in rats treated with EAts could be due to the flavonoids in this plant extract. From these results obtained, the healing activity of EATs could be due to the combined action of the triterpenoids, flavonoids and tannins it contains.

6 CONCLUSION

The aqueous extract of petrosolinum crispum leaves (EAPc) has been shown to be non-toxic by the oral route. The present study showed that cEAP has healing effects. These effects would be linked to the combined action of the chemical compounds contained in the leaves of petrosolinum crispum. It appears from this study that the plant has a healing activity in accordance with the effectiveness recognized in traditional medicine. Additional research is needed to isolate and identify the molecules responsible for these effects, in order to clarify their mechanism of action and to carry out more in-depth studies, in particular histological studies.

REFERENCES

[1] A. B. Wysocki, «Skin anatomy, physiology, and pathophysiology, » *Nurs Clin North Am*., vol. 34, no. 4, pp. 777-797, 1999.

[2] J. Kanitakis, «Anatomy, histology and immune histochemistry of normal human skin, » *Eur J Dermatol*., Vol. 12, no.4, pp. 390-401, 2002.

[3] K. L. Smith and S. J. Dean, «Tissue repair of the epidermis and dermis, »*J Hand Ther.,* Vol. 83, pp. 95-104, 1998.

[4] W. Li, B. Dasgeb, T. Phillips, Y. Li, M. Chen, W. Garner, and D.T. Woodley, «Wound -healing perspectives, » *Dermatol Clin*., vol. 23, no. 2, pp. 181-192, 2005.

[5] K. Jayakumar, «Ethno Medicinal Value of Plants in Thanjavur District, Tamil Nadu, » *India. International Letters of Natural Sciences,* Vol. 29, no. 2, pp. 33-42, 2015.

[6] F. Mesfin, S. Demissew, and T. Teklehaymanot, «An ethnobotanical study of medicinal plants in Wonago Woreda, SNNPR, Ethiopia, » *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, vol.* 5, no. 1, p. 28, 2009.

[7] H.J. Al-Daraji, H.A. Al-Mashadani, A.S. Al-Hassani, H.A. Mirza, and W.K. Al-Hayani, « The influence of parsley (*Petroselinum crispum*) as feed additive on hematological traits of local Iraqi geese, »*Advances in Nutrition Research,* vol. 1, no. 1, pp. 1-5, 2012.

[8] I. Mohanty, M.R. Senapati, D. Jena, and P.C Behera, «Ethnoveterinary importance of herbal galactogogues, »*Veterinary World,* vol. 7, no. 5, pp. 325-330, 2014.

[9] N.M. Irzaie, D. Amabi, A.A. Moazedi, and S.M. Seyyednejad, «The role of α and β adrenergic receptors in the spasmolytic effects on rat ileum of *Petroselinum crispum* latifolium (Parsley), » *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine,* vol. 3, no. 11, pp. 866-870, 2010.

[10] M. Popović, B. Kaurinović, V. Jakovljević, N. Mimica-Dukic, and M. Bursać, « Effect of parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. ex A.W. Hill, Apiaceae) extracts on some biochemical parameters of oxidative stress in mice treated with CCl_4, » *Phytotherapy Research,* Vol. 21, no. 8, pp. 717-772, 2007.
[11] H.A. Soliman, N.A. Eltablawy, and M.S Hamed, «The ameliorative effect of Petroselinum crispum (parsley) on some diabetes complications, »*Journal of Medicinal Plants Studies,* vol. 3, no. 4, pp. 92-100, 2015.
[12] H. Wagner and S. Bladt, Plant drug analysis. A thin layer chromatography atlas. 2ème édition. *Springer:* Berlin, 2001.
[13] G.V. Lazureski and I.V. A.A.Terenteva, Chamchurin Praticheskii raboti po khimi soedinienii Vischaya Chkola: Moscou, 2007.
[14] K.J.C.Abo, «De la plante à la molécule: toxicité, effets pharmacologiques et mécanisme d'action de *Justicia Secunda* (Acanthaceae), plante antihypertensive, sur le système cardio-vasculaire de mammifères, » Thèse de doctorat d'état *ès* Sciences Naturelles. Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, p 351, 2013.
[15] A. Sagliyan, A. Ceribasi, C. Gunay, M.C. Han, F. Benzer, M. Kandemir, «Effects of dietary supplementation with whey proteins on surgical wound healing in rats, »*Revue de Medecine Veterinaire,* vol. 161, no. 10, pp. 455-462, 2010.
[16] S. Zhang, L. Yang, L. Li, K. Zhong, W. Wang, M. Liu, X. Liu, R. Yu, H. Zhang, X. Zheng, P. Wang, and Z. Zhang, «System-wide characterization of MoArf GTPase family proteins and adaptor protein MoGga1 involved in the development and pathogenicity of magnaporthe oryzae, » m*Bio,* vol. 10, no. 5, p. 19, 2019.
[17] P. Foltynski, P. Ladyzynsky, A. Ciechanowska, K. Migalska-Musial, G. Judzewicz, and S.Sabalinska, «Mesure de la zone de la plaie avec la planimétrie numérique: Précision et précisions améliorées avec un étalonnage basé sur 2 règles,» *Plos One,* vol. 10, pp. 13-46, 2015.
[18] D. Gopinath, M.R. Ahmed, K. Gomathi, K. Chitra, P.K. Sehgal, and R.Jayakumar, «Dermal wound healing processes with curcumin incorporated collagen films,» *Biomaterials,* vol. 25, no. 10, pp. 1911-1917, 2004.
[19] C.O. Okoli, P.A. Akah, and A.S. Okoli, «Potentials of leaves of *Aspilia african* (Compositae) in Wound care: an experimental evaluation,» *BCM Complementary and Alternative Medical,* vol. 7, no. 1, p. 24, 2007.
[20] H. Tsuchiya and M. Linuma, « Reduction of membrane fluidity by antibacterial sphora flavanoneg isolated from *Sophora exigua,* » *Phytomedicine,* vol. 7, no. 2, pp. 161-165, 2000.
[21] K. Das, «Wound healing potential of aqueous crude extract of *Stevia rebaudiana* in mice, » *Revista Brasileira de Farmacognosia,* vol. 23, no. 2, pp. 351-357, 2013.
[22] H.P. Kim, K.H. Son, H.W. Chang, and S.S Kang, «Anti-inflammatory plant flavonoids and cellular. Actions mechanisms, » *Journal Phamacological Sciences,* vol. 96, no. 3, pp. 229-245, 2004.
[23] M.R. Sulaiman, Z.A. Zakaria, I.A. Daud, F.N. Ng, Y.C. Ng, and M.T. Hidayat, «Activités anti nociceptives et anti inflammatoires de l'extrait aqueux de feuilles de *Kaempferia galanga* dans des modèles animaux, » *Journal of Natural Medecines Pharmacology,* vol. 62, pp. 221-227, 2008.
[24] S. Kayir, Y. Demirci, S. Demirci, E. Erturk, E. Ayaz, A. Dogan, and F. Sahin, « The in Vivo effects of *Verbascum speciosum* on wound healing,» *South African Journal Botany,* vol. 119, pp. 226-229, 2018.
[25] M. Flanagan and B. Dipn, «The physiology of wound healing, » *Journal Wound Care,* vol. 9, no. 6, pp. 1-2, 2000.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 489-504
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Variabilité hydro climatologique et dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant du Niger à Siguiri (Nord-Est de Guinée)

[Hydroclimatological variability and land use dynamics land use in the Niger catchment at Siguiri (north-eastern Guinea)]

Moriba Kourouma[1], Daouda Keita[1], Serge Loua[2], Gbombélé Soro[3], Mohamed Cissé[1], and Nagnin Soro[3]

[1]Laboratoire de Recherche Appliquée en Géosciences et Environnement (LRA), Unité de Géologie Appliquée et Environnement UGEAE), Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké (ISMGB), BP: 84 Tamakéné, Boké, Guinea

[2]Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Université de Cocody 22 B.P. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[3]Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 22 BP 801, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The variations in rainfall patterns observed in recent years in the north-western part of Guinea are well prefecture of Siguiri in Upper Guinea. In order to understand the trends in rainfall and hydrometric variations, we used the Standardized Precipitation Indices (SPI) method. The remote sensing method applied reflects human causes in the transformation of environmental environments (water, forests, soils, habitats, crops). The results obtained show that rainfall over the period 1981-2020 is marked by periods of deficit (drought) between 1981-1993; 1998-2002 and 2013-2020, while wet periods (surplus) occur between 1994-1997 and 2003-2012. Fluctuations in annual flow modules can be explained by a surplus period from 1980 to 2000 and a deficit period from 2001 to 2019. The statistics drawn from the land-use maps for 2000, 2010 and 2021 highlight the spatial and temporal dynamics of each thematic class. From 2000 to 2021, the Water/Wetlands (+22.55%) and gallery forests (+23.92%) classes show increases, while the Bare Soil/Cultivated Land (-20.08%), Wooded Savannah (-4.55%) and Savannah-Crop Mosaic (-21.85%) classes show decreases. Temperatures between 1981 and 2022 in the Siguiri area varied between 25.995°C and 27.72°C, with the highest values recorded in 2010.

KEYWORDS: Siguiri, Rainfall, Remote sensing, Satellite images, Temperature, Guinea.

RESUME: Les variations des régimes pluviométriques constates dans ces dernières années dans la partie Nord-Ouest en Guinée sont bien ressenties dans la préfecture de Siguiri en Haute Guinée. Dans l'objectif de comprendre les tendances de variations pluviométriques et hydrométriques nous avons utilisé la méthode des Indices de Précipitation Standardisée (ISP). La méthode de télédétection appliquée traduit les causes humaines dans la transformation des milieux environnementaux (eau, forêts, sols, habitats, cultures). Les résultats obtenus permettent de comprendre que les précipitations de la période 1981-2020 sont marquées par des périodes déficitaires (sécheresse) entre 1981-1993; 1998-2002 et 2013-2020 alors que les périodes humides (excédentaires) sont comprises entre 1994-1997 et entre 2003-2012. Les fluctuations des modules annuels de débits s'expliquent par une période excédentaire de 1980 à 2000 et déficitaire de 2001 à 2019**.** Les statistiques tirées des cartes d'occupation du sol des années 2000, 2010 et 2021 mettent en évidence la dynamique spatio-temporelle de chaque classe thématique. De 2000 à 2021, on observe des progressions dans les classes Eau/Zones humides (+22,55%), forêts galeries (+23,92%) et des régressions dans les classes des sols nus/Bâtis (-20,08%), savanes arborées (-4,55%) et des mosaïques savanes

Corresponding Author: Moriba Kourouma

cultures (-21,85%). Les températures de 1981 -2022 de la zone de Siguiri varient entre 25,995°C et 27.72°C avec le maximum de valeurs enregistrées en 2010.

MOTS-CLEFS: Siguiri, Pluviométrie, Télédétection, Images satellites, Température, Guinée.

1 INTRODUCTION

Les changements climatiques avérés à travers plusieurs études effectuées sur l'Afrique de l'Ouest confirment la variabilité des paramètres climatiques relatifs à la pluviométrie, à la température et aux débits des rivières, des fleuves (**[1]; [2]; [3]**)**.** Aux phénomènes climatiques naturels s'ajoute l'effet des activités humaines (exploitation minière, déforestation...) qui occasionnent des mutations des paysages de sols, de forêts, de plan d'eau et de champs de cultures vivrières **[4].** Les rôles joués par le couvert végétal, la stabilité des sols dans le bilan hydrologique d'un bassin versant sont aussi importants que la régularité des régimes pluviométriques qui conditionnent les conditions climatiques dans une zone géographique **[5].** Le changement climatique et la perturbation des réseaux hydrographiques sont interdépendants sur les bassins versants au point que le changement observé dans l'occupation des sols, peut avoir une influence sur les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface et l'infiltration selon la nature des végétaux (forêts, savanes, mosaïques) et des formes de reliefs (**[6]; [7]**).

L'occupation des sols est une thématique indispensable dans les inventaires cartographiques, le suivi des phénomènes environnementaux **[8].** L'application de la télédétection est fondée sur les données d'images de 2000, 2010 et 2021, permet de faire l'état des lieux des chroniques de transformation de vastes étendues (17 500 km^2) continues de paysages naturels en paysages humanisés de la zone de Siguiri au Nord-Est de la Guinée.

La dynamique spatio-temporelle que nous abordons dans cette étude de l'occupation du sol dans la zone de Siguiri permet de comprendre les étapes de transformations du paysage et expliquer l'origine de la baisse graduelle des débits du fleuve Niger et le taux d'infiltration des eaux de précipitation dans les aquifères.

2 CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La République de Guinée constituée de 13 497 237 habitants **[9]** est située au Sud-Ouest de l'Afrique Occidentale entre 7° 05 et 12° 51 de latitudes Nord et 7° 30 et 15° 10 de longitudes Ouest (**Figure 1**). Elle est délimitée au Nord-Ouest par la Guinée Bissau, au Nord par le Sénégal, au Nord-Est par le Mali, à l'Est par la Côte d'ivoire et le Mali, au Sud-Est par le Libéria, au Sud par la Sierra Léone et à l'Ouest par l'Océan Atlantique. La partie Nord-Est de la Guinée correspond à la Haute Guinée définie entre les coordonnées 8°0 et 11°30' de longitudes ouest et de 9°00' et 12°30' de latitudes nord. Elle est une région où se trouve notre zone d'étude qu'est Siguiri (**Figure 1**). Cette zone est située entre 11° et 12°51 de latitudes Nord et de 9° et 11° de longitudes Ouest.

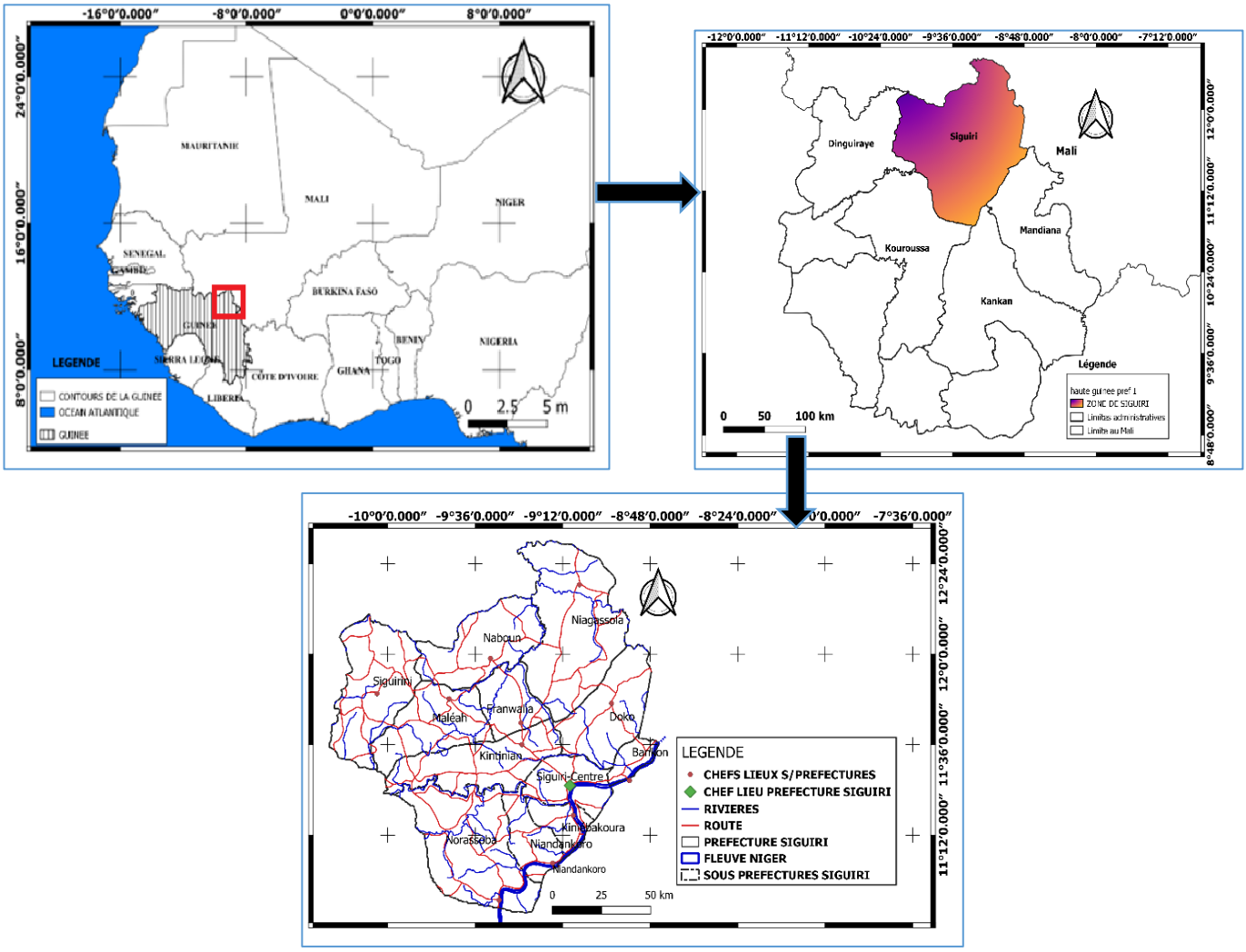


Fig. 1. Carte de localisation et d'accès routier de la préfecture de Siguiri

2.1.1 CONTEXTES GÉOGRAPHIQUE ET HYDRO CLIMATIQUE

La zone d'étude est située entre 11° et 12°51 de latitudes Nord et de 9° et 11° de longitudes Ouest. Les formes de reliefs qu'on y rencontre sont constituées de relief de dénudation du Mésozoïque à surface cuirassée, de relief d'aplanissement du Néogène dont les altitudes varient entre 200 et 600 m et le relief d'accumulation du Quaternaire le long des cours et de versants des collines (**[10]; [11]**). La zone de Siguiri est recouverte d'un type de savane boisée de plus en plus clairsemée en allant vers le Nord. Quelques espèces végétales sont spécifiques aux rives du Niger et du Tinkisso **[12].** Les sols de Siguiri sont constitués de saprolites de 50 m d'épaisseur, de couche d'argile de 15 m, de couche de cuirasse de 2,5 m et sol végétal de 1 m d'épaisseur **[13].** Les principales cultures agricoles définies sur une superficie de 64 237 hectares sont représentées par le riz, le maïs, le tabac, les fruits, le coton, le manioc, le mil, le sorgho **[12].** Le réseau hydrographique de la zone de Siguiri est formé de trois cours d'eau qui sont le Niger, la Tinkisso, le Bakoye et leurs affluents **[12].** Le climat de la zone d'étude est de type tropical ou sud-soudanien sec et chaud **[12].**

2.1.2 CONTEXTES GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

Dans la zone de Siguiri on distingue: i) - des roches du Paléoprotérozoique formées de schistes pelitiques, de calcaires de 200 m d'épaisseur, de kératophyres au Nord-Ouest et de monzogranites de Maléah au Sud; ii) -des roches du Protérozoïque constitués de grès, de conglomérats, de sédiments de bassin de Taoudéni au Nord et au Nord-Ouest et iii) -d'alluvions du Quaternaire le long des berges des principaux cours d'eau. Ces différentes formations géologiques sont fracturées dans les directions Nord-Ouest, Sud-Est et Nord-Est qui ont servi à la remontée des solutions hydrothermales **[11]** et sont favorables à circulation des eaux souterraines **[14].** Il existe dans la zone d'étude trois horizons aquifères **[11],** qui sont répartis entre les

aquifères continus de recouvrement (roches alluvionnaires, croutes d'altération) et les aquifères discontinus (roches métamorphiques de la série birimienne). Les aquifères tels que définis sur la **figure 2** ont des comportements différents au regard du taux d'échec dans l'exécution du forage qui varie entre 11-10 % **[15].**

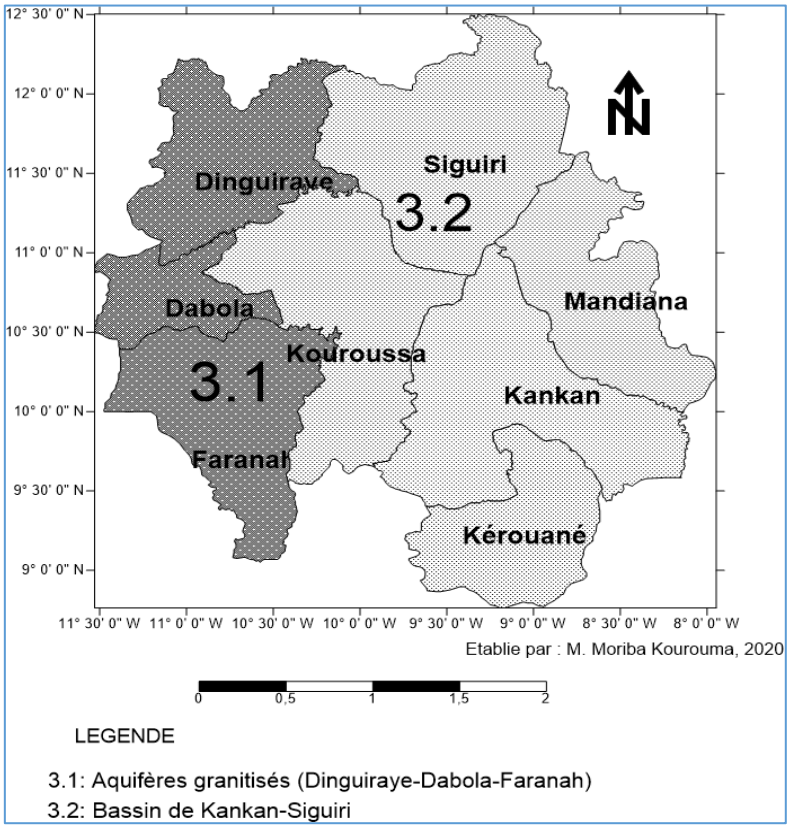


Fig. 2. Carte de répartition des aquifères en Haute Guinée et à Siguiri

2.2 DONNEES ET OUTILS

2.2.1 DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET PLUVIOMÉTRIQUES

Les données hydrométriques sont fournies par la Direction Nationale de l'Hydraulique et concernent les débits de la station de Niger à Tiguibery de la période 1950-2019.

Les données pluviométriques de la station de Siguiri (1961-2020) sont fournies par la Direction Nationale de la Météorologie.

2.2.2 DONNÉES CARTOGRAPHIQUES, SATELLITAIRES ET OUTILS

Les données et les outils utilisés pour la réalisation du travail sont les suivants:

Les données cartographiques sont constituées de données cartographiques au format shapefile et de données satellitaires de format Raster de la zone de Siguiri. Les données satellitaires sont des images utilisées pour la cartographie des linéaments et la dynamique de l'occupation du sol. L'utilisation de deux scènes ETM+ et OLI produisent des images disponibles sur le site internet (http://earthexplorer.gov) de l'USGS. La date d'acquisition des données satellitaires sont mentionnées dans le **tableau 1**.

Tableau 1. Date d'acquisition des images

Images	Scène (Path/Row)	Dates d'acquisition
ETM+2000	200/51 et 200/52	21/02/2000 et 08/03/2000
ETM+ 2010	200/51 et 200/52	15/01/2010
OLI 2021	200/51 et 200/52	13/05/2021

***ETM+**: Enhanced Thematic Mapper Plus **OLI**: Operational Land Imager*

Les images satellitaires sont en mode multi- spectral. La résolution spatiale est de 30 mètres pour les images Landsat 8 et 9. Les scènes ont été choisies en saison sèche où la couverture nuageuse est presque absente.

Il faut retenir que sont développées sur Landsat 8, les bandes spectrales de l'instrument OLI (Operational Land Imager): Un radiomètre multispectral qui acquiert des images dans neuf bandes spectrales allant du visible au moyen infra-rouge. Sept (7) de ces bandes spectrales étaient déjà présentes sur l'instrument ETM+ de Landsat-7. Deux canaux supplémentaires ont été ajoutés et sont destinés principalement à la correction atmosphérique (canal bleu à 440 nm) et à la détection des nuages (1380 nm). En effet, ces images diversifiées possèdent des caractéristiques spatiales et spectrales très riches qui conviennent parfaitement à la cartographie de l'occupation du sol et lithostructurale. Le traitement des données a nécessité l'utilisation de plusieurs logiciels: **Envi 5.1** pour le traitement des images satellitaires; **ArcGIS 10.5** pour les applications SIG et la réalisation des différentes cartes.

2.3 METHODES

2.3.1 ANALYSE DES INDICES PLUVIOMETRIQUES ET HYDROMETRIQUES

Pour analyser et détecter les variations dans une série chronologique comme la pluviométrie et l'hydrométrie nous avons appliqué la méthode d'Indice de Précipitation Standardisé (IPS). C'est indice pluviométrique ou hydrotimétrique annuel défini comme une variable centrée réduite. Il est obtenu par l'équation 1 **[6].**

$$\mathrm{IPS}=\frac{X_i-X_m}{\sigma} \qquad \text{Eq. (1)}$$

Avec: **X**i: valeur de la pluviométrie annuelle (ou du débit annuel) de l'année i; **Xm***:* valeur moyenne interannuelle de la pluviométrie (ou du débit annuel) sur la période étudiée; **σ:** l'écart-type de la pluviométrie interannuelle (ou du débit annuel) sur la période étudiée; **IPS**: indice pluviometrique ou hydrmétrique.

L'indice pluviométrique ou hydrotimétrique traduit un excédent ou un déficit pluviométrique ou hydrotimétrique pour l'année considérée par rapport à la période de référence. Le SPI est un indice permettant de mesurer la sécheresse météorologique

Les conditions de sécheresse sont établies par **[16]** dans le **tableau 2**. Les valeurs annuelles négatives indiquent une sècheresse et les valeurs positives indiquent une situation humide.

Tableau 2. Critères de classification des indices de sécheresse par [16]

Classes	Degré de la sécheresse
ε >2	Humidité extrême
1 <ε<2	Humidité forte
0<ε<1	Humidité modérée
-1<ε<0	Sécheresse modérée
-2<ε<-1	Sécheresse forte
ε<-2	Sécheresse extrême

2.3.2 ANALYSE DIACHRONIQUE

2.3.2.1 PRÉTRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Le prétraitement des images regroupe les opérations requises avant l'analyse des images et de leurs extractions. Pendant le prétraitement il faut appliquer à toutes les images les corrections atmosphériques et radiométriques.

Les corrections atmosphériques et radiométriques ont été effectuées à l'aide du modèle FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) du logiciel ENVI 5.1 (Environment for Visualizing Images).

2.3.2.2 TRAITEMENT DES IMAGES

L'étape de traitement des images satellitaires consiste en un traitement de toutes les images obtenues pour en tirer toutes les structures linéamentaires. L'image découpée est représentée en composé coloré en rouge, vert et bleu. La **figure 3** résume la méthode de traitement des données.

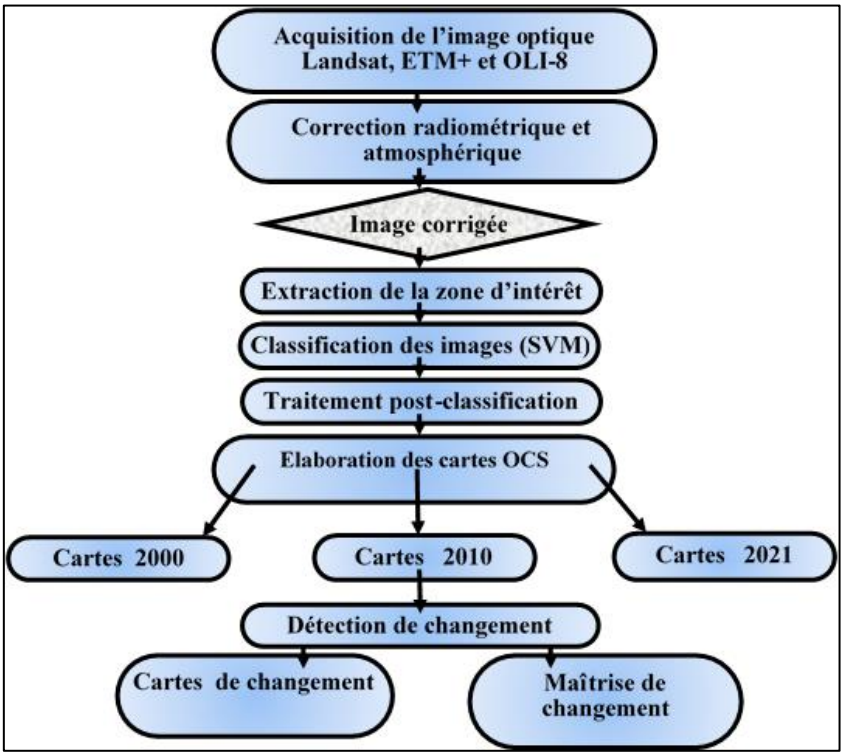


Fig. 3. Organigramme de la méthodologie de traitement des images Landsat

Les étapes de traitement des images concernent:

2.3.2.3 ASSEMBLAGE DES IMAGES

L'assemblage des images est caractérisé par le mosaïquage des images qui consistent à obtenir une base de données pour la réalisation de la cartographie d'occupation du sol. Le mosaïquage est effectué sur la base des réalités de terrain et des classes d'occupation retenues **(Photo 1).** Il est le résultat d'assemblage des images diachroniques permettant d'avoir une vision globale de la zone d'étude.

2.3.2.4 ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Cette phase de traitement consiste à faire ressortir les différentes classes d'occupation du sol, réalisée sur la base de discrimination visuelle des éléments du paysage. Ainsi nous pouvons classifier les classes d'occupation du sol en fonction de

leurs caractéristiques observables sur la planche de **photo 1.** Les classes retenues conformément à la photo sont le plan d'eau, la forêt, les sols nus et les habitats**.**

2.3.2.5 CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL

Les images corrigées et assemblées ont constitué de sources d'informations intéressantes sur la zone de Siguiri. Pour mieux comprendre les transformations du paysage entre les années 2000; 2010 et 2021, nous avons jugé utile de définir le contour des zones homogènes et codifier suivant la classe d'occupation du sol à laquelle elles sont semblables. Ces travaux ont été réalisés à l'aide de logiciel de SIG représenté par **ArcGis 10.5**. Ce logiciel a facilité la vectorisation et l'élaboration des cartes d'occupation du sol et calculer de façon automatisée les superficies de chaque unité de classe.

2.3.2.6 CLASSIFICATION SUPERVISÉE

Elle s'effectue par la méthode ou l'algorithme de *Support Vector Machine* ou Séparateurs à Vastes Marges (SVM) qui est une méthode de classification supervisée permettant de résoudre les problèmes de discrimination et de régression. C'est un algorithme apprécié pour son efficacité à classifier les données complexes et en tirer de bons résultats.

2.3.2.7 CHOIX DES COMPOSITIONS COLORÉES ET DÉTERMINATION DES CLASSES D'OCCUPATION DU SOL

Les parcelles d'entraînement constituent la base des traitements pour la classification. Le choix de ces parcelles se fait grâce au travail de terrain, aux documents cartographiques et à l'interprétation visuelle des images en composition colorée. Les compositions colorées des bandes 4-5-7 pour l'image Landsat ETM+ et OLI, ont été retenues et ont servi de support de prospection sur le terrain.

Les différents modes d'occupation du sol ont été identifiés en analysant les signatures spectrales des différents états de surface en présence; ces modes d'occupation du sol ont été associées aux sept (07) types de paysages ou classes d'occupation du sol dans la zone de Siguiri**: eau, habitats, sols nus, cultures, cultures irriguées, savane arborée et forêts (photo 1).**

Les points de contrôle sont relevés sur le terrain et ils ont été effectués par une description physionomique des unités d'occupation dont l'interprétation visuelle permet l'analyse des structures de l'image satellitaire.

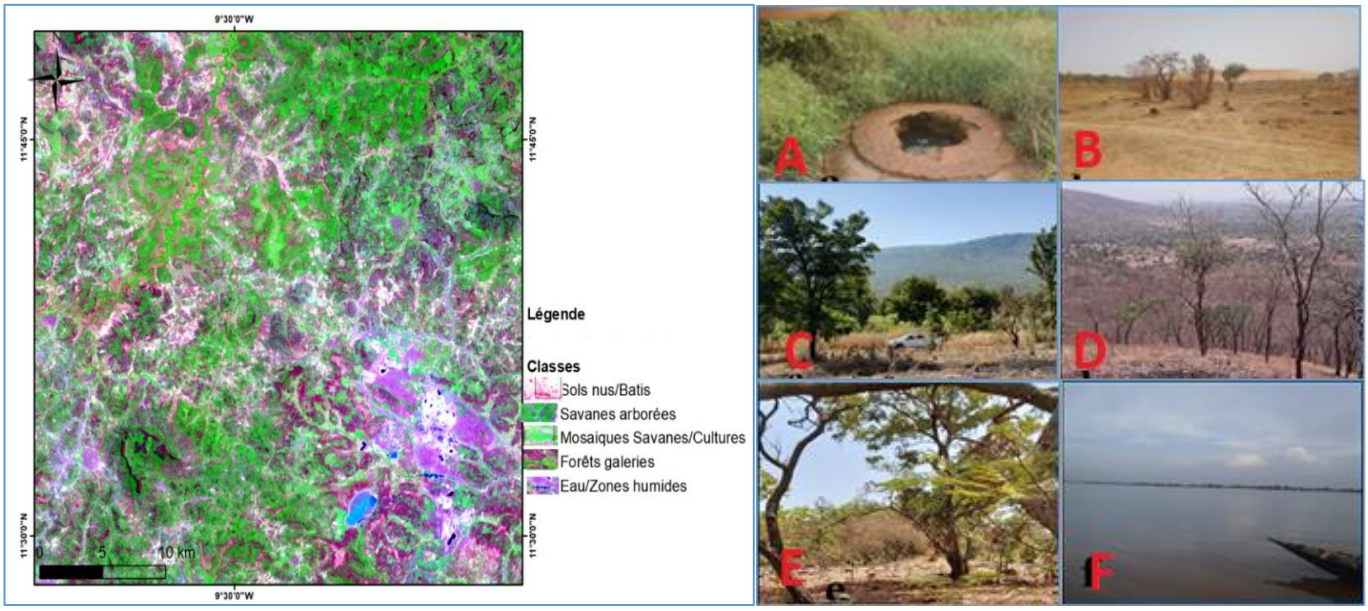


Planche de photos 1: Différents modes d'occupation du sol dans la zone de Siguiri: A) - Zones humides et végétation au sud de Siguiri, B) - Zones désertes et nues à Balato, C) Forêt galerie à Naboun; D) Forêt dégradée à Doko et habitations; E) Savane arborée à Kintinian; F) Plan d'eau dans la commune urbaine de Siguiri.

2.3.2.8 ÉVALUATION DE LA CLASSIFICATION DES IMAGES LANDSAT

L'évaluation se fait sur la base de matrice de confusion qui est le rapport statistique des sites d'entraînement et qui permet de discriminer les différentes classes d'occupations retenues **[17].** La matrice de confusion dépend de la précision globale et de l'indice Kappa de la classification.

PRÉCISION GLOBALE (PG):

La Précision globale comprise entre 0 et 100%, permet d'évaluer la précision des pixels classés par rapport au nombre total des pixels des zones tests selon l'équation 2 **[18].**

$$P_G = \frac{\sum_{i=1}^{n}(D_{i+} * k_i)}{\sum_{i}^{n} k_i} \quad \text{Eq. (2)}$$

Avec: i: identifiant de la classe, D: diagonale en i, k: nombre de pixels de la classe i

COEFFICIENT KAPPA:

Le coefficient kappa compris entre 0 et 1, permet d'évaluer globalement la fiabilité des résultats de la classification par rapport aux données de référence de l'équation 3 **[18].**

$$K = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+} * x_{+i})} \quad \text{Eq. (3)}$$

Avec: xi^+: total en colonne de la classe i, x_+i: le total en ligne de la classe i, xii: la somme des diagonales et N=100. La classification des images est validée lorsque les valeurs de kappa sont supérieures ou égales à 80 %.

2.3.2.9 ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

Le taux de changement net d'une classe entre deux dates est noté par la relation **4** de la **[19]** citée par **[20].**

$$Tcn = TS2 - TS1 \quad \text{Eq. (4)}$$

Avec, Tcn: Taux de changement net

TS2: Proportion de la superficie d'une classe à l'année 2
TS1: Proportion de la superficie d'une classe à l'année 1

Les valeurs positives représentent une augmentation de la superficie de la classe durant la période analysée et les valeurs négatives indiquent une diminution de superficie entre les deux dates. Les valeurs proches de zéro signifient que la classe reste relativement stable entre les deux dates.

3 RESULTATS

3.1 EVALUATION DE LAME D'EAU ECOULEE ET ETABLISSEMENT DE LA RELATION PLUIE-DEBIT

L'impact de variation de la pluviométrie sur les débits d'écoulement est palpable durant la période de 1961-2019. Nous observons durant cette période de 1961-2019 que les pluies sont plus ou moins importantes ainsi que les débits d'eau fluviale du Niger sont importants ou faibles (**Figure 4**).

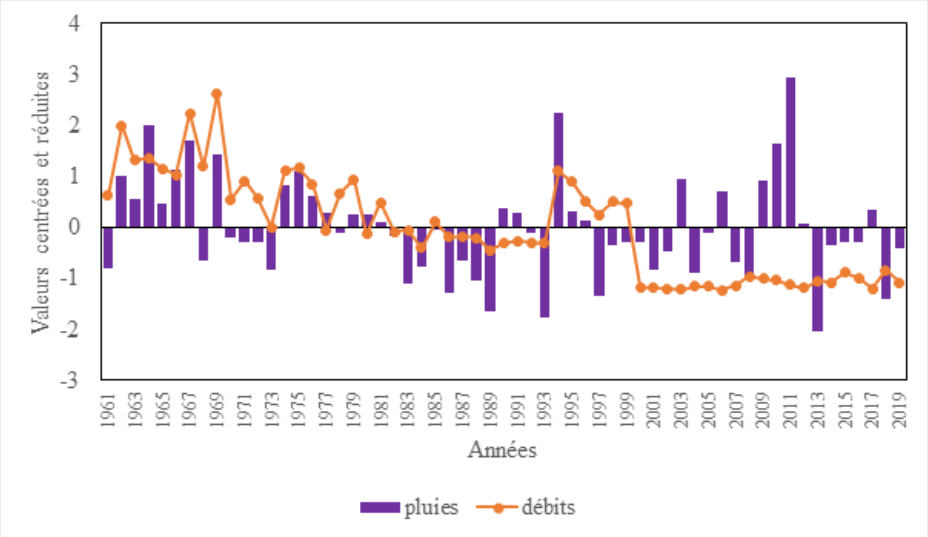


Fig. 4. Variations interannuelles de la pluviométrie et des débits de la zone de Siguiri (1961-2019)

Durant toute la période d'observation (1961-2019) nous observons les excédents de débits qui sont plus ou moins proportionnels aux excédents pluviométriques. De 1961 à 1981 les débits du fleuve Niger à Tiguibery (Siguiri) ont tendances à l'augmentation. De l'année 2000 à 2019 la tendance du fleuve est à l'abaissement de niveau d'eau. De 1962 à 1972 le débit du fleuve est important. La pluviométrie qui se manifeste pendant la période de 1962 à 1972 est aussi importante. En 1973 la hauteur pluviométrique qui est égale à la moyenne, redevient importante entre 1974 à 1977. De 1983 à 1993 les hauteurs pluviométriques sont en baisse. Si l'on observe une diminution de débit en 1978 et une augmentation de niveau d'eau fluviale en 1980, la courte élévation de niveau d'eau de 1981 est suivie d'une baisse drastique du niveau du fleuve de 1982 à 1993.La baisse des hauteurs pluviométriques se poursuit de 1995 à 2019 sans que les fortes précipitations enregistrées dans les années 2009; 2010 et 2010 ne parviennent à compenser la variation du niveau d'eau dans le fleuve.

3.2 Evaluation De La Precision De La Classification Des Images Landsat Pour Les Annees 2000, 2010 Et 2021

Occupation du sol en 2000

La matrice de confusion issue de la classification supervisée de l'image TM de l'année 1987 a fourni une précision globale de 80,40% et un coefficient Kappa de 0,74. Cependant, des confusions non négligeables sont perçues dans la matrice (**Tableau 3**). Ainsi, 32, 47% des forêts galeries ont été confondues aux savanes arborées et inversement 15,17% de forêts galeries ont été confondues aux savanes arborées de même que 15,25% de savanes arborées ont été confondues aux mosaïques savanes/cultures. Ces différentes modifications se reconnaissent sur la **figure 6**.

Tableau 3. Matrice de confusion de la classification supervisée de l'image ETM+ 2000

Classes	Eau/zones humides	Sols nus/Bâtis	Forêts galeries	Savanes arborées	Mosaïque savanes/cultures
Eau/zones humides	**98,40**	2,86	0,04	0,65	0,00
Sols nus/Bâtis	0,85	**95,61**	0,20	0,25	2,00
Forêts galeries	0,01	0,34	**62,60**	15,37	0,92
Savanes arborées	0,43	0,15	32,47	**70,69**	15,25
Mosaïques savanes/cultures	0,31	1,03	4,68	13,04	**81,84**
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Précision globale= 80,40% Kappa coefficient = 0,74

OCCUPATION DU SOL EN 2010

La matrice de confusion de la classification supervisée de l'image ETM+ de 2010 donne une précision globale de 89,40% et un coefficient Kappa de 0,86. Des confusions apparaissent. Ainsi, 13,92% Eau/zones humides ont été confondues aux sols nus/Bâtis et 6,49% eau/Zone humide ont été confondues aux mosaïques savanes/cultures et inversement 6,36% des savanes arborées ont été confondues aux Mosaïques savanes /cultures alors que 3,26% des forêts galeries ont été confondues aux Mosaïques savanes/cultures (**Tableau 4).** Les modifications du sol intervenues à Siguiri en cette année 2010 sont visibles sur la **figure 6**.

Tableau 4. Matrice de confusion de la classification supervisée de l'image OLI-8, 2010

Classes	Eau/Zones humides	Sols nus/Bâtis	Mosaïques Savanes/cultures	Savanes arborées	Forêts galeries
Eau/Zones humides	**78,99**	3,87	0,89	1,41	0,45
Sols nus/Bâtis	13,92	**94,23**	1,79	0,99	0,38
Mosaïques Savanes/cultures	6,49	1,59	**92,8**	6,36	3,26
Savanes arborées	0,46	0,3	3,38	**79,77**	4,67
Forêts galeries	0,14	0,01	1,14	11,47	**91,24**
Total	100	100	100	100	100

Précision Globale = 89, 40%; Kappa coefficient = 0,86

OCCUPATION DU SOL EN 2021

Les résultats de l'analyse de la matrice de confusion de la classification supervisée de l'image 2021 correspond à la précision globale de 92,66% et au coefficient Kappa de 0,91. Toutefois, la confusion la plus importante se perçoit entre sols nus/ bâtis et Eau/Zones humides (**Tableau 5**). En effet, 8,88% des sols nus/Bâtis ont été confondus aux parties Eau/Zones humides alors que nous observons que 4,49% des savanes arborées ont été confondues aux forêts galeries. Les modifications qui caractérisent la préfecture de Siguiri se reconnaissent (**Figure 5**).

Tableau 5. Matrice de confusion de la classification supervisée de l'image OLI-8, 2021

Classes	Mosaïques Savanes/cultures	Forêts galeries	Savanes arborées	Sols nus/Bâtis	Eau/Zones humides
Mosaïques Savanes/culture	**93,9**	1,98	3,53	0,5	0,02
Forêts galerie	2	**95,91**	4,49	0	3,14
Savanes arborées	3,15	1,94	**90,55**	0,39	0,12
Sols nus/Bâtis	0,93	0,14	0,89	**90,23**	0,69
Eau/Zones humides	0,02	0,03	0,54	8,88	**96,03**
Total	100	100	100	100	100

Précision globale = 92,66; Kappa coefficient = 0,91

3.3 ANALYSES DESCRIPTIVE ET STATISTIQUE DES UNITES D'OCCUPATION DES TERRES EN 2000, 2010 ET 2021

3.3.1 ANALYSE DESCRIPTIVE DES UNITÉS D'OCCUPATION DU SOL EN 2000, 2010 ET 2021

L'analyse descriptive des cartes d'occupation du sol de la zone de Siguiri sur **la figure 6** issue des classifications supervisées des image Landsat ETM+ et OLI-8 respectivement des années 2000, 2010 et 2021, met en exergue les différentes unités d'affectation du sol regroupées en deux grandes catégories. Il s'agit de l'espace naturel (forêts, plan d'eau) et de l'espace humanisé (bâtis, cultures). L'espace humanisé est la résultante de la transformation du milieu naturel par l'homme.

3.3.2 ANALYSE STATISTIQUE DES AFFECTATIONS DU SOL EN 2000, 2010 ET 2021

Les superficies des différentes unités d'occupation du sol de l'année 2000, 2010 et 2021 de la zone de Siguiri sont représentées sur le tableau **6**.

Les statistiques tirées des cartes d'occupation du sol des années 2000, 2010 et 2021 mettent en évidence la dynamique spatio-temporelle de chaque classe thématique (**Tableau 6**).

En 2000 les savanes arborées sont modifiées de l'ordre de 36,49% soit 6493,85 $km^{2,}$ suivi de mosaïques savanes /cultures qui totalisent 22,72%, soit 4043 km^2 du total de superficie de la zone d'étude (**Tableau 6**). En cette année la galerie forestière est de 11,58%, représentant 2061,16 km^2 contre les eau/zones humides qui sont de l'ordre de 1,72%, soit 307,36 km^2 (**Tableau 6**). L'analyse des résultats de l'année 2010 montre que les sols nus /bâtis occupent la plus grande portion en termes de superficie 41,85 %, soit 7448,21 km^2 après suivent les mosaïques savanes /cultures qui représentent 30,81%, soit 5482,86 km^2 (**Tableau 6**). Les savanes arborées valent 16,01% de la superficie moyenne de la zone d'étude, soit 2848,99 km^2 (**Tableau 6**). Les forêts galeries et Eau/zones humides occupent, respectivement en termes de superficies 5,86% (1043,10 km^2) et 5,45% (970,36 km^2) (**Tableau 6**). En 2021 on note une prédominance des savanes arborées qui occupent 35,50% de superficie de la zone d'étude; ce qui vaut à 3618,10 Km^2. Les sols nus/bâtis occupent 31,94% de superficie, soit 5 684,98 km^2 (**Tableau 6**). Les mosaïques des savanes/ cultures ne valent que 24,27% de superficie de la zone de Siguiri; ce qui équivaut à 43,20 km^2 (**Tableau 6**).

Tableau 6. Statistique de l'occupation du sol en 1987, 2000 et 2020

Classes	2000		2010		2021	
	Superficie (Km^2)	Proportion (%)	Superficie (Km^2)	Proportion (%)	Superficie (Km^2)	Proportion (%)
Eau/Zones humides	307,37	1,73	970,82	5,46	4320,08	24,28
Sols nus/Bâtis	4888,33	27,47	7448,21	41,86	1314,62	7,39
Forêts galeries	2061,16	11,58	5482,87	30,81	6318,18	35,51
Savanes arborées	6493,85	36,49	2849,00	16,01	5684,99	31,95
Mosaïques Savanes cultures	4043,30	22,72	1043,11	5,86	156,13	0,88
Total	**17794,00**	**100,00**	**17794,00**	**100,00**	**17794,00**	**100**

Les résultats statistiques issus des classifications des images et leurs restitutions cartographiques montrent plusieurs évolutions des superficies des entités d'occupation du sol **(Figure 5).** Le graphique de la **figure 5** résume l'évolution des superficies d'entités d'occupation du sol issus des classifications des images. Cette **figure 5** présente plusieurs tendances d'évolution d'occupation du sol suivant les intervalles des périodes d'étude définies. L'état de l'occupation du sol entre 2000 et 2021 montre une avancée importante des espaces Eau /Zones humides ainsi que les galeries forêts. L'année 2010 a été marquée par d'intenses activités humaines qui contribuèrent à la destruction des milieux.

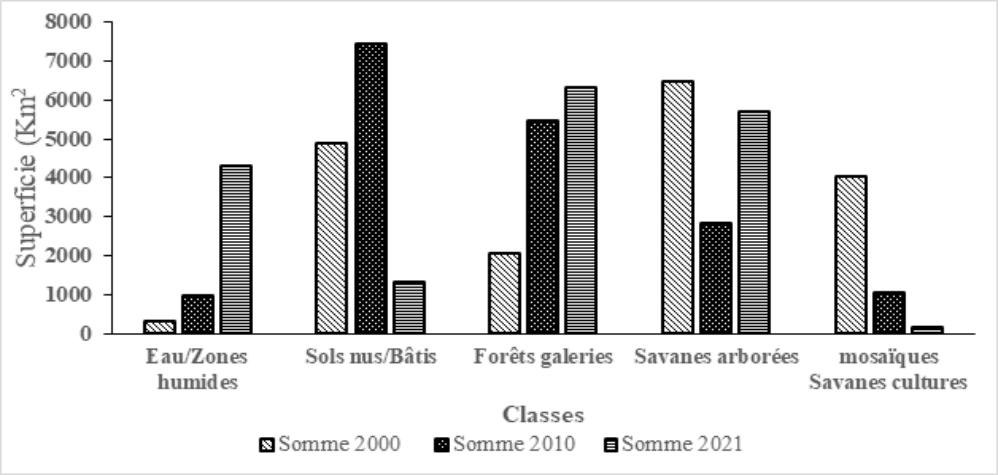


Fig. 5. Evolution spatiotemporelle des superficies d'unités d'occupation du sol (2000; 2010; 2021)

3.3.3 DÉTECTION DES CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DU SOL ENTRE 2000, 2010 ET 2021

Des tendances progressives et régressives se sont manifestées dans le processus de transformation des milieux environnement de la zone de Siguiri (**Tableau 7**). Ainsi, de 2000 à 2010, on observe des progressions dans les classes Eau/zones humides (+3,73%), des sols nus/Bâti (+14,39%) des forêts galeries (+19,23%) et une régression dans la classe des savanes arborées (-20,48%) et des mosaïques savanes cultures (-16,86%) **(Tableau 7).** De 2010 à 2021, on observe une progression dans les classes Eau/zones humides (+18,82%), sols nus/Bâtis (+4,69%) et des savanes arborées (+15,94%) et une régression dans la classe des sols nus/Bâtis (-34,47%) (**Tableau 7).** De 2000 à 2021, on observe des progressions dans les classes Eau/Zones humides (+22,55%), forêts galeries (+23,92%) et des régressions dans les classes des sols nus/Bâtis (-20,08%), savanes arborées (-4,55%) et des mosaïques savanes cultures (-21,85%) (**Tableau 7).**

Tableau 7. Pourcentages des classes d'occupation du sol de la zone de Siguiri

Classe	2000-2010			2010-2021			2000-2021		
	Proportion (%)	Proportion (%)	Ecart1 (%)	Proportion (%)	Proportion (%)	Ecart2 (%)	Proportion (%)	Proportion (%)	Ecart3 (%)
Eau/Zones humides	1,73	5,46	+3,73	5,46	24,28	+18,82	1,73	24,28	+22,55
Sols nus/Bâtis	27,47	41,86	+14,39	41,86	7,39	-34,47	27,47	7,39	-20,08
Forêts galeries	11,58	30,81	+19,23	30,81	35,51	+4,69	11,58	35,51	+23,92
Savanes arborées	36,49	16,01	-20,48	16,01	31,95	+15,94	36,49	31,95	-4,55
Mosaïques savanes cultures	22,72	5,86	-16,86	5,86	0,88	-4,98	22,72	0,88	-21,85

3.3.4 MISE EN EVIDENCE DE CHANGEMENTS ET VARIATION DE TEMPERATURE

La représentation des températures décennales (1981-1990; 1991-2000; 2001-2010; 2011-2020) sur la **figure 6** met en relief les variations annuelles et interannuelles à Siguiri. La température obtenue de 1981-1990 est de 25,95 °C **(Figure 6).** La température de la période 1991-2000 est en moyenne de 26,51°C. Elle est respectivement de 27,72 °C à la période 2001-2010 et de 26,67 °C à la période 2011-2020 **(Figure 6).** Ces valeurs moyennes de la température de l'air permettent de suivre l'évolution moyenne du régime thermique et l'évolution spatiale des classes d'occupation du sol sur la zone de Siguiri **(Figure 6).**

3.3.5 FACTEURS DE DEGRADATION DES MILIEUX ENVIRONNEMENTAUX

Dans le cercle de Bouré à Siguiri, il se déroule l'exploitation des minerais aurifères impactant sérieusement les milieux environnementaux. On assiste aujourd'hui à toutes les formes de dégradations qui sont remarquables sur les photos. Elles comprennent le creusement des fosses (**Photo 2A**), le dégagement total du couvert végétal (**Photo 2B**), l'utilisation des sources d'eau souterraine (**Photo 2C**), le déracinement des arbres (**Photo 2D**), la forte insolation, la destruction des sources de cours d'eau, l'envasement du fleuve et de la rivière Tinkisso en sables qui puissent tapir le fond du lit fluvial. Les hommes creusent la terre à la poursuite des filons aurifères et atteignent les sources d'eaux souterraines qu'ils détruisent. Les boues et les sables de terre évacuées tapissent le fond des cours d'eau voisins. Les arbres sont déracinés lors du décapage. Le couvert végétal disparaît par endroits. L'insolation devient forte dans la zone par manque d'ombrages suffisants **[22].**

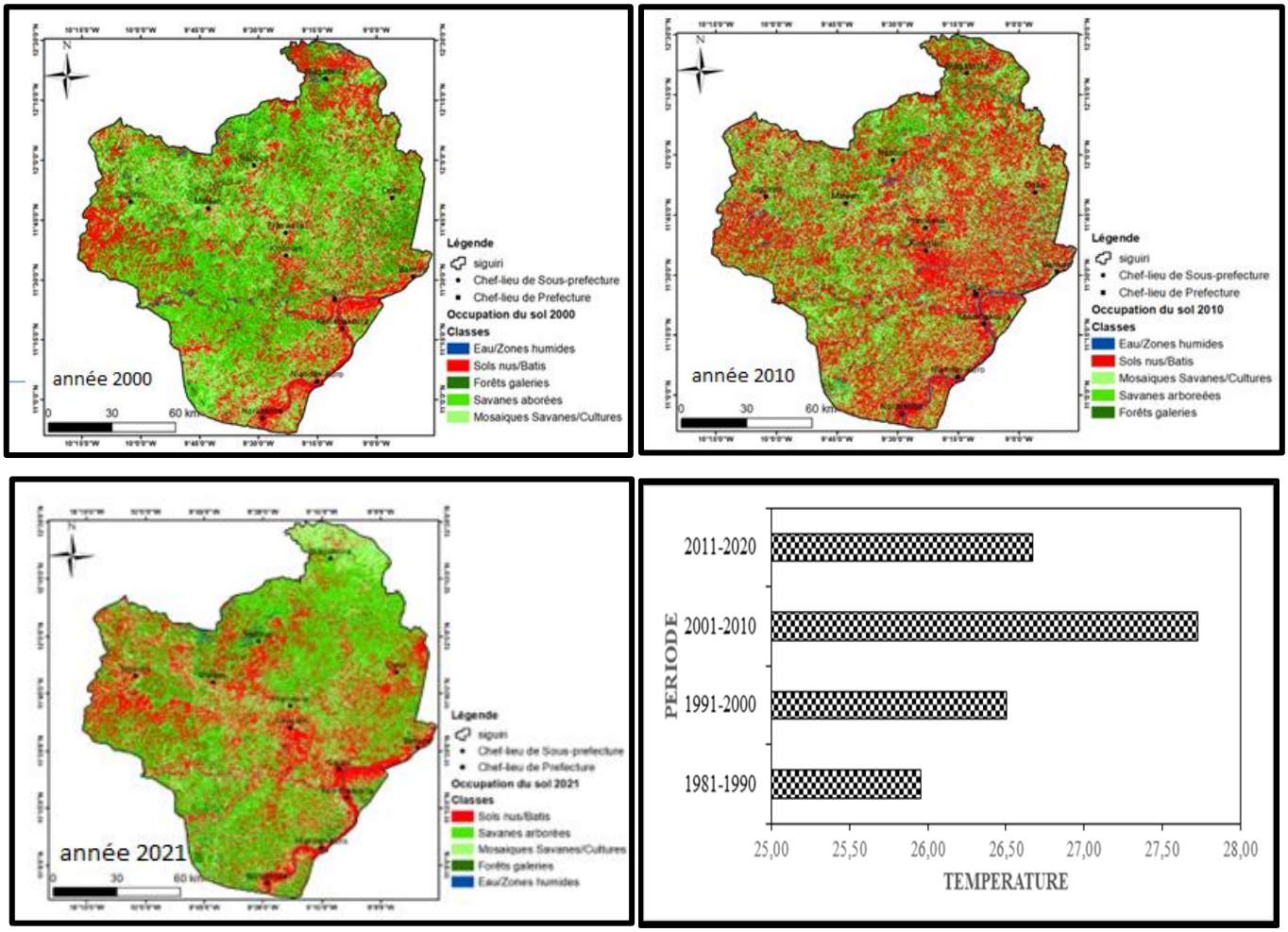


Fig. 6. Cartes des occupations des sols de Siguiri en 2000; 2010; 2021 et variations de température

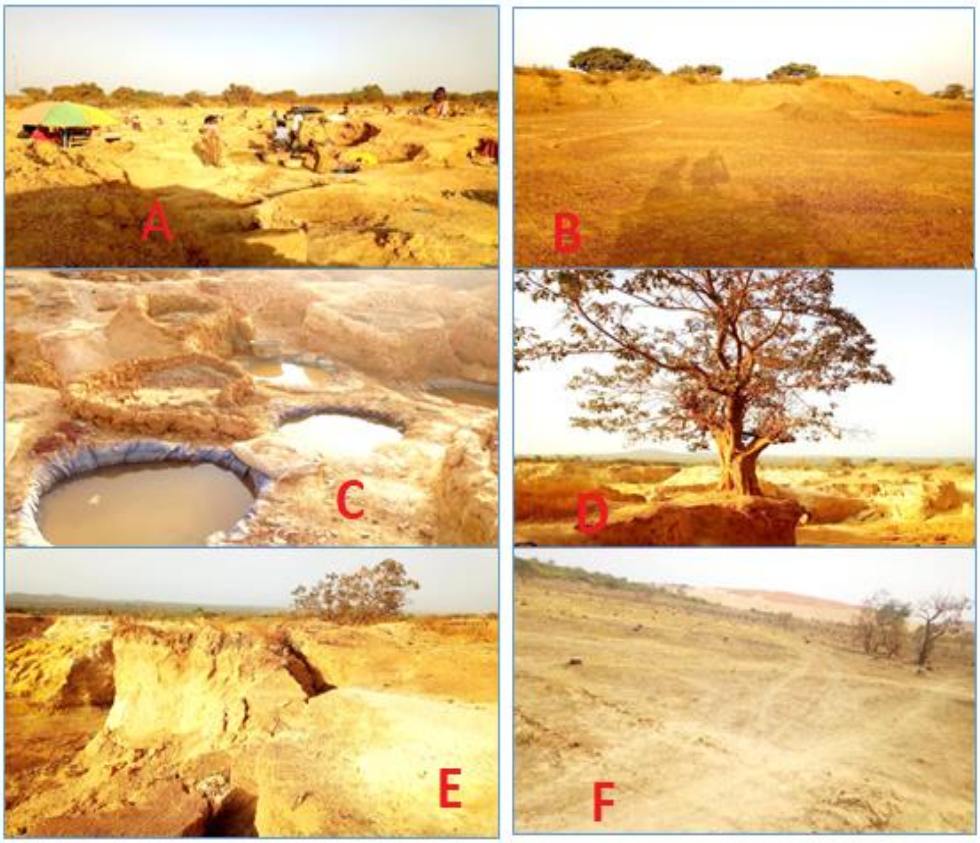


Planche de photo 2: Dégradation de l'environnement de la sous-préfecture de Kintinian (Siguiri) -2018

4 DISCUSSION

Pour mettre à l'évidence l'impact des activités humaines sur la modification des milieux environnementaux nous nous appuyons sur les résultats issus des différentes classifications supervisées des images satellitaires des années 2000, 2010 et 2021 dans la zone de Siguiri. Les classifications supervisées des image Landsat ETM+ et OLI-8 des années 2000, 2010 et 2021 de la zone de Siguiri précisent la dynamique spatio-temporelle de chaque classe thématique. L'année 2000 fut marquée par des dégradations qui ont affecté les espaces de savanes arborées de l'ordre de 36,49% soit 6493,85 km^2. Les mosaïques de savanes /cultures totalisent 22,72%, soit 4043 km^2 du total de superficie de la zone d'étude en 2000. L'analyse des résultats de l'année 2010 montre que les sols nus /bâtis occupent la plus grande portion en termes de superficie 41,85 %, soit 7448,21 km^2 Les modifications suivantes des mosaïques de savanes /cultures représentent 30,81%, soit 5482,86 km^2. Les savanes arborées valent 16,01% de la superficie moyenne de la zone d'étude, soit 2848,99 km^2.Les forêts galeries et Eau/zones humides occupent, respectivement en termes de superficies 5,86% (1043,10 km^2) et 5,45% (970,36 km^2). L'année 2021 se particularise par une prédominance des savanes arborées qui occupent 35,50% de superficie de la zone d'étude; ce qui vaut à 3618,10 Km^2. Les sols nus/bâtis occupent 31,94% de superficie, soit 5 684,98 km^2. Les mosaïques des savanes/ cultures ne valent que 24,27% de superficie de la zone de Siguiri; ce qui équivaut à 43,20 km^2. L'année 2021 marque l'année de revêtement de la surface du sol en végétation.

L'environnement dans les années 2010 était très affecté à Siguiri. Les forêts ont été détruites et les arbres ont été déracinés pour laisser places aux terrains nus avec ses corollaires d'ensoleillement et d'ensablement des vallées des principaux cours d'eau. A partir de 2020 les conditions de végétation sont en train de se rétablir. Mais les constructions sans plan d'occupation de sols affectent la superficie des terres cultivables et des végétations sauvages. Il est à signaler que les différents facteurs de perturbation des régimes pluviométriques et hydrologiques résultent des effets cumulés du processus des variabilités climatiques, de la dégradation des sols sous impacts des activités humaines.

Le Nord-Est de Siguiri subit beaucoup plus les phénomènes de sécheresse que les parties Sud et Ouest qui connaissent les pluviométries excédentaires et normales **[21]; [22].** Les études effectuées grâce aux capteurs de Spot en 1998 et 1999 et de Landsat TM de l'année 2000, sous l'égide de **[23]** du Bureau de Recherche Géologique et Minière révèlent une dynamique de

l'occupation du sol dans cette partie nord-est de la Guinée. Il ressort dans l'analyse des types de la dynamique de l'occupation des évolutions qui offrent deux (2) configurations entre 1998-1999: les zones de cultures indiquent 21,7% en cuirasse contre 26,9% en cuirasse. Pour l'eau on détermine 3,9% en zones de cultures (configuration1) contre 16,1 % (configuration 2). Les forêts ont connu une évolution de 5,9% (configuration1 contre 11% de savane (configuration 2). La savane arborée est évaluée à 14,6% (configuration 1) contre 15,3% (configuration 2) selon **[23].** L'étude de la variabilité des régimes pluviométriques et d'écoulement du fleuve Niger à Siguiri effectuée par **[24],** indique une baisse graduelle de la pluviométrie qui se répercute sur le coefficient d'écoulement dans le bassin fluvial du Niger en Haute Guinée**.** A l'état actuel des connaissances la destruction est très accentuée sur des espaces forestiers tropicaux où l'on assiste à des modifications des conditions climatiques, mais aussi à la perturbation du cycle normal de l'eau **[25].** Les forêts permettent l'évaporation d'une grande quantité d'eau, mais aussi parce qu'elles libèrent des particules biologiques telles que les pollens et les spores fongiques, qui servent de noyaux de condensation pour la formation de gouttes de pluie **[26].** La dégradation et la déforestation de grands espaces forestiers renforcent la baisse des précipitations avec des effets perceptibles sur le stock disponible des aquifères **[27].** Le climat actuel manifeste des changements climatiques détectes sur les variables de températures et de précipitations qui modifient potentiellement les filtres environnementaux des quels dépendent, dans leur répartition et leur biomasse, la faune et la flore. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la hausse prolongée des températures dans une zone affecte la biosphère à différents niveaux (distribution des espèces) **[28].** Le réchauffement climatique du siècle dernier a entraîné une augmentation brusque de la température du sol de l'ordre de +1°C. Ce réchauffement a atteint les profondeurs du sous-sol selon les conditions de surface (couvert végétal, pratiques agricoles) selon **[29], [30].**

5 CONCLUSION

Les variations des régimes pluviométriques et thermiques influencent les débits d'écoulement des eaux de surface à Siguiri depuis 1981 jusqu'à 2022.Les facteurs de changement des unités d'occupation du sol sont considérés parmi tant d'autres de facteurs (changement climatique, urbanisation) comme les plus importants.

Dans le cadre des modifications de l'occupation du sol à Siguiri, l'année 2000 fut marquée par des dégradations qui ont affecté les savanes arborées dont les modifications sont traduites par 36,49% soit 6493,85 km^2.L'analyse des résultats de l'année 2010 montre que les sols nus /bâtis occupent la plus grande portion en termes de superficie 41,85 %, soit 7448,21 km^2.L'année 2021 se particularise par une prédominance des savanes arborées qui occupent 35,50% de superficie de la zone d'étude; ce qui équivaut à 3618,10 Km^2.

REFERENCES

[1] L'Hôte et Mahé, 1996. Afrique de l'Ouest et centrale; précipitations moyennes annuelles (période 1951-1989). Carte à l'échelle 1/6 000 000, 90 x 60 cm. Paris, Orstom.

[2] Servat É., Paturel J.E., Lubès-Niel H., Kouamé B., Masson J.M., Travaglio M. et Marieu B. (1999) - De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale. *Revue des Sciences de l'Eau,* vol. 12, n° 2, p. 363-387.

[3] Aubé, D., (2017). Impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Bilan actualisé des connaissances - rapport de l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 27p.

[4] Diédhiou, I., & Mering, C. (2019). D'une rive à l'autre du fleuve : Changements d'occupation du sol et dires d'acteurs en Basse-Casamance. *L'Espace géographique, 48* (2), 117-137.

[5] DIRH (1996). Carte hydrogéologique du Burkina Faso, Echelle 1: 500 000, feuille Dori.

[6] Paturel, J. E., Servat, E., Delattre, M. O., & Lubes-Niel, H. (1998). Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Hydrological sciences journal, 43* (6), 937-946.

[7] El Hage et al., (2019);: El Hage Hassan H, Ardillier-Carras F, Charbel L. (2019).Les changements d'occupation des sols dans la Béqaa Ouest (Liban): le rôle des actions anthropiques. Cahiers Agricultures, Vol.28, 10 p.

[8] Soro, T. D., Kouakou, B. D., Kouassi, E. A., Soro, G., Kouassi, A. M., Kouadio, K. E., Yéi, M.-S. O. & Soro, N. (2013). Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire). VertigO, 13 (3).

[9] INS (2014). Recensement général de la population et de l'Habitat 2014. Données sociodémographiques et économiques: Préfecture de Siguiri. Institut National de la Statistique, Bureau Technique du Recensement, Région Haute Guinée, République de Guinée.

[10] Boulvert Y., (2003). Carte morphopédologique à 1: 500 000, Notice, N°114, IRD, Paris. 151p.

[11] Egal E., Lahondére D., Diaby S. (1999). BRGM-DNRGH.). *Carte Géologique au 1: 200 000. Feuille SIGUIRI NC- 29-XXI et Notice Explicative.* BRGM, Orléans. CPDM, Conakry.

[12] PDU3, (2003). Rapport des Audits urbains organisationnel et financier de la commune de Siguiri; MVH, volume III. 205p.
[13] Millot G., (1964). Géologie des argiles. Altérations. Sédimentologie. Géochimie. In: Bulletin du Groupe français des argiles. Tome 14, nouvelle série n°9, 1964. pp. 165-166; Bulletin du Groupe français des argiles. https://www.persee.fr/doc/argil_0429-3320_1964_num_14_9_1006_t1_0165_0000_2.
[14] Egal E., Lahondére D., Diaby S. (1999). BRGM-DNRGH.). *Carte Géologique au 1: 200 000. Feuille SIGUIRI NC- 29-XXI et Notice Explicative.* BRGM, Orléans. CPDM, Conakry.
[15] Bah M. B., Trouve O., Paccioni T., (1990). Projet de développement rural Haute Guinée. Programme d'hydraulique villageoise. Financement 6ème FED. 2ème Tranche. SNAPE. Note 194. Kankan.19p.
[16] SNAPE, (2012). Rapport Annuel d'activités 2012. Bilan des Réalisations. BEP / SNAPE/MEH. Décembre 2012. http://www.snapeguinee.org/-rapports-d-activites-du-snape-.html.
[17] Mckee T.B., Doesken N.J. et Kleist J. (1993) - The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Actes de la 8th Conference on Applied Climatology* (Anaheim, Californie), p. 179-184.
[18] Dibi B. (2008). Cartographie des sites potentiels d'implantation des points d'eau dans le département d'Aboisso (sud-est de la Côte d'Ivoire): apport du SIG et de l'analyse multicritère. Thèse de doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 164 p.
[19] Congalton R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote sensing of environnement, vol.37, n°1, pp. 37- 46.
[20] Food and Agriculture Organization. (1995). Forest resources assessment 1990. Global synthesis. FAO.
[21] Taibou, B., & Dieynaba, S. (2012). Dynamique de L'Occupation des sols, cartographie des CLPA, des zones de pêche et mise en place d'un système d'information géographique. *Centre de Suivi Ecologique et USAID/COMFISH Project, Senegal, University of Rhode Island, Narragansett RI*.66p
[22] DNM. (2019) -Guinée: la pluviométrie deux fois en deçà de la moyenne en 2019 (copie statistiques météorologies). Mosaiquesguinée.com (Saidou Barry).
[23] Kourouma, M., Kourouma, M., Keita, D., Soro, T. D., Soro, G., Soumaré, O., Soro, N., Kourouma, M., Kourouma, M., Keita, D., Soro, T. D., Soro, G., Soumaré, O., & Soro, N. (2023). Study of spatial and temporal climate variability in the Siguiri sub-basin (North-Eastern Guinea). *World Journal of Advanced Research and Reviews, 20* (1), Article 1. https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.1.2072.
[24] Baghdadi N., Bourguignon A., King C., Desprats J.F., Parent C., et *al*. (2001). L'imagerie spatiale pour la mise à jour cartographique en Afrique: un cas d'étude en Guinée-Conakry. Bulletin de la société française de photogrammétrie et de télédétection, 2001.hal-02924031.13p.
[25] Sangaré, S., Mahé, G., Paturel, J. E., & Bangoura, Y. (2002). Bilan hydrologique du fleuve Niger en Guinée de 1950 à 2000. *Sud Sciences et Technologies, 9,* 21-33.
[26] Monteny, B. A., & Zeller, B. (1985). Interactions végétation-atmosphère et leurs impacts sur les caractéristiques climatiques. *Compte-rendu du séminaire « Climat et développement,* 15-16.
[27] Aragão, L. E. (2012). The rainforest's water pump. *Nature, 489* (7415), 217-218.
[28] Aka, N. (2013). Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide: cas du département d'Abengourou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782,* (16).
[29] GIEC- (2019) -Dupar, M. (2019). Le Rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les terres émergées: « Quels impacts pour l'Afrique ?» Cape Town: Climate and Development Knowledge Network, Overseas Development Institute et South South North.40p.
[30] Guillou-Frottier, L. (2006). Les empreintes paléothermiques du sous-sol. *Géosciences, 3,* 12-17.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 505-512
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modélisation 2D des unités minéralisées du gisement uranifère du prospect Nord-Taza Satellite de la formation du Tarât (Arlit, Nord-Niger)

[2D modeling of the mineralized units of the uranium deposit of the Nord-Taza Satellite prospect of the Tarat formation (Arlit, North Niger)]

Lawali Idi Chamsi[1], Badamassi Kadri M. Mansour[2], Abdou Dodo Bohari[1], Ahmed Yacouba[1], and Moustapha M. Tchiroma[1]

[1]Université Abdou Moumouni, Faculté des sciences et techniques, Département de Géologie, Laboratoire Eaux Souterraines et Géoressources, BP: 10662 Niamey, Niger

[2]Université André Salifou, Faculté des sciences et techniques, Département des Sciences Géologiques et Environnementales, BP: 656 Zinder, Niger

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

ABSTRACT: This study is concerned with the 2D modelling of the mineralised units of the uranium deposit at the Nord-Taza Satellite prospect (Arlit, Northern Niger). The Nord-Taza Satellite prospect, operated by Aïr Mines Company (SOMAÏR), is an integral part of the uranium deposits in the Arlit sector, which are hosted by sandstones of Carboniferous age and deposited in a fluvio-deltaic environment. The methodological approach adopted consists of correlating the data obtained from development drilling and facing surveys using modelling software such as *Surpac* and *Sermine*. The minerals present include orthoclase, quartz, biotite, zircon, monazite and apatite. The lithological analysis showed that the study area is characterised by coarse sandstones with microconglomeratic tendencies, argillites and finely consolidated sandstones. These facies, referred to respectively as Unit 1 (U1), Unit 2 (U2) and Unit 3 (U3) of the Tarât, are the host formations for the uranium mineralisation in the study area. Correlation of data from boreholes and face surveys has shown that high uranium grades are found in the reduced sandstones of units U1 and U3, while low grades are found in the mudstones of unit U2. Information obtained from the Surpac software showed that uranium mineralisation is oriented in a north-south direction and is more concentrated on the western flank of the study area near the Arlit normal fault-flexure. The 2D model produced using the *Sermine* software showed that U1 has stratiform mineralisation, U2 has discontinuous or isolated lens mineralisation and U3 has chenalising lens mineralisation. The U4 or Madaouéla unit is not mineralised in the Nord-Taza Satellite prospect.

KEYWORDS: Tarât units, uranium mineralisation, modelling, Nord-Taza Satellite, Arlit, SOMAÏR.

RESUME: La présente étude porte sur la modélisation 2D des unités minéralisées du gisement uranifère du prospect Nord-Taza satellite (Arlit, Nord Niger). Le prospect Nord-Taza Satellite, exploité par la Société des Mines de l'Aïr (SOMAÏR), fait partie intégrante des gisements uranifères du secteur d'Arlit qui sont portés par les grès d'âge carbonifère et déposés dans un environnement de type fluvio-deltaïque. L'approche méthodologique mise en œuvre consiste à corréler les données obtenues à partir des sondages du développement et des levés de parements en utilisant des logiciels de modélisation tels que les logiciels *Surpac* et *Sermine*. Les minéraux présents comprennent l'orthose, quartz, biotite, zircon, monazite et l'apatite. L'analyse lithologique a montré que la zone d'étude est caractérisée par des grès grossiers à tendance microconglomératiques, des argilites et des grès finement consolidés. Ces faciès lithologiques désignées respectivement unité 1 (U1), unité 2 (U2) et unité 3 (U3) du Tarât constituent les formations hôtes de la minéralisation uranifère du secteur d'étude. La corrélation des données de sondages et de levés de parement a montré que les fortes teneurs en uranium sont portées par des grès réduits des unités U1 et U3 tandis que les faibles teneurs sont portées par les argilites de l'unité U2. Les informations obtenues à partir du logiciel *Surpac* ont montré que les minéralisations uranifères sont orientées suivant la direction nord-sud et plus

Corresponding Author: Lawali Idi Chamsi

concentrées au niveau du flanc occidental du secteur d'étude près de la flexure-faille normale d'Arlit. Le Modèle 2D réalisée à travers le logiciel *Sermine* a montré que l'U1 présente une minéralisation de type stratiforme, l'U2 de type discontinue ou lentille isolée et, l'U3 une minéralisation de type lentille chénalisante. L'U4 ou unité de Madaouéla n'est pas minéralisée dans le prospect Nord-Taza Satellite.

MOTS-CLEFS: Unités du Tarât, minéralisation uranifère, modélisation; Nord-Taza Satellite, Arlit, SOMAÏR.

1 INTRODUCTION

Les gisements uranifères du Niger connus à ce jour se localisent dans la partie nord du pays principalement dans la zone d'Arlit à 50 km à l'Ouest des premiers affleurements du socle de l'Aïr. Ils sont tous localisés dans le bassin de Tim Mersoï, d'une superficie de 114 000km^{2,} qui représente le prolongement septentrional du bassin des Iullemmeden [1], [2]. Le bassin de Tim Mersoï est limité à l'Est par le massif de l'Aïr, à l'Ouest par la dorsale d'In Guézzam, au Nord par le synclinal de Tin Séririne qui s'étend dans le massif du Hoggar jusqu'en Algérie [1], [3] – [5]. Les gisements uranifères en exploitation de la zone d'Arlit se localisent à l'Est de la flexure faille d'Arlit [4], [6] – [8]. D'autres gisements non exploités se trouvant à l'Ouest de la flexure-faille ont été mis en évidence par [2]. Bien que plusieurs travaux géologiques aient été effectués sur la formation de Tarât, les informations géologiques fournies jusqu'alors sont très insuffisantes par secteur pour la détermination des zones minéralisées non exploitées. C'est pourquoi des explorations minières sectorielles se poursuivent au fur et à mesure que l'exploitation suit son cours. Confrontée à un problème de productivité dû à l'application des systèmes de dénoyage du secteur grand Artois, la Somaïr (Société des Mines de l'Aïr) a dû procéder à l'exploitation d'un nouveau gisement, celui de Nord Taza-satellite (secteur d'étude). L'objectif de cette étude est de modéliser les unités porteuses de la minéralisation du prospect Nord-Taza Satellite.

2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE DU BASSIN DE TIM MERSOÏ

Le bassin de Tim Mersoï, en forme de gouttière entre la dorsale d'In-Guézzam à l'Ouest et le massif de l'Aïr à l'Est, se prolonge vers le Nord dans le massif du Hoggar jusqu'en Algérie où il prend le nom du synclinal de Tin Séririne **(Figure 1).** Le bassin s'étend sur un périmètre d'environ 640000km^2 dans la partie Nord-ouest du Niger [8]. Le flanc oriental du bassin de Tim Mersoï est en pente douce jusqu'au linéament ou flexure-faille d'In-Azaoua-Arlit, au-delà de l'accident vers l'Ouest, le bassin a tendance à s'approfondir [1], [8]. La lithologie du bassin comprend des conglomérat, grès grossiers, grès fins, argilites et formations quaternaires [9], [10]. D'un point de vue structurale, le bassin de Tim Mersoï est caractérisé par une structuration en gouttière synclinale extensive qui a une longueur d'onde de 200 km, affectée par des accidents cassants (failles) ou mixtes (flexures-failles) [1]. Le bassin de Tim Mersoï est caractérisé par deux types de déformations: (i) déformation cassante et (ii) déformation souple.

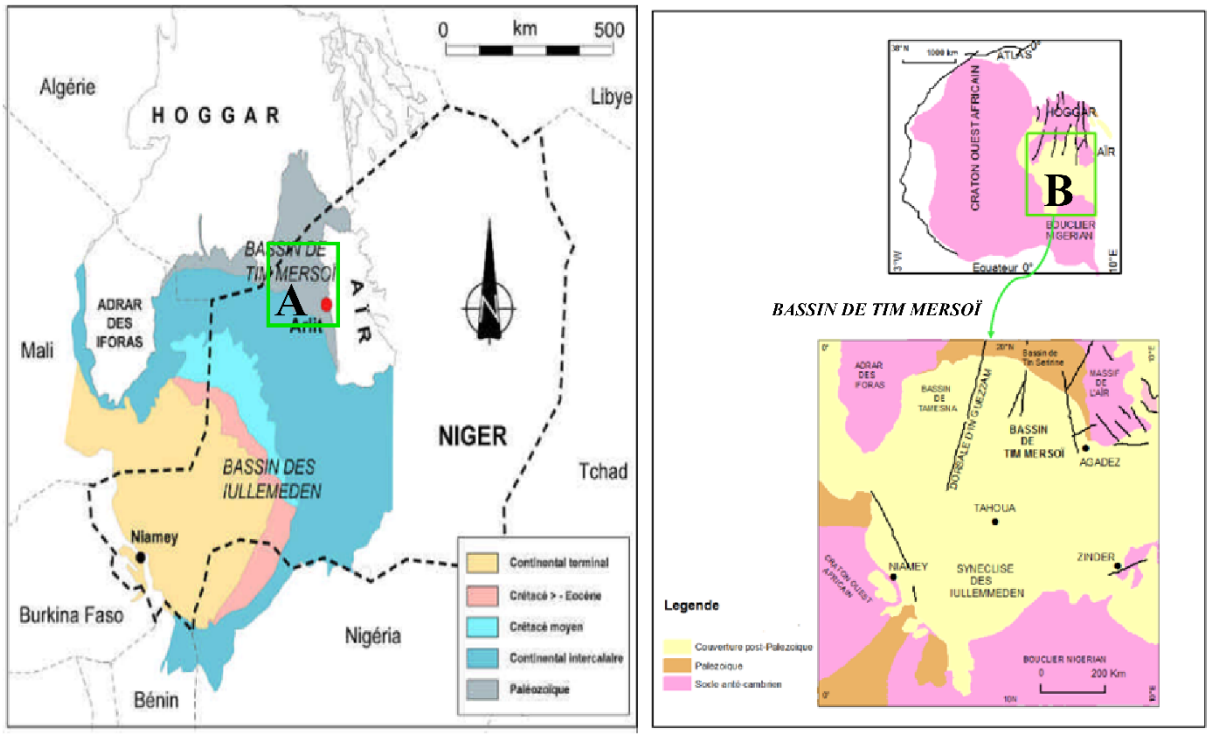


Fig. 1. A- Position du bassin de Tim Mersoï sur la carte du Niger [6]; B- Situation géographique du bassin de Tim Mersoï dans la synéclise des Iullemmeden.

3 MÉTHODOLOGIE

L'approche méthodologique utilisée a consisté à faire des sondages du développement et à procéder aux des levés de parements respectivement avant et après la construction de la mine. La réalisation des sondages a permis d'une part de décrire les débris de roches "*cuttings*" prélevés et d'autre part, de déterminer les épaisseurs des différents faciès lithologiques porteurs de la minéralisation. Le levé de parement est une technique qui a permis de reproduire un front abattu par les tirs des mines au fur et à mesure que l'exploitation suit son cours. Cette technique de levé a permis de décrire les faciès lithologiques ainsi que la localisation des milieux oxydés et réduits et la caractérisation des structures sédimentaires associées aux faciès lithologiques. Environ 110 levés ont été effectués sur l'ensemble du secteur d'étude. Les corrélations entre les données de sondage et les levés réalisés ont été obtenues à l'aide du logiciel *Surpac*. Les enveloppes minéralisées de la zone d'étude ont été déterminées à l'aide du logiciel *Sermine*. Le tableau ci-dessous indique les différentes classes de minerai, les teneurs et la radioactivité (couts/seconde).

Tableau 1. Coupure de teneur du prospect Nord-Taza Satellite.

Radioactivité (couts/ seconde)	Teneurs	Classe du minerai
> 2086	> 4‰	M6
731-2086	1,8‰	M5
337-731	1-1,8‰	M4
172-337	0,6-1‰	M3
< 172	< 0,6‰	M2

4 RÉSULTATS

4.1 SONDAGES ET FACIÈS LITHOLOGIQUE DU NORD-TAZA SATELLITE

Le secteur du Nord-Taza Satellite est un gisement uranifère limité au Sud par le gisement de Nord-Taza, à l'Est par le gisement d'Ariège, au Nord par les verses stériles d'Ariège et s'étend à l'Ouest par la flexure-faille d'Arlit (**Figure 2A**). Ce gisement couvre une superficie de 1,2 km². Les descriptions lithologiques fondées sur les sondages ont montré que le prospect Nord-Taza Satellite est caractérisé du bas vers le haut par quatre formations principales à savoir: le Tchinézogue, le Tarât, l'Arlit et l'Izegouande. Seule la formation du Tarât et son contact avec le Tchinézogue sont minéralisées. Les faciès lithologiques du Tarât sont représentés par des grès grossiers à microconglomératiques, des argiles silteuses et des grès argileux respectivement désignées U1, U2 et U3 (**Figure 2B**). L'unité 4 (U4) correspond à la formation de Madaouéla, qui constitue le toit de la formation du Tarât (**Figure 2B**). En raison des variabilités latérales de faciès et des faibles épaisseurs, la prédominance des argilites, de silts, et de grès fins à moyens ou alternant l'U4 rend difficile la distinction entre l'U3 du Tarât et l'U4 de Madaouéla (**Figure 2C**). Les minéraux détritiques présents comprennent le quartz, l'orthose et la biotite. Les minéraux accessoires tels que la monazite, l'apatite, le zircon sont les témoins d'une origine magmatique. D'un point de vue lithologique, l'unité U1 est constituée des grès bien consolidés à tendance microconglomératiques et à ciment carbonaté (**Figure 2C**). La deuxième unité (U2), argileuse est organisé en des chenaux plats, dans lesquels les argilites de couleur noire sont riches en matière organique (**Figure 2C**). Le sommet est caractérisé par des grès finement consolidés, généralement rubéfiés, constituant la troisième unité (U3). L'unité U4 est caractérisée par des grès bariolés non minéralisé dans le prospect Nord-Taza Satellite (**Figure 2C**).

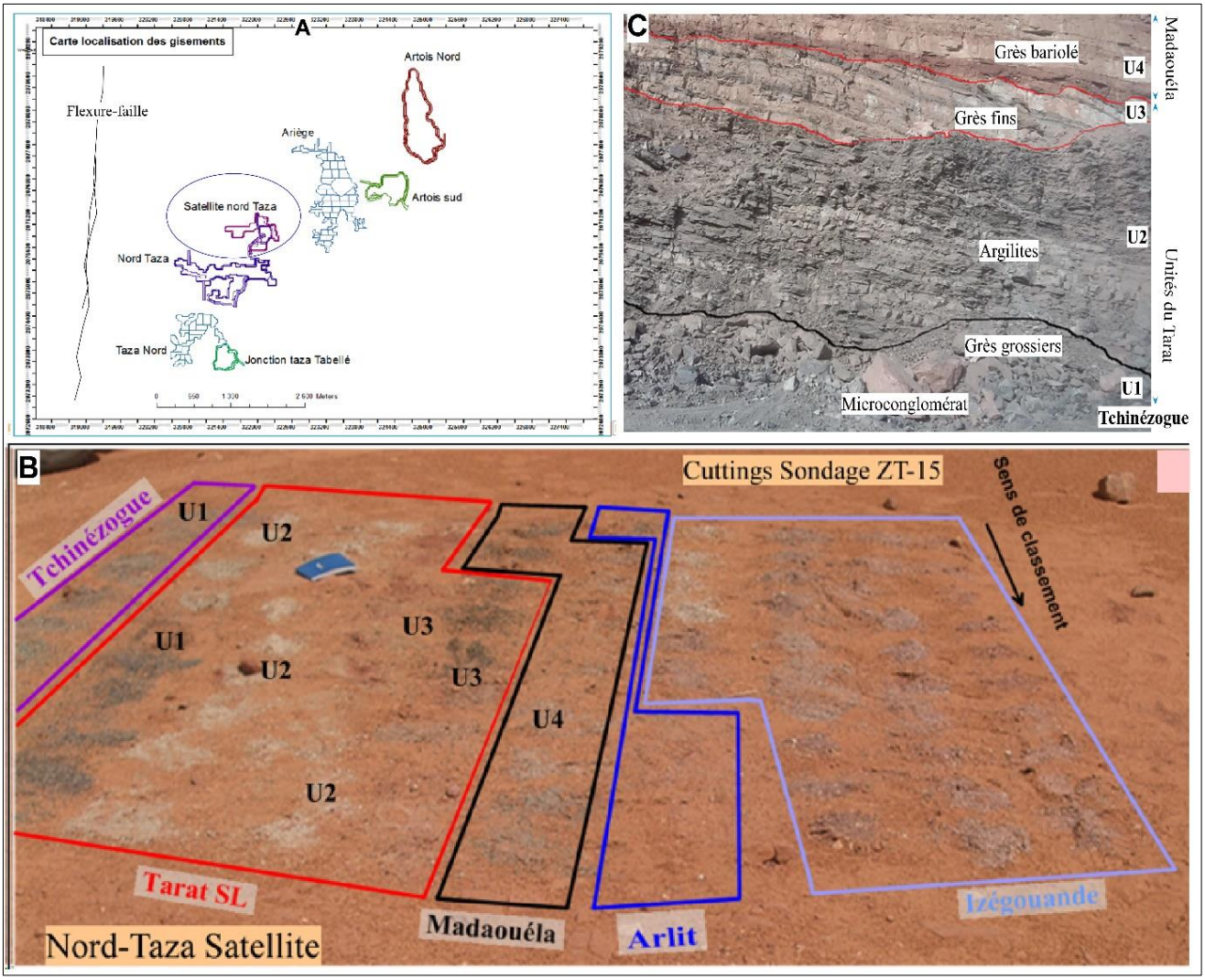


Fig. 2. Parement du tir Z15 T-26 montrant les unités du Tarat et Madaouéla du prospect Nord-Taza Satellite.

4.2 CORRÉLATIONS ENTRE LES SONDAGES ET LES LEVÉS DE PAREMENT

La corrélation entre les sondages réalisés avant la construction de la mine et les différents tirs, notamment les tirs Z15T-26 et Z15T-29 a montré que la minéralisation uranifère est présente dans tous les faciès lithologiques (**Figure 3A**). Dans le tir Z15T-26, les fortes teneurs (M6) sont portées par des grès grossiers de l'unité U1 du Tarât (**Figure 3A**). Par contre, les fortes teneurs du tir Z15T-29 sont contrôlées par des argilites de l'unité U2 du Tarât et localement par des grès fins de l'unité U3. Ces résultats sont conformes aux données de sondages obtenues pour les enveloppes minéralisées (**Figure 2B**). Le tir Z15-16 est caractérisé par des formations à lithologie gréseuse, argileuse et argilo-silteuse, avec une alternance de grès à grains fins à moyens (**Figure 3B**). Les fortes teneurs (M6, M5 et M4) du tir Z15-16 sont portées par des grès grossiers de l'unité 1, tandis que les argilites de l'unité 2 portent les minéralisations des faibles teneurs, M3 et M2 (**Figure 3B**).

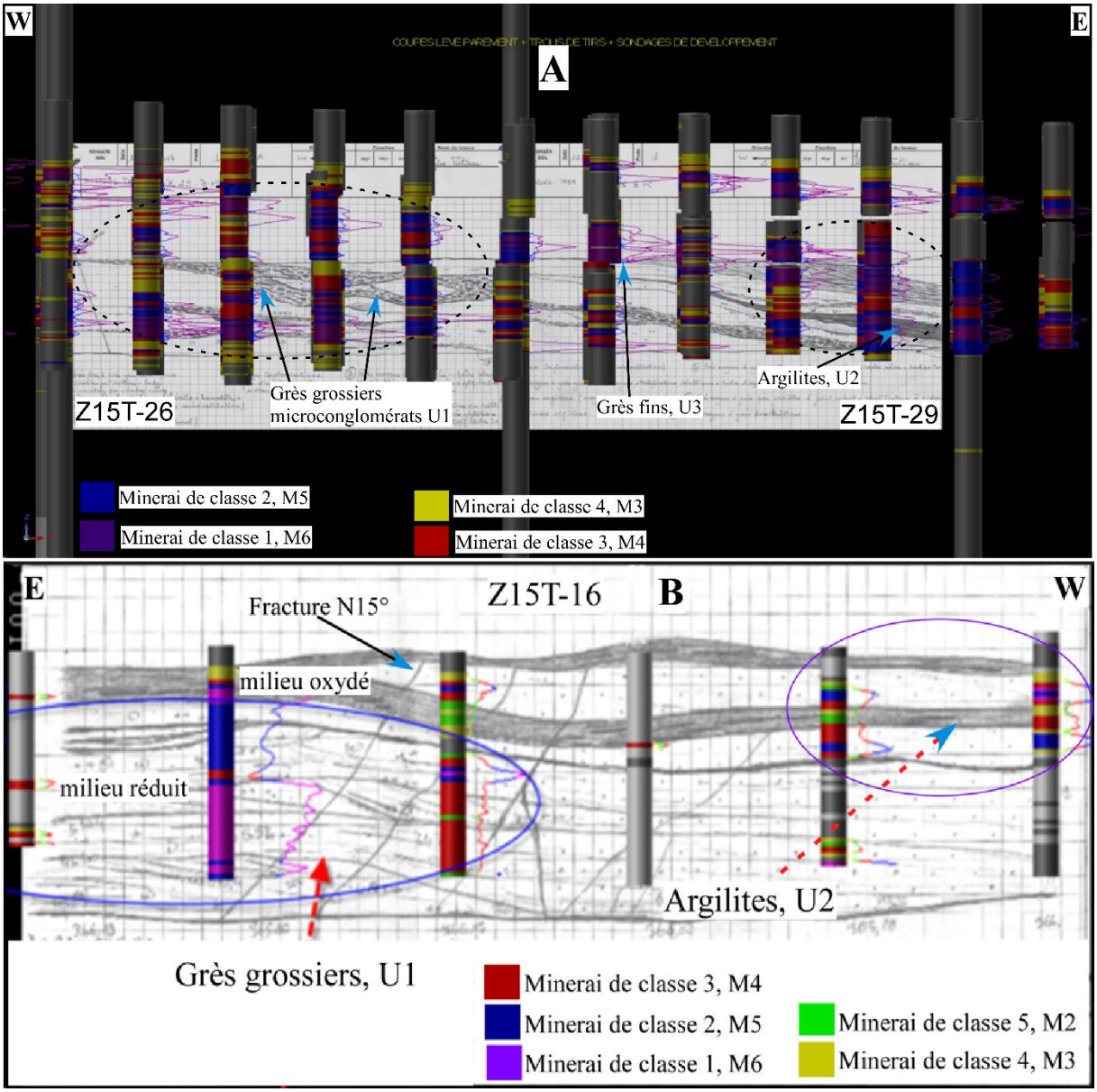


Fig. 3. Corrélation entre les sondages et les levés de parement; A: tirs Z15T-26 et 29; B: tir Z15T-16.

4.3 ZONES MINÉRALISÉES DU NORD-TAZA SATELLITE

Le résultat obtenu sur les sondages réalisés le long de la mine de Nord-Taza Satellite a permis de déterminer les zones les plus minéralisées. L'intégration des données de sondage couplées à celles des levés de parement ont montré que les minéralisations sont globalement orientées suivant l'orientation nord-sud et plus concentrées vers le flanc Ouest de la mine,

près de la flexure-faille d'Arlit (**Figure 4**). Ces remarques sont conformes aux travaux de [4], [6], [7], [9] qui montrent que les fortes teneurs uranifères de la Somaïr sont plus importantes en s'approchant de la flexure faille normale d'Arlit. Récemment, [3].

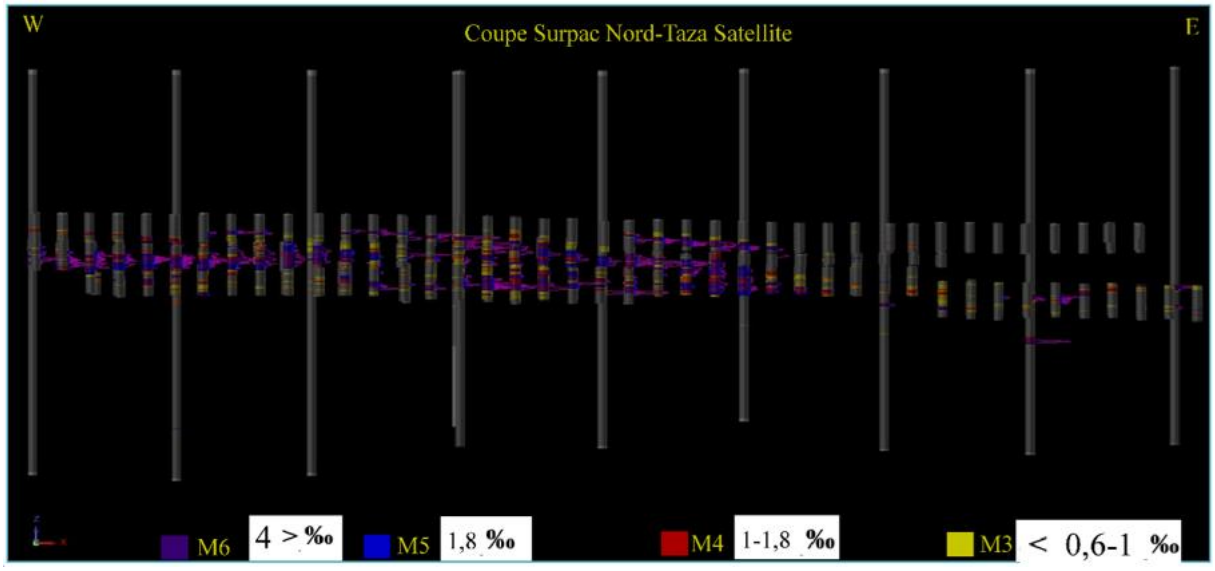


Fig. 4. Coupe Surpac E-W du prospect Nord-Taza Satellite montrant les fortes concentrations uranifères vers le flanc Ouest du prospect.

4.4 MODÉLISATION 2D DES UNITÉS MINÉRALISÉES DU NORD-TAZA SATELLITE

Avant d'aborder la modélisation 2D des unités minéralisées du secteur d'étude, c'est-à-dire comprendre les comportements de ces unités, il est utile de rappeler les principales caractéristiques minéralogiques et lithologiques de ce secteur. Les minéraux présents comprennent l'orthose, le quartz, la biotite, la monazite, le zircon et l'apatite. L'étude pétrographique a permis d'identifier les faciès gréseux microconglomératiques (U1), argileux (U2) et gréseux finement consolidés (U3). La modélisation des unités minéralisées, fondée sur la compilation des données de sondages et levés de parements des coupes Surpac (Figure 3 et 4), a permis de déterminer les enveloppes minéralisées du Nord-Taza Satellite. Cette modélisation montre que la minéralisation de l'unité 1 présente une forme allongée suivant la direction N-S du secteur d'étude. Il s'agit de la minéralisation de type stratiforme (**Figure 5**). La minéralisation de l'unité U2 est discontinue, donc apparaît sous forme d'une lentille isolée (**Figure 5**). Dans ce secteur, la minéralisation U2 présente une faible teneur par rapport à l'unité U1. Par contre, la dernière unité U3 est fortement minéralisée et contrôlée par des grès fins. Elle apparaît sous forme de lentilles chénalisantes riches en matière organiques (**Figure5**). La forme lenticulaire de minéralisation uranifère mise en évidence au Nord-Taza Satellite est similaire à plusieurs minéralisations du bassin de Tim Mersoï [3], [4], [6], [9].

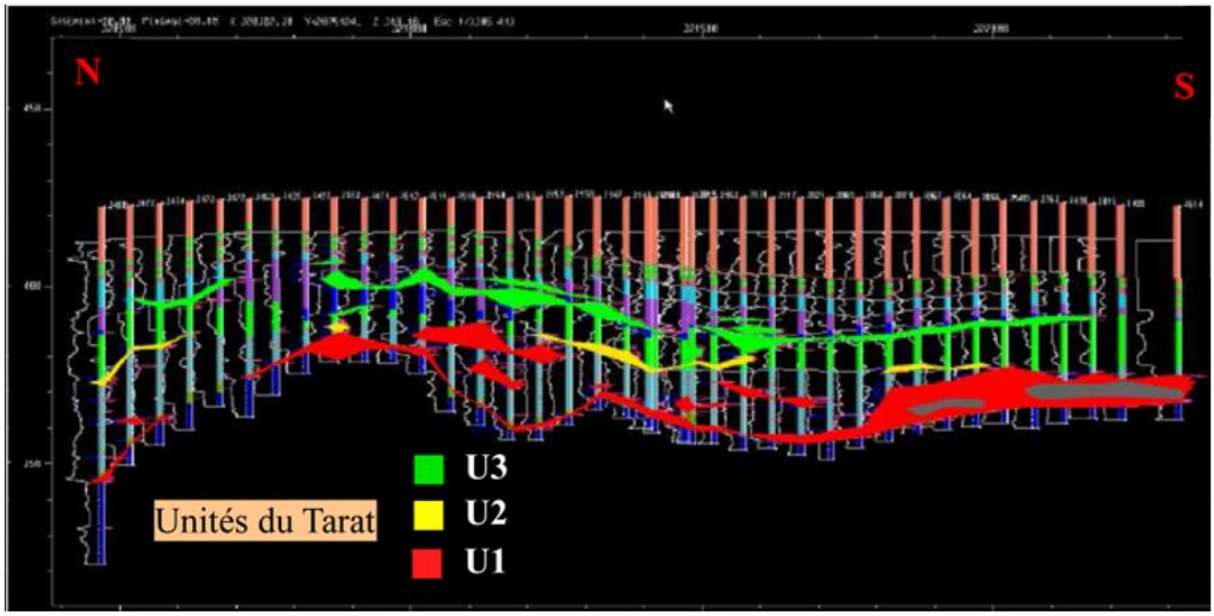


Fig. 5. Modélisation 2D montrant les enveloppes minéralisées du prospect Nord-Taza Satellite.

5 DISCUSSION

Les résultats obtenus à partir des sondages de développement ont montré que les minéralisations du secteur de Nord-Taza Satellite sont essentiellement localisées dans les grès et les argilites des unités du Tarât. Ces remarques sont conformes aux travaux de [6] et de [9] qui soulignent que les gisements uranifères du secteur d'Arlit sont encaissés dans des grès d'âge Carbonifère, riche en matière organique d'origine végétale, déposés dans un environnement de type fluvio-deltaïque à estuarien. Les minéraux observés sont représentés par le quartz, l'orthose et la biotite. Les minéraux lourds détectés tel le zircon, la monazite et l'apatite traduisent une origine magmatique. Ce qui corrobore avec les travaux de [7] et de [9] qui ont émis cette hypothèse dans certains secteurs du gisement d'Arlit au Niger comme source le massif de l'Aïr ou du Damagaram ou encore le plateau de Jos. Dans un secteur voisin au secteur d'étude, l'analyse par diffraction rayon X sur poudre a montré que les minéraux authigènes rencontrés dans le prospect Tamari sont principalement les carbonates (calcite et dolomite), les argiles (illite, chlorite, chlorite-smectite, illite-smectite), les sulfures (pyrite, galène, sphalérite, chalcopyrite) [9]. Les corrélations entre les résultats des sondages à ceux des levés de parement ont montré que les minéralisations uranifères de la zone d'étude sont localisées près de la faille-flexure d'Arlit de direction N-S [11], [12]. Cette faille est responsable du contrôle tectonique sur la sédimentation. L'absence de la minéralisation de l'unité U4 de Madaouéla du secteur Nord-Taza Satellite pourrait être expliquée par ce contrôle tectonique. La forme lenticulaire de minéralisation uranifère mise en évidence au Nord-Taza Satellite est similaire à plusieurs minéralisations du bassin de Tim Mersoï [11], [13]. De tels gisements lenticulaires seraient formés par une importante érosion des couches minéralisées par des chenaux [8]. Ces gouttières sont les lieux favorables de dépôts de la pechblende et de la coffinite (minéraux uranifères réduits) [4], [14], [15]. Ce piégeage de l'uranium peut aussi se faire à la faveur des fronts d'oxydoréduction [13], [16], [17]. Ces derniers ont interprété ce type d'uranium de minéralisation secondaire.

6 CONCLUSION

Les minéraux présents dans la formation hôte de la minéralisation sont l'orthose, le quartz, la biotite, la monazite, le zircon et l'apatite. Les faciès lithologiques du prospect Nord-Taza Satellite sont formés du bas vers le haut par des grès grossiers à microconglomérat, des argilites et par des grès finement consolidés désignés désignant respectivement les unités minéralisées U1, U2 et U3 du Tarât. Les fortes teneurs en uranium sont portées par des grès réduits des unités U1 et U3 tandis que les faibles teneurs sont portées par les argilites de l'unité U2. Les minéralisations uranifères du prospect Nord-Taza Satellite sont plus concentrées vers le flanc ouest de la mine près de la flexure-faille normale d'Arlit. La modélisation des unités minéralisées (U1, U2 et U3) a montré que l'U1 présente une minéralisation de type stratiforme, l'U2 de type discontinue (lentille isolée) et l'U3 de type lentille chénalisante.

REFERENCES

[1] Yahaya Moussa: Dynamique sédimentaire du guézouman et des formations viséennes sous-jacenntes en liaison avec la tectonique, le volcanisme et le climat, paléomilieux des gîtes uranifères d'Arlit (Niger). Université de Bourgogne, pp 159; 1992.

[2] Marah. M. Mamadou: Le système métallogénique des gisements d'uranium associés à la faille d'Arlit (Bassin de Tim Mersoï, Niger) : diagenèse, circulations des fluides et mécanismes d'enrichissement en métaux (U, Cu, V). Thèse de doctorat, Université de Lorraine, pp 402; 2016.

[3] Sanda, C.M. Moustapha; Dan Dibi, M. B; Hallarou, M. M; Sani, A; Chamsi, L.I; Attourabi, S.A and Ranaou, G.N: Characterisation of the host sequences of uranium mineralisation in the Moradi sector, Tim Mersoï Basin, *Journal. Research. Environ. Earth Sci.,* vol. 8 (6), pp. 70-82; 2022.

[4] Salze, D: Etude des interactions entre uranium et composés organiques dans les systèmes hydrothermaux, Université de Nancy, pp; 316; 2008.

[5] Harouna Moussa: Contribution à l'étude des substances carbonnées dans les bassins paléozoïques de la bordure occidentale du massif de l'Aïr (Républuque du Niger): Implications sédimentologiques et géochimiques. Université d'Orléans, pp 284; 1991.

[6] Gerbeaud Olivier: Evolution structurale du Bassin de Tim Mersoï : Déformations de la couverture sédimentaire, relations avec la localisation des gisements d'uranium du secteur d'Arlit (Niger); Université de Paris-Sud d'Orsay, pp 270; 2006.

[7] Wagani, I: Potentialités uranifères des sources volcaniques envisageables pour la formation des minéralisations de la région d'Arlit (Niger); Thèse de l'Université de Paris Sud, pp 291; 2007.

[8] Forbe, P: Geochemistry of finegrained clastic sediments in the Archean Abitibi greenstones belt, Canada: Implications for provenance and tectonic setting; Geochim. Cosmochim. Université de Bourgogne, pp 191; (1990).

[9] Bohari, A. dodo: Genèse des minéralisations uranifères dans un nouveau secteur de la zone d'Arlit, bassin de Tim Mersoï, Nord Niger : le prospect de Tamari; Université Abdou Moumouni, pp 249; 2020.

[10] Sani, Abdoulwahid: Role des accidents N70 dans la mise en place des gisements uranifères du basin de Tim Mersoï: cas du graben de DASA, bordure occidentale de l'Aïr (Nord Niger); Université Abdou Moumouni, pp 233; 2020.

[11] Cavellec, S: Evolution diagénétique du bassin de Tim Mersoï et conséquences pour la genèse des minéralisations uranifères dans les formations du Guézouman et du Tarat (district Arlit-Akokan, Niger); Université de Paris-Sud, pp 291; 2006.

[12] Liégeois, J.P; R. Black, J. Navez and L. Latouche: Early and late Pan-African orogenies in the Aïr assembly of terranes (Tuareg shield, Niger); *Precambrian Research.,* vol. 67 (12), pp 59-88; 1994.

[13] Marah, M. Mamadou., Cathelineau M, Deloule E and Schimtt R: Cenozoic oxidation episodes in West Africa at the origin of the in-situ supergene mineral redistribution of the primary uranium ore bodies (Imouraren deposit, Tim Mersoï Basin, Northern Niger) *Miner. Depos.,* pp 75-86; 2019.

[14] Sani. Abdoulwahid; Baraou, S. Idi; Karim, L. Idi; Halarou, M. M; Sanda, M. M. Chekaraou, and Konaté, M: Evidence of a Magmatic Intrusion in the Tim Mersoi Basin in Relation With Uranium Mineralizations, *Europium. Journal. Environ. Earth Sci.,* vol. 3 (4), pp 15-22, 2022, doi: 10.24018/ejgeo.2022.3.4.296.

[15] Salze, D: The first stage in the formation of the uranium deposit of Arlit, Niger: Role of a new non-continental organic matter; *Ore Geol. Rev; N°*165, pp. 604-617; 2018.

[16] Bellion, S: Minéraux argileux dans le gisement uranifère d'Imouraren (Bassin de Tim Mersoï, Niger) : Implications sur la genèse du gisement et sur l'optimisation des processus de traitement du minerai. Thèse Terre solide et enveloppes superficielles, Université de Poitiers, pp 294; 2014.

[17] Marah Mamadou. M, Cathelineau M., Deloule E., Reisberg L., Cardon O: The Tim Mersoï Basin uranium deposits (Northen Niger): Géochronology and genetic model, *Ore Geol. Rev.,* pp. 134-145; 2022.*Rev.,* pp. 134-145; 2022.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 513-521
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Knowledge, Practice and Satisfaction of the beneficiaries of the National Program of Sanitized Schools and Villages in post-certification in the province of Tshopo in the DRC

Basandja Longembe Eugene[1], Panda Lukongo Kitronza Jean[1-2], and Losimba Likwela Joris[1]

[1]Department of Public Health, Faculty of Medicine and Pharmacy, University of Kisangani, RD Congo

[2]Department of Public Health, Faculty of Medicine, University of Liège, Belgium

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

ABSTRACT: The objective of this study was to assess the knowledge and satisfaction of the population on the National Program of Sanitized Schools and Villages (NPSSV) as well as their practice in post-certification.
An analytical cross-sectional study was carried out in 3 intervention Health Zones during the period from November 15 to 27, 2022. The statistics were carried out with Pearson's chi2, Fisher's Exact Test, ANOVA Test and Kruskal Wallis Test, according to the conditions of their applications.
The knowledge most represented on the NPSSV, regardless of site, was «the drinking water coverage improvement program» (99%), the other components of the program were poorly known (p≤0.05). The village certification criteria and the tasks of the village committee members were poorly known (p≤0.05). Almost all of the population currently uses unimproved water sources (92%), indistinctly of Health Zone. Surface water and traditional wells are significantly more used (p≤0.05). Poor construction, lack of maintenance and sabotage of structures were the most cited causes of the deterioration of water structures (p≤0.05). Satisfaction with the program and the quality of the works is very good, differently between the Health Zones (p>0.05). Diarrheal episodes were observed in 33% of households, the median number of people with diarrhea and the median number of children under 5 years of age did not differ between Health Zones (p>0.05).
The knowledge of the mothers on the key aspects of the NPSSV is limited, their appreciation of the implementation of the activities is satisfactory and the households no longer use the improved water points. This maintains a high incidence of diarrhea at the household level. Other measures are essential to deal with it.

KEYWORDS: Knowledge, practice, satisfaction, post certification, sanitized villages program, Tshopo.

1 INTRODUCTION

Sustainable Development Goal number 6 (SDG 6) aims to "ensure access for all to sustainably managed water supply and sanitation services" [1].

The SDGs are globally defined ideal targets, designed to be universally relevant and applicable to all countries; "it is up to each State to set its own targets at the national level to meet global ambitions while taking into account its specificities" [1, 2].

Every day, 1,000 children die from easily preventable diseases caused by poor sanitation and hygiene [3]. In sub-Saharan Africa, childhood diarrhea is a public health problem. These diarrheal diseases have an economic impact that is all the heavier in that they preferentially affect the poorest countries [4].

Current studies show that the construction of water points does not necessarily decrease diarrheal morbidity rates while the emphasis on targeted water quality interventions, at the source or household level, has a significant impact, with a 42% reduction in morbidity [5].

Impact studies have shown that when access to an improved water source was possible, varying proportions of households in the communities studied either did not use it at all, or did not use it for a good part of the year. In all the cases of community water points studied, part of the population continued to use the less safe traditional water sources, even for drinking [6].

The "Sanitezed Village" initiative is a Congolese national program that encourages communities and local health authorities to work together to improve the health of children. Thanks to this program, the communities themselves set to work to improve their sanitation and hygiene practices and to maintain sustainable access to drinking water [7].

Corresponding Author: Basandja Longembe Eugene

A study conducted in the DRC (2018) found that 33.9% of the population living in rural areas had access to drinking water at the national level, 32.6% had access to an improved sanitation facility, 11.6% from the population practiced open defecation and 14.9% of the rural population washed their hands with soap and ash [8].

During a recent study conducted in two Health Zones of Tshopo province, covered by NPSSV since 2014, the prevalence of diarrhea among children under 5 was 13% (95 CI: 10%-16%), it was identical with that of children from households not covered by the program ($p \leq 0.05$) [9].

This result attests to the inefficiency of the NPSSV in dealing with the problems for which it was created and raises too many questions about the knowledge of the underperformance factors of this program.

To deal with this problem of low impact of the program with good geographical coverage of the interventions, several studies are necessary. As part of this scientific reflection, attention is focused on the final beneficiaries of the program, the household population, to assess their level of understanding of the program, of its operation at the local level (village) and their practices in terms of supply drinking water, especially post-certification where the maintenance of structures and good water management practices is part of the sustainability of the achievements of the community.

The objective of this study was to evaluate the knowledge and the satisfaction of the population on the program "Healthy Villages" as well as their practice in terms of drinking water supply in post certification.

2 MATERIAL AND METHODS

STUDY SITES

This study was conducted in the Health Zones (HZs) of Bengamisa, Yakusu and Lubunga located in the peri-urban area of the city of Kisangani. These three HZs have been part of the National Program of Sanitezed Schools and Villages since 2010 with funding from UNICEF and other technical and financial partners (TFP) in the Water, Hygiene and Sanitation sector. These HZs were selected on the basis of criteria of geographical complementarity (rural and urbanrural areas, riparian and terrestrial territories) and duration in the implementation of program activities. These two important criteria were taken into account in the stratification of the villages because they can influence the quality of the water works, the behavior and the habits of the population in relation to the drinking water service.

STUDY POPULATION

It is made up of households in the coverage areas of the NPSSV in the province of Tshopo, whose respondents were mothers/caregivers of children under 5 years old.

TYPE AND PERIOD OF STUDY

An analytical cross-sectional study was carried out in the HZs of Bangamisa, Yakusu and Lubunga during the period from November 15 to 27, 2022.

SAMPLING

The size of the sample was calculated according to the LUNCH formula considering the prevalence of diarrhea in children under 5 in the Province Orientale estimated at 13.4%, with the coefficient Z=1.96, the degree error of 0.05 and an anticipated non-response rate of 10%, it was 180 households. These households were evenly distributed in 3 HZs, i.e. 60 per HZ. In each HZ, three sanitized villages were randomly selected as follows: a village certified at least 3 years ago, a village certified 3 to 5 years ago and a village certified more than 5 years ago.

Households were selected using the systematic sampling technique. After the household count (N), the sampling interval (k) was calculated by dividing N/20; then, a random number between 1 and k was drawn, which corresponded to the number of the first household surveyed. The other households were identified by adding the sampling step.

VARIABLES OF INTEREST

- Sociodemographic characteristics of respondents and households: age, level of education, marital status, number of people in the household and number of children under 5 years old.
- Knowledge of the NPSSV: intervention components, village certification criteria, existence of the village committee and tasks of the village committee members.
- Drinking water supply: main source, maintenance of structures, causes of deterioration of improved structures.
- User appreciationon: the program, the quality of the works and their location.

- Diarrheal morbidity in households: households having recorded at least one case of diarrhea in the two weeks preceding the survey, number of cases of diarrhea in the household.

DATA COLLECTION AND ANALYSIS

The data was collected by the interview technique of mothers/caregivers of children aged 0 to 59 months using a smartphone with the Kobo collect software. The database downloaded in Excel format was exported to STATA 15 for statistical analysis. The description of the sample was made using proportion for the variables in category, average (SD) for the quantitative variables with normal distribution and the median (p75-p25) for the quantitative variables with nonsymmetrical distribution. Statistical inferences were made with Pearson's chi2, Fisher's Exact Test, ANOVA Test and Kruskal Wallis Test, depending on the conditions of their applications, at the 5% significance level.

ETHICAL CONSIDERATIONS

The study benefited from the approval of the ethics committee of the University of Kisangani, the deanship of the Faculty of Medicine and Pharmacy, the Provincial Health Division, the Central Offices of the Health Zones and the chiefs villages surveyed. Participation in the study was voluntary with written consent. Data analysis and dissemination of results were done anonymously.

3 RESULTATS

Table 1. Sociodemographic characteristics of respondents and households

Characteristics	All	Bengamisa	Yakusu	Lubunga	P value
Age (n)	*180*	*60*	*60*	*60*	
Mean (SD)	36.6 (10.8)	36.2 (11.7)	35.8 (11.5)	37.9 (9.3)	*0.151**
18 - 25	31 (17)	11 (18)	13 (22)	7 (12)	*0.153***
26 - 35	59 (33)	22 (37)	20 (33)	17 (23)	
36 - 45	50 (28)	12 (20)	13 (22)	25 (42)	
46- plus	40 (22)	15 (25)	14 (23)	11 (18)	
Educational level (n)	*180*	*60*	*60*	*60*	*0.099****
None	24 (13)	10 (17)	3 (5)	11 (18)	
Primary	99 (55)	31 (52)	39 (65)	29 (48)	
Secondary	55 (31)	19 (32)	18 (30)	18 (30)	
Higher/University	2 (1)	0 (0)	0 (0)	2 (3)	
Marital status (n)	*180*	*60*	*60*	*60*	*0.054****
Married	133 (74)	43 (72)	49 (82)	41 (68)	
Free union	32 (18)	14 (23)	8 (13)	10 (17)	
Bachelor	7 (4)	0 (0)	3 (5)	4 (7)	
Divorce	8 (4)	3 (5)	0 (0)	5 (8)	
Number of people in the household					
Median (p75 – p25)	9 (11 – 7)	7 (10 – 5)	9 (12 -7)	9 (11 – 7)	*0.001*****
Number of children ≤ 5 years old					
Median (p75 – p25)	2 (2 – 1)	1 (2 -1)	2 (3 – 1)	2 (2 – 1)	*0.001*****

Oneway ANOVA ** Pearson's chi-square * Fisher's Exact Test ****Kruskal wallis*

Table I shows that the average age, level of education and marital status of the respondents are not different between the HZs studied. The median number of people and children under 5 in households is statistically lower in the HZ of Bengamisa (p≤0.05).

Table 2. Knowledge of NPSSV and the role of village committee members

Variable	All	Bengamisa	Yakusu	Lubunga	P value
Heard about NPSSV	*180*	*60*	*60*	*60*	
Yes	144 (80)	*52*	*50*	*42*	*0.054**
No	36 (20)	8	10	18	
Knowledge about the Village program sanitized	*n=144*	*n=52*	*n=50*	*n=42*	
Improvement of water works	143 (99)	51	50	42	0.332**
Latrine construction	57 (40)	17	25	15	0.151*
Hand washing	72 (50)	18	24	30	0.001*
Village clean-up	62 (43)	21	27	14	0.115*
Village committee	10 (10)	4	2	4	0.553**
Sensitization	48 (33)	26	10	12	0.006*
Knowledge about village certification criteria	*n=144*	*n=52*	*n=50*	*n=42*	
Presence of village commettee	19	12	4	3	0.014*
Improved water structures	133	48	45	40	0.244*
Improved Toilets	71	22	28	21	0.368*
Availability of hand washing	69	19	27	23	0.324*
Cleanliness of the village	60	23	28	9	0.001*
Enclosed animal	7	5	0	2	0.072**
Knowledge of the existence of the functional village committee	*n=180*	*n=60*	*n=60*	*n=60*	
Yes	56 (31)	24 (40)	18 (30)	14 (23)	0.139*
No	124 (69)	36 (60)	42 (70)	46 (77)	
Duties of village committee members	*n=180*	*n=60*	*n=60*	*n=60*	
Sensitization	40 (22)	20 (33)	8 (13)	12 (20)	0.027*
Mobilization for hygiene work and sanitation	45 (25)	21 (35)	12 (20)	12 (20)	0.09*
Repair/construction of water works	25 (14)	14 (23)	7 (12)	4 (7)	0.025*
Maintenance of structures water	42 (23)	19 (32)	12 (20)	11 (18)	0.17*
Follow-up meeting	10 (6)	7 (12)	2 (3)	1 (2)	0.038*

**Pearson's Chi-square * * Fisher's Exact Test*

The widest knowledge that people have of this program, regardless of site, was "the program to improve drinking water supply coverage". The other components of the program were poorly known in all the study sites. Knowledge of the "hand washing" component is significantly low in Bengamisa and that of "household awareness" statistically low in Lubunga and Yakusu ($p \leq 0.05$).

The village certification criteria was poorly known except for the possession of improved water structures. A significantly small difference was observed in Lubunga and Yakusu for the criterion related to the presence of the village committee and the criterion of village cleanliness for the ZS of Lubunga ($p \leq 0.05$). The non-functionality of the local village committee was mentioned in majority in all the sites without statistical difference.

The knowledge of the respondents was generally very low for all the tasks of the members of the village committee under examination (<30%). Knowledge of the tasks: sensitization, repair/construction of works and holding of meetings was low in the HZs of Lubunga and Yakusu compared to that of the HZ of Bengamisa ($p \leq 0.05$).

Table 3. Drinking water supply and maintenance of hydraulic structures

Variable	All	Bengamisa	Yakusu	Lubunga	P value
Main source of water supply in post certification					
Sources categories	*180*	*60*	*60*	*60*	
Improved sources	15 (8)	3	8	4	0.55*
Unimproved sources	165 (92)	57	52	56	
Types of water source					
Improved source/sink	15	3	8	4	0.217*
Traditionnal springs	52	32	4	16	0.001*
River/stream	79	17	42	20	0.001*
Traditional wells	34	8	5	21	0.001*
Post-certification maintenance of water structures					
No	35 (19)	12	17	6	0.001**
Sometimes/rarely	131 (73)	39	42	50	
Yes	14 (8)	9	1	4	
Origin of the degradation of the rehabilitated water structures					
Faulty construction	23 (13)	3	13	7	0.023*
Lack of maintenance	104 (58)	20	40	44	0.001*
Improper use	100 (56)	39	34	27	0.086*
Sabotage by incivics	23 (13)	17	5	1	0.001*
Lack of surveillance	31 (17)	11	7	13	0.336*

Table III shows that almost the entire population currently used, regardless of the site, unimproved water sources. Use of surface water was significantly high in Yakusu HZ and reliance on traditional wells significantly high in Lubunga HZ ($p \leq 0.05$). It is declared a rarity in carrying out maintenance works on water sources, the significantly highest frequency of which was observed in the HZ Lubunga. The origins of the degradation of water structures was cited differently between the HZs: poor construction was significantly mentioned in the HZ Yakusu, lack of maintenance was significantly cited in the Yakusu and Lubunga HZs and the sabotage of structures by incivics, significantly reported in the HZ of Bengamisa ($p \leq 0.05$).

Table 4. Level of satisfaction and prevalence of diarrhea

Variable	All	Bengamisa	Yakusu	Lubunga	P value
Assessment of the Healthy Villages Program					
Very useful work	117 (65)	40	44	33	0.103*
Useful work	58 (32)	19	16	23	
Less useful work	5 (3)	1	0	4	
Satisfaction of the way program activities were carried out					
yes	176 (98)	58	59	59	1.00*
No	4 (2)	2	1	1	
Satisfaction of the quality of the rehabilitated works					
Yes	170 (94)	57	53	60	0.018*
No	10 (6)	3	7	0	
Assessment of the location of rehabilitated works					
Appropriate	110 (61)	18	52	40	0.001**
Distant	66 (37)	39	8	19	
Inappropriate	4 (2)	3	0	1	
Diarrheal morbidity	*N=180 n (%)*	*N=60 n (%)*	*N=60 n (%)*	*N=60 n (%)*	
Households having received at least one case of diarrhea	59 (33)	19 (32)	18 (30)	22 (37)	0.721*
	Me (p75 – p25)	*Me (p75 – p25)*	*Me (p75 – p25)*	*Me (p75 – p25)*	
Household cases of diarrhea	1 (1 – 1)	1 (2 – 1)	1 (1 – 1)	1 (1 – 1)	0.492***
Cases of diarrhea in children ≤ 5 years old	1 (1 – 1)	1 (1 – 1)	1 (1 – 1)	1 (1 – 0)	0.393***

**Fisher's Exact Test * * Pearson's Chi-square * * * Kruskal wallis Test*

The assessment of the NPSSV and the level of satisfaction with the implementation of the activities of this program was favorable for the vast majority of subjects, regardless of the site. Satisfaction with the quality of the rehabilitated water structures is perfect in the HZ of Lubunga, it is significantly different in the HZ of Yakusu. As for the location of the improved water structures, the "appropriate" rating was statistically high in the HZ of Yakusu and "remote" significantly high in the HZ of Bengamisa ($p \leq 0.05$).

Diarrheal episodes were reported in about 1/3 of households, this proportion was not different between the HZs of the program. The median of person with diarrhea and that of children under 5 years old was not different between HZs ($p > 0.05$).

4 DISCUSSION

The average age, level of education and marital status of the respondents did not differ between the HZs studied. The median number of people and children under 5 in households was statistically lower in the ZS of Bengamisa ($p \leq 0.05$). These socio-demographic characteristics show a certain homogeneity for the variables used and make the results of our observations comparable. The number of people and children in households, on the other hand, was influenced by genetic, socio-cultural and health factors.

KNOWLEDGE OF NPSSV

The knowledge most represented on the Sanitezed Villages program, regardless of site, was "the drinking water coverage improvement program" (99%), the other components of the program were poorly known ($p \leq 0, 05$). The village certification criteria and the tasks of the village committee members were poorly known ($p \leq 0.05$).

The lack of knowledge of the intervention package activities by the beneficiaries certainly had an impact on the effectiveness of the program's implementation and had a negative impact on the low ownership of the program's activities in the post-certification period. The purpose of implementing NPSSV was for the communities themselves to work to improve their sanitation and hygiene practices and maintain sustainable access to safe drinking water [7].

The NPSSV includes seven standards: presence of a dynamic village committee working for village sanitation, at least 80% of the population having access to drinking water, at least 80% of households using hygienic latrines, at least 80% of households disposing of their waste in a hygienic manner, at least 60% of the population washing their hands before meals and after using the latrines, at least 70% of the population understanding the faecaloral route of disease transmission and villages cleaned at least once a week [7].

This corroborates the results of the study conducted in South Kivu in the NPSSV area where the weak appropriation of the program was significantly associated with households' ignorance of the existence of NPSSV in their village ($p < 0.001$) and dissatisfaction of more than half of the households with the village certification process ($p = 0.0187$). Households that had a negative opinion of NPSSV did not adopt the program after certification ($p < 0.001$) [10].

Even if the populations' participation in decision-making is intermittent, the results of Kam's work (2011) had shown that in Côte d'Ivoire, the failure of the drinking water supply project in rural areas was linked on the one hand, to the non-participation of the populations in the installation of hydraulic infrastructures and on the other hand, to the failure to take into account the socio-economic and cultural realities of the beneficiary communities. Whereas in the absence of prior mobilization, the local authority will have to create the conditions for dialogue with users and their representatives by inviting them to consultation or decisionmaking bodies [11].

It is a question of politicizing the question of water by trying to bring users out of their position of strict consumers, but also to show them the technical and economic stakes. Prior sensitization may seem necessary [12].

POST-CERTIFICATION DRINKING WATER SUPPLY

Almost all of the population currently used unimproved water sources (92%), without distinction from HZs. The use of surface water was significantly high in the HZ of Yakusu and the use of traditional wells significantly high in the HZ Lubunga ($p \leq 0.05$). It was declared a rarity in carrying out maintenance works on water sources, the significantly highest frequency of which was observed in the HZ Lubunga. Poor construction, lack of maintenance and sabotage of structures were the most cited causes of the deterioration of water structures ($p \leq 0.05$).

No improved water point is functional in all the villages visited, regardless of the postcertification period. A deplorable situation which subjects the population to the conditions before implementation of the NPSSV and reflects the failure of the sustainability mechanism. Poor management affects the sustainability of infrastructure and therefore considerably affects the level of access to drinking water [13].

The level of ownership of NPSSV in the post-certification phase was also found to be low in South Kivu province, this was associated with negative community perceptions of NPSSV ($p = 0.0294$) at insufficient and/or lack of financial means ($p = 0.0327$); the absence/nonexistence of grassroots community committees in certain villages and schools ($p = 0.001$); the lack of motivation of the members of the existing committees and of the effectiveness of these committees ($p = 0.0134$) [10].

This corroborates the results of other studies. In Cameroon, the maintenance of water structures was defined as an essential function to guarantee the state of functionality of water structures. In the 1980, most Cameroonian localities were equipped with drinking water equipment which quickly broke down due to lack of maintenance [14].

In Burkina Faso, it was reported that village hydraulic structures were broken down or abandoned by local populations for economic, technical, political or sociological reasons [15].

The direct consequences of the failure of the management system mentioned in Burkina Faso were the lack of money to ensure repairs in the event of a breakdown, the absence of preventive maintenance of the structures, the long duration of the breakdowns and the abandonment of certain structures. This is in line with our data regarding the lack of maintenance of structures, the long duration of breakdowns and the abandonment of hydraulic structures [13].

For Korogo (2012), the supply of drinking water to households was made difficult due to inappropriate management and lack of monitoring of equipment. The community exploitation of hydraulic hand pumps came up against a major obstacle, that of raising the necessary funds for the maintenance of the pumps by the replacement of parts, eg out of order [16]. However, the most developed models of fundraising, such as the family contribution or even payment by bucket, often resulted in tensions within the communities (some considering that they paid more than others), leading to repair times that were poorly controlled and ultimately disappointing for the families who ended up abandoning the water point [17].

In the event of failure of the water works, the contract of use with the population is broken and the latter is subject to arbitration of recourse to the alternatives at hand.

Thus, the inhabitants of the Yakusu fluvial HZ, with the Congo River and the various tributaries that surround it, are exposed to the temptation to use it as a source of drinking water, unfortunately without any measure. However, interventions such as water treatment and hygienic water storage would obviously accelerate progress towards the achievement of the Millennium Development Goals (MDG) target 10 in situations where families have access to quantities of water sufficient but where it is of mediocre or dubious quality [18]. On the other hand, those of the HZ Lubunga use traditional wells. In the end, the consequent provisions were not taken into account during the execution of the project to prepare the post-certification period which is chaotic.

LEVEL OF SATISFACTION

The assessment of the Sanitized Villages program and the level of satisfaction with the implementation of the activities of this program was favorable for the vast majority of subjects, indistinctly from HZs. Satisfaction with the quality of the rehabilitated water structures was perfect in the HZ Lubunga, it was significantly different in the HZ Yakusu. As for the location of improved water structures, the "appropriate" rating was statistically high in HZ Yakusu and "remote" significantly high in HZ Bengamisa ($p \leq 0.05$).

Contrary to the situation in Burkina Faso, the results of the household survey revealed that in rural areas, 64.3% had a good appreciation of management procedures related to water [13]. which is different from our results.

In this case, the observation is that there is a good appreciation of the population on the procedures for the implementation of the NPSSV and the quality of the water, which is a good thing for the acceptance of the program activities, even if there was an information deficit on the other components of the NPSSV interventions, in particular sanitation, hand hygiene, the leadership of local village committees. In South Kivu in the NPSSV area, the beneficiaries were less satisfied with the inefficiency of the village committees [10].

The choice of location for water structures must be unanimous and take into account sociocultural considerations. In Côte d'Ivoire as in South Kivu, the failure to take into account the socio-economic and cultural realities of the beneficiary communities was identified among the elements that led to the failure of the drinking water supply project in rural areas [11].

DIARRHEAL MORBIDITY

Diarrheal episodes were observed in 33% of households, the median of person with diarrhea and that of children under 5 years old is not different between HZs ($p>0.05$).

The persistence of high cases of diarrhea in the NPSSV area was a logical consequence of the massive use of unimproved water sources.

This corroborates the results of a study conducted recently in two HZs of Tshopo province, covered by NPSSV, where the prevalence of diarrhea among children under 5 was 13% (CI 95: 10%-16%) with no statistical difference with that observed among children from households not covered by the program ($p>0.05$) [9]. The sanitized villages were no longer in name, the effects of the program had disappeared.

A systematic study carried out in 2005 concluded that diarrheal episodes were reduced by 25% when the water supply was improved and by 39% by treatment and good storage of water at home [19]. In the current post-certification context, it is essential to consider alternative strategies for improving the quality of drinking water in households to control diarrheal diseases in the PNEVA areas [20].

5 CONCLUSION

The knowledge of the mothers on the key aspects of the NPSSV is limited, their appreciation of the implementation of the activities is satisfactory and the households no longer use the improved water points. This maintains a high incidence of diarrhea at the household level. Other measures are essential to deal with it.

LIST OF ABBREVIATIONS

DRC: Democratic Republic of Congo
HZ: Health Zone
MDG: Millennium Development Goals
NPSSV: National program of Sanitized Schools and Villages
SD: Standard Deviation
SDG: Sustainable Development Goal
TFP: Technical and Financial Partners.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

SOURCE OF FINANCING

The study was funded by the researcher himself.

AUTHORS' CONTRIBUTION

All the authors contributed to the conduct of this research work and to the drafting of the manuscript. They all read and approved the final version.

- **Basandja Longembe**: writing the protocol and tools, collecting and analyzing data and writing the manuscript.
- **Panda Lukongo** and **Losimba Likwela:** protocol validation and final reading.

REFERENCES

[1] Unicef/WHO (2017). «Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG Baselines. Wash in the 2030 agenda. New global indicators for water, sanitation and hygiene.» Joint Monitoring Program for Water supply, Sanitation and Hygiene (JMP).
[2] WHO/UNICEF. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable.
[3] Development, United Nations General Assembly Resolution, A/RES/70/1, 21 October 2015).
[4] Fewtrell L, Kaufmann R, Kay D, Enanoria W, Haller L and Colford JM (2005). «Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhea in less developed countries: A systematic review and meta-analysis.»Lancet infectious disease, 5: 42-52.
[5] World Health Organization (WHO).Diarrheal diseases (2013). Memory aid N°330.
[6] Available at http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/fr/).
[7] Shaheed A, Orgill J, Ratana C, Montgomery, MA., Jeuland, MA. (2014). «Water quality risks of 'improved' water sources: evidence from Cambodia.» *Tropical Medicine and International Health.* 19 (2): 186–194.
[8] Waddington H, Snilstveit B, White H, Fewtrell L, (2009). Water, sanitation and hygiene interventions to combat childhood diarrhea in developing countries. International Initiative for Impact Evaluation.
[9] National Institute of Statistics (INS), Multiple Indicator Cluster Survey. MICS-Palu DRC, 2018.
[10] Unicef, Guide-to-good-practices-healthy-villages. (https://ponabana.com consulted on 05/20/2020).
[11] Basandja LE, Panda LK and Losimba LJ (2021). Prevalence of diarrhea in children under 5 years of age and associated factors in the periurban environment of the city of kisangani, tshopo province, DRC. *International Journal of Applied Science and Engineering Review* (IJASER) 2 (5): 26-37.
[12] Bengibabuya HD and Karemere H (2022). Community participation in the Healthy Schools and Villages Program in the health zone of Bunyakiri in South Kivu in the Democratic Republic of Congo: Issues of appropriation and perspectives.
[13] International Journal of Innovation and Applied Studies.3 Feb. 2022, Vol. 35 No. p. 492-501. ISSN 2028-9324.
[14] Kam O. (2011). Problems of water infrastructure management in rural drinking water supply projects. Dissertation, Félix-Houphouët-Boigny University, p.1-19.
[15] Rebière V. (2020). Citizen participation of users in the management of drinking water. Ile de France Water Coordination, Paris.

[16] NANSI JH and DAHANI D (2022). Governance of drinking water and sanitation services in the commune of Koudougou, Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. science*. 16 (4): 1705-1720.

[17] Bierschenk T. and Olivier de Sardan J.-P. (eds.), 1998, Powers in the Village. Rural Benin between democratization and decentralization, Karthala, Paris: 262.

[18] Alexandre Sessouma (2014) «Management of water resources and stakeholder strategies. Analysis of local water management policies in Burkina Faso: case of Oubritenga in Moaga countryAnthropology & development, 40-41, 209-2011.

[19] Korogo B. (2012). Water supply management for the population of Ouagadougou: the district of Bogodogo (Burkina Faso). Master's thesis, University of Abomey-Calavi (UAC), Benin, 86 P.

[20] Leger C, Van Der Wilk N (2017) A solution for efficient water service management and quantification of the water resource used by handpumps. MEA/UNICEF/IRC, 2017: p. 60.

[21] Clasen TF, alexander KT, Sinclair D, Boisson S, Peletz R, Howard HC, Majorin F and Cairncross S. (2015). Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea. *Cochrane Database System Rev;* 20 (10): p. 1–201.

[22] Fewtrell L, Kaufmann R, Kay D, Enanoria W, Haller L and Colford JM (2005). «Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhea in less developed countries: A systematic review and meta-analysis.»*Lancet infectious disease,* 5: 42-52.

[23] Rasolofomanana, L. (2012). A critical look at the governance of the water, sanitation and hygiene sector in Madagascar: Water and Sanitation for All. Institute of Development Policy and Management (IOB) at the University of Antwerp, Belgium.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 522-531
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Environnement porteur du développement de l'élevage dans la Sous-Préfecture de Boundiali (Nord, Côte d'Ivoire)

[Supportive environment for livestock development in the Boundiali Sub-Prefecture (North, Ivory Coast)]

Kone Levol, Kouassi Konan, and Koffi Guy Roger Yoboué

Laboratoire d'Analyse des Vulnérabilités Socio-Environnementales (LAVSE), Département de Géographie, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The majority of the livestock sector remains dominated by practices despite the state's desire to increase animal production. This study aims to analyze the enabling environment for the development of livestock farming in the Boundiali Sub-Prefecture. The results of this study are based on the use of data from surveys of 210 breeders made up of Fulani breeders, agro-breeders and cattle herders. It emerges from this study that the physical environment offers natural conditions favorable to the expansion of livestock farming. The dispersion of fields and the occupation of water points hinder the development of pastoral activity. The mobility of animals in search of pasture and water points leads to the destruction of crops and the accentuation of conflicts between farmers and breeders. Around 81% of cases of conflicts due to field damage are resolved at the village authority level. On the other hand, 19% of conflict cases were resolved by the administrative authority. The mobility of animals in search of resources is the main cause of contagious bovine pleuropneumonia (CBPP). To deal with the health risk in a context of a shortage of veterinary care, breeders resort to self-medication. The study led to the conclusion that the Boundiali Sub-Prefecture offers a relatively favorable environment for the development of livestock farming.

KEYWORDS: Environment, livestock, development, sub-prefecture, Boundiali.

RESUME: Le secteur de l'élevage en majorité reste dominé par les pratiques malgré la volonté étatique d'accroître la production animale. Cette étude vise à analyser l'environnement porteur du développement de l'élevage dans la Sous-Préfecture de Boundiali. Les résultats de cette étude reposent sur l'exploitation des données issues des enquêtes auprès 210 éleveurs composés des éleveurs peuls, des agro-éleveurs et des bouviers. Il ressort de cette étude que le milieu physique offre des conditions naturelles favorables à l'expansion de l'élevage. La dispersion des champs et l'occupation des points d'eau entravent le développement de l'activité pastorale. La mobilité des animaux à la recherche de pâturage et de point d'eau entraîne la destruction des cultures et l'accentuation des conflits entre les agriculteurs et les éleveurs. Environ 81% des cas de conflits dus aux dégâts de champ se règlent au niveau de l'autorité villageoise. Par contre, 19% des cas de conflits ont été réglés par l'autorité administrative. La mobilité des animaux à la recherche des ressources est la principale cause de la péripneumonie contagieuse bovine (PPCB). Pour faire face au risque sanitaire dans un contexte de désert d'offre de soins vétérinaire, les éleveurs ont recours à l'automédication. L'étude a permis d'aboutir à la conclusion selon laquelle, la Sous-Préfecture de Boundiali offre un environnement porteur relativement favorable au développement de l'élevage.

MOTS-CLEFS: Environnement, élevage, développement, sous-préfecture, Boundiali.

1 INTRODUCTION

L'agriculture constitue l'un des fondements de l'économie de la Côte d'Ivoire. Elle emploie 2/3 de la population active. Celle-ci représente 34% du PIB et 66% des revenus d'exportation. L'élevage reste une activité secondaire avec une contribution de 4,5% dans le PIB agricole. Il constitue 2% au PIB en Côte d'Ivoire [1]. A l'échelle mondiale, l'élevage contribue à environs 12,9% des calories et 27,9% des protéines consommées à travers la viande, le lait, les œufs et les abats [2]. En Afrique de l'ouest, les modes extensives d'exploitation du pâturage prédominent en matière d'élevage [3]. La nature est un élément très important dans l'élevage de façon générale et plus particulièrement dans celui du gros et du petit bétail. Les composantes du milieu naturel sont déterminantes dans le développement de l'élevage. Mais, leurs effets ne

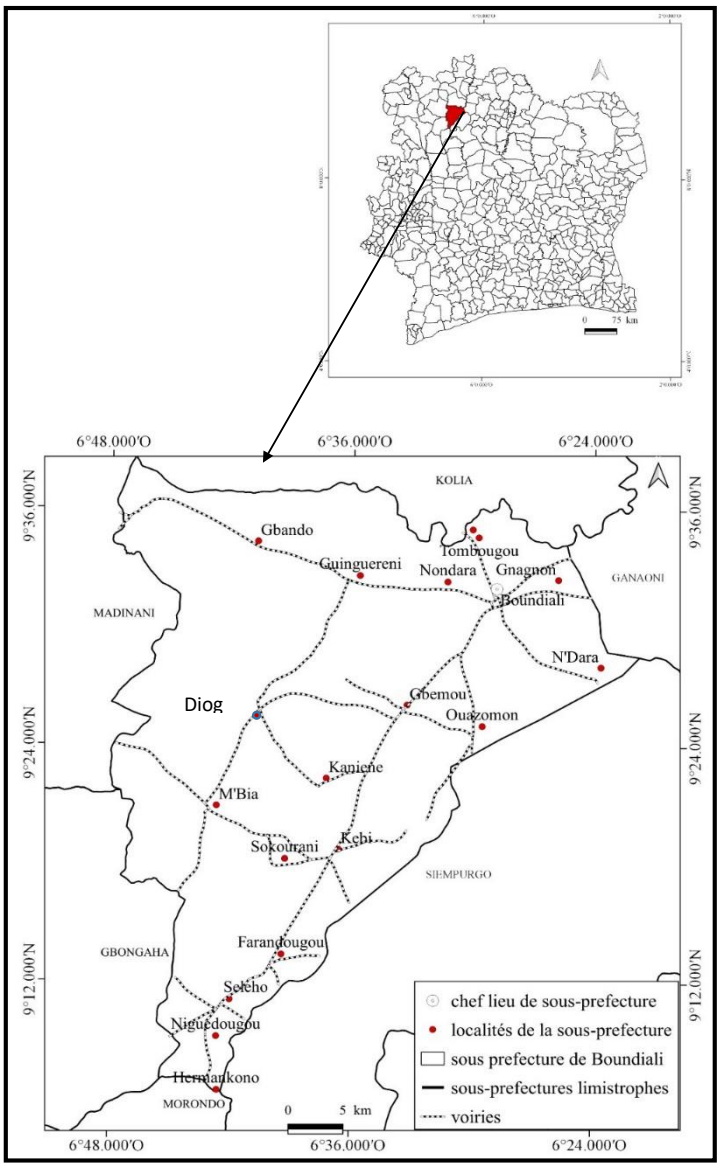
Corresponding Author: Kouassi Konan

se révèlent pas toujours clairement [4]. La sous-préfecture de Boundiali a connu une mutation en matière d'élevage avec l'arrivée des éleveurs sahéliens suite à la sècheresse de 1972. Environ 21,75% de la population pratique l'élevage. Dans quel environnement porteur s'inscrit le développement de l'élevage à Boundiali ? Cette étude vise à analyser le contexte environnemental dans lequel s'inscrit le développement de l'élevage à Boundiali. Les résultats de cette étude se structurent en trois parties. La première montre les caractéristiques qu'offre l'environnement à l'élevage à l'échelle de la sous-préfecture de Boundiali. La deuxième examine les problèmes socio-environnementaux associés au développement de l'élevage. La troisième donne des stratégies pour un développement durable de l'élevage à l'échelle de la sous-préfecture de Boundiali.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE L'ESPACE D'ÉTUDE

Située au nord de la Côte d'Ivoire dans la région de la Bagoué, la sous-préfecture de Boundiali se trouve dans une zone savanicole entre les 9ème et 10ème latitude nord et le 6ème et 7ème longitude ouest. Cet espace couvre une superficie d'environ 1294,6 km^2 avec une population estimée à 59586 hbts [5]. Cette localité, érigée en sous-préfecture par décret n° 2008-96 du 05 mars 2008, a été choisie selon un certain nombre de facteurs. En effet, le cadre spatial retenu pour conduire la présente étude est la sous-préfecture de Boundiali. Elle se trouve au nord-ouest de la Côte d'Ivoire comme l'illustre la carte n°1.



Carte n°1: Situation géographique de la sous-préfecture de Boundiali

2.2 LES OUTILS DE COLLECTE DE DONNÉES

Les matériels de collecte des données se composent de logiciels et d'instruments de relevé méthodique du milieu. Les logiciels utilisés sont:

- QGIS 3.22 pour l'élaboration des cartes;
- SPSS pour la saisie des données d'enquêtes par questionnaire.

Les instruments de relevé méthodique du milieu se composent de:

- 1 GPS de type Garmin;
- 1 appareil photographique numérique.

Dans le cadre de cette étude, des recherches documentaires ont été effectuées pour recueillir des données secondaires. En vue de pallier les insuffisances liées à la technique de recueil de données secondaires, une enquête de terrain pour l'acquisition des données primaires a été initiée. Les données recueillies, ont été traitées et analysées.

2.3 LES TECHNIQUES DE COLLECTE DES DONNÉES

Les localités d'enquête ont été choisies en tenant compte des caractéristiques démographiques, économiques, la localisation des villages en fonction des centres vétérinaires à l'échelle de la sous-préfecture de façon générale. Les données ont été collectées auprès 210 éleveurs composés des éleveurs peuls, des agro-éleveurs et des bouviers. La méthode d'échantillonnage accidentelle a été utilisée pour la collecte des données auprès des bouviers. C'est une enquête qui consiste à interroger tout bouvier rencontré sur le terrain derrière un troupeau. Pour éviter d'interroger plusieurs fois le même individu, nous nous sommes positionnés dans les différents points d'eau d'abreuvement des bovins.

2.4 LE TRAITEMENT DES DONNÉES

Le traitement a été fait sous forme d'analyse statistique, cartographique puis photographique. Les fiches d'enquêtes et les guides d'entretien ont été utilisés pour la collecte des données. Les données ont été traitées à partir de SPSS. Les tests statistiques et les illustrations graphiques ont été réalisés à l'aide du logiciel XLSTAT 2014. Les cartes ont été élaborées à partir du logiciel QGIS. 2.12.

3 RÉSULTATS

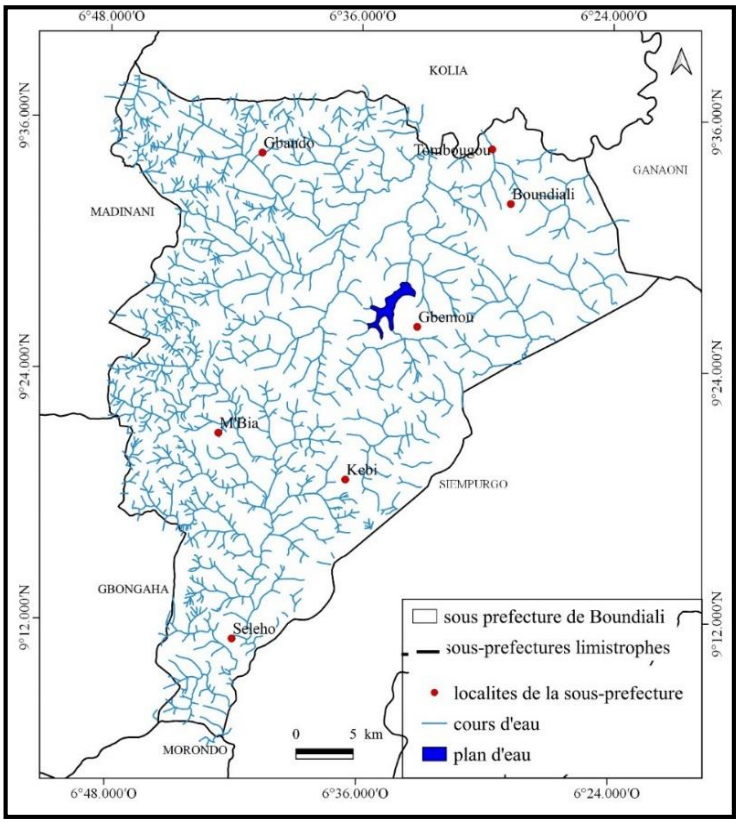
3.1 LA SOUS-PRÉFECTURE DE BOUNDIALI, UN MILIEU PHYSIQUE FAVORABLE À L'EXPANSION DE L'ÉLEVAGE

3.1.1 UN CLIMAT ET UNE VÉGÉTATION FAVORABLE À L'EXPANSION DE L'ACTIVITÉ PASTORALE

Dans la sous-préfecture de Boundiali, tout comme dans l'ensemble du nord de la Côte d'Ivoire, le climat est chaud et humide. Boundiali bénéficie d'une bonne pluviométrie (1600 mm de pluie en 2010 à 1000 mm de pluie en 2020). La sous-préfecture de Boundiali appartient à un système climatique tropical humide soudano-guinéen. Les températures varient peu, allant de 21 à 35 °C. L'ensoleillement est plus constant et l'hygrométrie (pluies) plus faible qu'au sud. Ce climat est favorable au développement de l'élevage. On distingue deux saisons pour le climat nordique: la saison des pluies allant de mai à novembre et la saison sèche allant de novembre à mai. En mai, la température de l'air avoisine les 32 °C. En janvier et Février, les mois les plus froids, l'harmattan, un vent puissant venu du Sahara abaisse considérablement la température qui se situe toutefois toujours aux alentours de 20 °C. Ainsi, on a une température élevée de mi-novembre jusqu'en fin mars et une saison humide qui débute en avril et se termine en octobre avec une température comprise entre 24 et 34°C. On remarque dans l'ensemble que le climat dans le département de Boundiali est propice au développement de l'élevage avec une sécheresse relativement courte. Les animaux s'adaptent plus à ce type de climat à la faveur duquel ils sont moins exposés aux maladies contrairement aux zones humides où on a une prolifération des insectes nuisibles aux animaux. De son caractère climatique le département de Boundiali bénéficie d'une pluviométrie moyenne de 1323,1mm d'eau par ans. Cette pluviométrie a favorisé la présence d'une végétation savanicole, qui est une formation herbeuse comportant une strate supérieure herbacée continue pouvant atteindre plus ou moins 80 cm de hauteur. Elle est formée de graminées à feuilles planes, basilaires et caulinaires. Ces caractéristiques permettent aux éleveurs d'avoir à tout moment de pâturage pour les animaux. Cette disponibilité est favorable au développement de l'activité pastorale. La sous-préfecture de Boundiali bénéficie de différents types d'herbes à savoir les herbes annuelles et les herbes pérennes ou pluri annuels. En saison pluvieuse les éleveurs utilisent l'herbe pour faire pâturer les animaux. En saison sèche ils utilisent les feuilles, les résidus de récoltes et les produits sous-agro industriels. Les résidus des champs récoltés servent aussi de ressources végétales pour les bovins. Les ressources (eau, pâturages) sont des facteurs déterminants de l'élevage. Leurs disponibilités conditionnent la pratique d'élevage. La végétation de la sous-préfecture de Boundiali constitue une source de pâturage qui facilite le développement de l'activité pastorale.

3.1.2 UN RELIEF ET HYDROGRAPHIE BÉNÉFIQUE POUR L'ÉLEVAGE

Le relief se définit comme une irrégularité de la surface de la croûte terrestre engendrée par des mouvements structuraux et érosifs. En Côte d'Ivoire, le relief dans son ensemble est un plateau mollement ondulé. L'altitude moyenne se situe entre 300 et 400 m [6]. La région de la Bagoué est constituée d'une succession de rochers, de collines, de plaines, avec une prédominance des plateaux dont les altitudes varient de 305 à 400 mètres. On y trouve des cuirasses granitiques et latéritiques ainsi que des montagnes isolées [7]. La sous-préfecture de Boundiali bénéficie des mêmes caractéristiques physiques que le reste de la Bagoué. En effet, le milieu naturel de Boundiali dans son ensemble se caractérise par un vaste ensemble de plateau surmontés par endroits avec quelques élévations presque isolées, communément appelées les collines. Le relief dans son ensemble est peu accidenté, et favorise l'exercice des activités agricoles et pastorales en donnant place à l'installation des hommes dans cet espace. C'est d'ailleurs l'une des raisons fondamentales de la présence massive des pasteurs dans la sous-préfecture. En claire, ce type de relief est favorable à la mobilité pastorale du fait qu'il permet le déplacement facile des pasteurs avec le bétail. Ce type de relief permet également d'avoir aisément accès à d'énormes pâturages dans les environs. Le drainage régional de Boundiali est assuré par des rivières tributaires du fleuve Niger au nord et au sud. Le régime hydrique est de type tropical de transition. Le principal fleuve caractérisant la région est la Bagoué, qui coule du Sud vers le Nord. On a de nombreux petits cours d'eau et rivières engendrant ainsi de nombreux bas-fonds dans la sous-préfecture comme l'illustre la carte n°2.



Carte n°2: Réseau hydrographique de la sous-préfecture de Boundiali

De l'analyse de la carte du réseau d'hydrographique, il ressort une forte présence d'affluents du plus grand fleuve de la zone la Bagoué. On note également la présence des plans d'eau ainsi que huit barrages agro-pastoraux. La Bagoué avec ses affluents constituent une ressource importante en eau non seulement pour la population, mais aussi et surtout pour les éleveurs et leurs troupeaux. Le réseau hydrographique de la sous-préfecture permet aux populations de faire abreuver leurs bétails. Il est vrai que les conditions physiques de la sous-préfecture de Boundiali sont favorables à l'élevage mais les éleveurs rencontrent de nombreuses difficultés liées à l'organisation de l'environnement.

3.2 LES PROBLÈMES SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS À L'EXPLOITATION DE L'ÉLEVAGE

3.2.1 LA MAUVAISE OCCUPATION DE L'ESPACE, UN FREIN À LA MOBILITÉ DES ANIMAUX

La saturation de l'espace n'est pas une cause majeure de conflits pour les éleveurs dans la sous-préfecture de Boundiali. Selon les pasteurs, c'est l'organisation de l'espace qui est le véritable problème. C'est la dispersion des cultures dans le terroir villageois qui pose un réel problème.

En effet, les champs sont dispersés dans tous les espaces de pâturage et de points. Selon les éleveurs, les paysans ne veulent en aucun cas céder de passage ou laisser des espaces au profit de la mobilité des animaux. Pourtant, ce sont eux-mêmes agriculteurs, qui nous ont motivés au début à la sédentarisation. Les points d'eau commencent à être colonisés par les activités maraîchères comme l'illustre la photo n°1.



Photo 1: La riziculture autour du barrage de Gbémou

Cette photo met en évidence l'exercice des activités agricoles notamment la riziculture autour des points d'eau en l'occurrence le barrage hydro agricolede Gbémou. Ces pratiques maraîchères autour du barrage, rendent la mobilité et l'accès aux points d'eau très difficile aux bovins à cause de la dispersion des cultures dans l'espace. La mobilité des animaux à la recherche de pâturage et de point d'eau provoque les dégâts des cultures. En compensation des dégâts commis par les animaux, ils sont amendés à des sommes élevées. Lors de nos enquêtes à Kébi, un éleveur peul a été amendé d'une somme de 200.000f CFA pour dégâts de culture faits par ses animaux. Ces amendes sont plus nombreuses en période de semi. En plus, le cas de vol de bœufs est récurrent dans la localité, 441 cas de vol de bœufs ont été signalés au cours de l'année 2020. Dans la sous-préfecture de Boundiali, de façon générale, les conflits entre agriculteurs et éleveurs tournent autour de la destruction des champs par les animaux. Ces conflits liés aux dégâts sont les plus nombreux dans notre espace d'étude, et les plus complexes parce qu'ils menacent deux types d'activités et les modes de vie immédiats des acteurs et/ou protagonistes. Selon les agriculteurs certaines autorités administratives et coutumières investissent dans l'élevage en confiant leurs troupeaux aux peuls, en cas de dégât de champ les agriculteurs estiment que, les autorités soutiennent les éleveurs. En plus ils donnent parfois des bœufs aux autorités de la localité pour se protéger en cas de litige, ce qui crée des tensions entre les agriculteurs et les éleveurs, qui aboutissent aux actes criminels et de cruauté sur les animaux.

3.2.2 LA TRANSHUMANCE: CAUSE DE LA PROPAGATION DES MALADIES À L'ÉCHELLE DE LA SOUS-PRÉFECTURE DE BOUNDIALI

La recherche de pâturages et point d'eau pour l'abreuvement des troupeaux sont les principales raisons de la mobilité des éleveurs à Boundiali. La rareté des pâturages et de point d'eau en saison sèche est la cause de la propagation des maladies. À cette période, les ressources deviennent rares et les bouviers se retrouvent sur les même points d'eau ce qui favorise la contamination des animaux entre eux. Selon un éleveur enquêté à Kébi, l'apparition de nouvelle maladie comme le SAFA est due à l'arrivé des éleveurs transhumants dans la sous-préfecture. En 2020 on enregistre 500 têtes d'animaux étrangers à Boundiali cet effectif passe en 2021 à 689 têtes. Le déplacement des animaux se fait sans aucun contrôle vétérinaire dans la sous-préfecture ce qui expose les animaux locaux aux maladies transmissibles. La figure n°1 illustre le taux des animaux transhumants vaccinés.

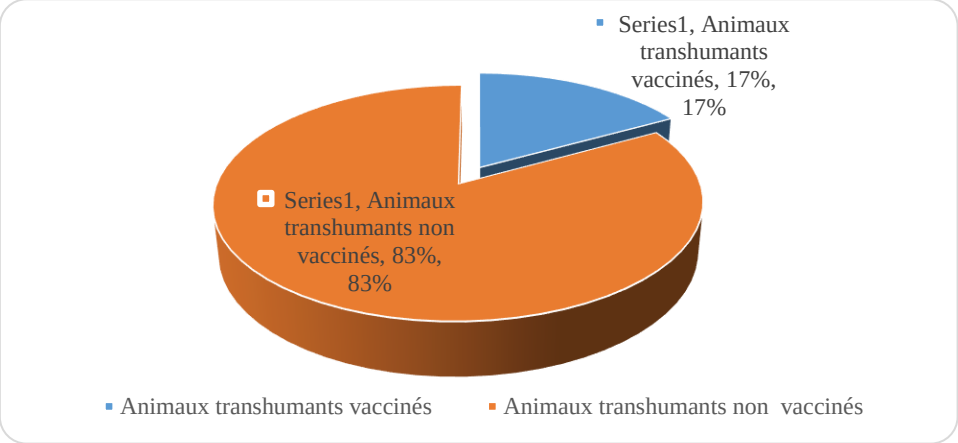


Fig. 1. Taux de vaccination des animaux transhumants

À l'analyse de la figure, on remarque sur 689 animaux transhumants dans la sous-préfecture de Boundiali en 2021 seulement 117 têtes ont été vaccinés soit 17% contre 83% non-vaccinés. La prolifération des maladies dans la sous-préfecture s'explique par la non maitrise de la provenance des animaux à Boundiali. Le tarissement des cours d'eau en saison sèche entraine le regroupement des troupeaux autour des barrages où la plupart des animaux sont infectés avant la saison pluvieuse. Selon nos investigations, après la saison sèche le retour des différents troupeaux dans leurs localités habituelles est l'un des facteurs explicatifs de la propagation des maladies. Partant de ces analyses, l'on peut dire que la mobilité des animaux est la cause de l'apparition de nouvelle maladie dans la sous-préfecture de Boundiali. On assiste à un désordre dans la transhumance. Sur 92 éleveurs enquêtés, seulement 7 ont répondu avoir une connaissance des textes qui règlementent les activités pastorales. Pourtant tout déplacement d'un troupeau d'une localité à une autre nécessite un contrôle vétérinaire. La transhumance des animaux est un facteur de propagation de la péripneumonie contagieuse bovine (PPCB) et de la trypanosomiase [8]. Selon les agriculteurs de la localité l'arrivée des transhumants dans la localité a suscité l'apparition de nouvelles herbes. Les animaux broutent plusieurs qualités d'herbes, qui font plus tard repousser quantitativement dans les champs après la déjection, mettant en péril leurs productions en termes de rentabilité agricole.

3.2.3 L'AUTOMÉDICATION DANS LA SANTÉ DES ANIMAUX: UNE PRATIQUE RÉCURRENTE CHEZ LES ÉLEVEURS DE LA SOUS-PRÉFECTURE DE BOUNDIALI

Les éleveurs interrogés soutiennent qu'ils achètent eux- même ces produits pour l'administrer à leurs bêtes, ces populations sans qualification s'exposent donc à des risques sanitaires. L'attention des éleveurs à la santé des animaux est grande. La stratégie, qu'ils développent, révèle parfaitement de la gestion du risque. Ils sont conscients du danger que représentent certaines maladies. Mais, le coût de traitement et de contraintes pour traiter chaque animal amène l'éleveur selon sa situation à administré lui-même les soins avec des médicaments achetés à bon compte [9]. En effet, la rumination demeure comme le thermomètre de la santé des animaux. Les éleveurs ou les bouviers se basent sur la rumination pour déterminer l'état sanitaire de l'animal ou du troupeau. Chaque matin, le bouvier vérifie l'état sanitaire du troupeau. Pour les éleveurs la meilleure stratégie pour ne pas que les animaux tombent toujours malades lorsqu'ils envoient le troupeau dans un nouveau pâturage une heure après ils les ressortent vers l'ancien pâturage là où il y'a la paille. Un fait qui déclenche le phénomène de la rumination. À l'échelle de la sous-préfecture de Boundiali, 85% des éleveurs font le traitement de leurs animaux en cas de maladie. Les 15% qui n'arrivent pas à faire le traitement sont en majorité les agropasteurs. Sur les 85% seulement 3% on fait une formation en santé animale et les 82% par autoformation. L'automédication ou la médecine traditionnelle est très développée dans la localité comme l'illustre la planche n°1.

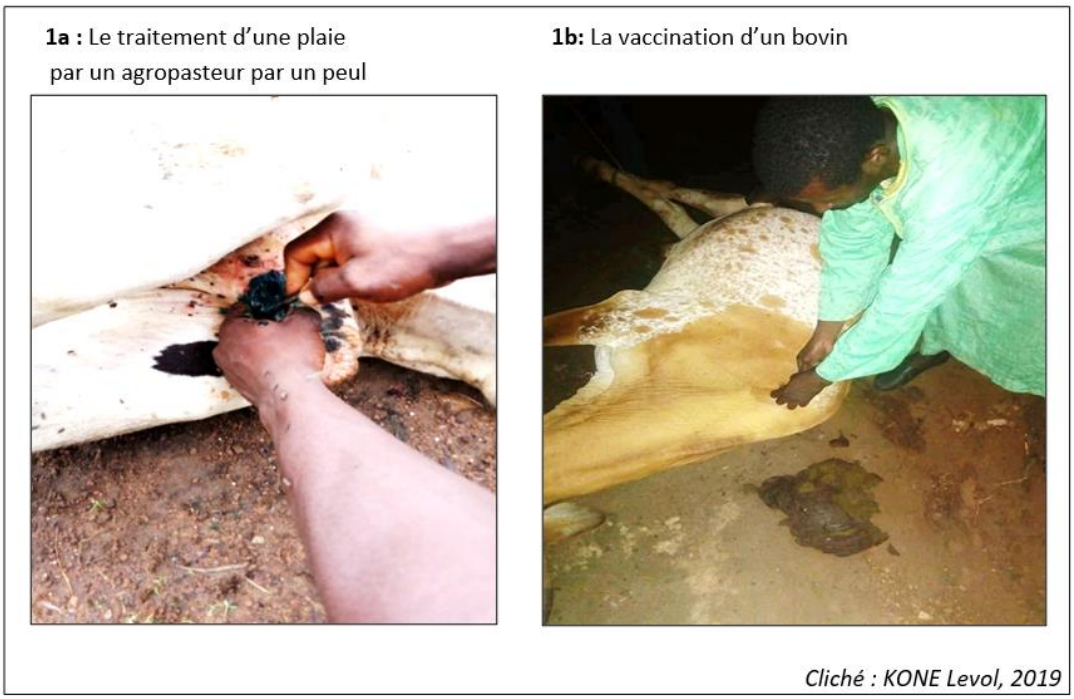


Planche 1: Un soin de bovin à partir de la technique automédication

La photo 2 montre le mode de traitement auquel nous avons assisté lors de nos enquêtes. Au cours de ce traitement le tradi-praticien a mis l'OXYTETRACYCLYNE SPRAY BLEU sur la plaie. Cinq (5) minutes après la plaie a été désinfectée. Ensuite il a commencé à nettoyer en faisant sortir toutes les chenilles à l'aide d'un bâton. Après il a remis AMITRAZ de solution 12,5% EC sur la plaie. Enfin, après la mise de tous ces produits sur la plaie, il a mis le déchet de l'animal sur la plaie pour ne pas qu'il lape le produit. Cependant, pour donner les comprimés à un animal, ils le font tomber, le tradi-praticien tire la langue de l'animal et met le comprimé suivi de l'eau pour ne pas que l'animal fasse ressortir le comprimé. En termes de vaccination comme le montre la photo 3, elle a besoin de plus de prudence. L'injection se fait là où il n'y a pas de nerf dans le cas contraire l'animal peut être paralysé. Les agro-pasteurs sollicitent plus les éleveurs peuls pour la vaccination. Le coût de l'automédication est gratuit (94%) ou se résume à une contribution symbolique (6%).

3.3 LES STRATÉGIES DES ACTEURS POUR UN DÉVELOPPEMENT DURABLE DE L'ÉLEVAGE À L'ÉCHELLE DE LA SOUS-PRÉFECTURE DE BOUNDIALI

3.3.1 SATURATION FONCIÈRE: DÉPART DES ÉLEVEURS VERS D'AUTRES ZONES

Les éleveurs se déplacent vers les zones forestières, du fait de leur maintien devenu difficile dans la sous-préfecture de Boundiali. Bien que ces déplacements et ces nouvelles formes de "sédentarisation spontanée" soient encore récents, ils prennent de l'ampleur dans la sous-préfecture. Ainsi, 76, 31 % des éleveurs peuls enquêtés affirment avoir des animaux dans les régions sud et est du pays. La barrière naturelle sanitaire (la trypanosomiase) qui était un frein à la transhumance, la nature a fait que la pluviométrie a baissé dans la zone forestière. La barrière sanitaire qui était l'obstacle à la migration va refouler et on assiste de plus en plus à l'arrivée du cheptel étranger au sud et est du pays. Les conflits entre agriculteurs et éleveurs sont légions à Boundiali, notamment en milieu rural du fait de la destruction des récoltes par les animaux divagants. Ces conflits mettent à mal la cohésion sociale et la sécurité des populations. Pour donc éviter les conflits avec les ruraux et se voir infliger de lourdes amendes, certains ménages interrogés préfèrent élever les animaux à domiciles, à l'échelle des espaces péri-domestiques et dans la rue. Face à la recrudescence des conflits entre agriculteurs et éleveurs, les autorités ivoiriennes ont pris des mesures de prévention et de gestion de ces conflits à travers la mise en place de comités de gestion. La figure n°2 illustre le mode de gestion des conflits à l'échelle de la sous-préfecture.

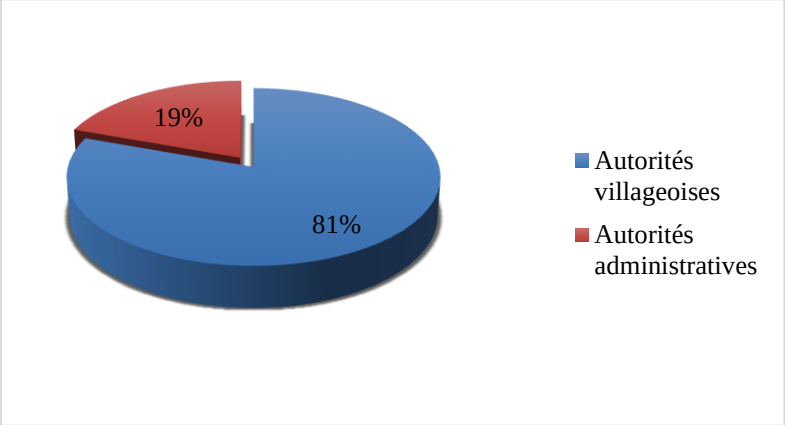


Fig. 2. Mode de gestion des conflits

A peu près 81% des conflits dus aux dégâts de champ se règlent au niveau de l'autorité villageoise et 19% des conflits par l'autorité administrative. Pour éviter les tensions une parade a été mise en place par les agriculteurs et les éleveurs pour faciliter l'activité pastorale dans la localité. Selon cette loi, tous les animaux doivent être en parc avant 18h dans le cas contraire un troupeau qui divague ou qui n'est pas en parc après 18h le propriétaire du troupeau paye une amende de 25000 FCFA. De même, il a été décidé qu'aucune culture ou champ ne doit être ni sur le passage des animaux ni autour des points d'abreuvement des animaux afin de faciliter l'accès aux pâturages et aux points d'eau. Pour une bonne cohésion sociale et environnementale, il faut que, chaque acteur applique avec rigueur les lois établies pour le développement durable de l'élevage et agriculture à l'échelle de la sous-préfecture de Boundiali.

3.3.2 RÉORGANISATION DES SERVICES VÉTÉRINAIRES EN VUE DE FACILITER L'ACCÈS AUX SOINS VÉTÉRINAIRES

À l'échelle de la sous-préfecture de Boundiali, pour que le système de santé animale soit efficace et puisse être adapté aux besoins des éleveurs, il doit être accessible aux éleveurs qui vivent dans les villages reculés. Il faut rapprocher les structures d'encadrements des éleveurs afin de faciliter l'encadrement de ceux-ci. Les éleveurs sont les premiers intervenants en santé animale. Ils possèdent un savoir-faire réel en termes de diagnostic et de soins. Ces connaissances traditionnelles ne peuvent pas être ignorées. La formation est un moyen privilégié pour valoriser, canaliser et d'éviter d'éventuelle dérives. Dans ce cas, les éleveurs pourront devenir d'efficaces intervenants en santé animale de base et pallier la carence d'offre de soins de service vétérinaire. La mise en place de politiques d'incitation des vétérinaires à s'installer dans des zones pastorales et l'organisation de réseaux de para-professionnels vétérinaires permettront un meilleur accès aux soins de santé animale pour les éleveurs. Parmi ces para-professionnels, les « agents communautaires de santé animale » (ACSA) peuvent être cités. Eux-mêmes éleveurs issus de leur communauté, ils font fonction « de prestataires de services vétérinaires de base » à moindre coût pour les communautés d'éleveurs. Ils jouent donc un rôle primordial pour rendre les services de santé animale économiquement et physiquement accessibles. En plus des actions des services d'encadrement, les services vétérinaires doivent tisser des liens étroits avec les éleveurs de la sous-préfecture en tant que service de proximité dont son rôle est de contrôler, de suivre au plan sanitaire les animaux, de promouvoir l'élevage et d'appuyer les structures d'encadrement et le suivi sanitaire du bétail. Il s'agit de façon précise de la vaccination des animaux contre les maladies virales et à l'hygiène du bétail. Cette disponibilité des services vétérinaires permettra aux éleveurs d'avoir un accès facile aux médicaments pour soigner les animaux. Le tableau n°1 illustre les besoins des éleveurs pour la prise en charge des animaux.

Tableau 1. Les besoins des éleveurs pour la prise en charge des animaux

	Réduction du coût des médicaments	Réduction du coût des prestations vétérinaires	Augmentation de l'effectif des vétérinaires	Augmentation des cabinets vétérinaires et l'amélioration du plateau technique
Boundiali	33,33%	13,33%	50%	3,34%
Tombougou	43%	36%	11%	10%
Ggando	40%	25%	25%	8%
Gbémou	38%	10%	46%	6%
M'bia	32%	23%	27%	18%
Kébi	15%	20%	50,66%	14,34%
Sélého	36%	24%	38%	2%

A l'analyse du tableau, on remarque que de façon générale les éleveurs enquêtésà l'échelle de la sous préfecture de Boundiali n'ont pas pour besoin principal l'augmentation des cabinets vétérinaires et l'amélioration du plateau technique. C'est seulement à M'bia (18%) et à Kébi (14,34%) que des enquêtés demandent une augmentation des cabinets vétérinaires et l'amélioration du plateau technique. A Boundiali et Kébi (50% et 50,66%) la moitié des éleveurs enquêtés demandent une augmentation de l'effectif des vétérinaires dans la localité. A Tombougou, 43% des enquêtés veulent une réduction du coût des médicaments et 36%, une réduction du coût des prestations vétérinaires. A Gbémou, Sélého et à M'bia les éleveurs enquêtés (38%, 36% et 32%) font l'unanimité sur la réduction du coût des médicaments et (46%, 38% et 37%) souhaitent l'installation des vétérinaires dans les différents villages pour faciliter l'accès aux soins. Partant de l'analyse de ces résultats retenons que, les besoins des éleveurs enquêtés varient d'une localité à une autre mais la réduction du coût des médicaments et l'augmentation de l'effectif des vétérinaires restent le besoin principal de tous les éleveurs enquêtés dans les localités.

4 DISCUSSION

La sous-préfecture de Boundiali bénéficie d'un relief, d'une végétation, d'un climat et d'un réseau hydrographique indispensable au développement de l'élevage. Ces facteurs naturels jouent un rôle primordial dans l'expansion de l'élevage. Mais l'organisation des acteurs autour de ces atouts reste autre chose. La dispersion des cultures dans le terroir villageois rend difficile la mobilité des animaux. En effet, les champs sont mal dispersés dans tous les espaces de pâturage et de points. La pression agricole et forestière sur les terres conduit à l'occupation des espaces pastoraux stratégiques (bas-fonds, couloirs de transhumance, zones d'accueil) [7]. Pour lui, cette situation accroît considérablement les difficultés de déplacements des troupeaux transhumants et d'exploitation pastorale des ressources naturelles par les transhumants entraînant ainsi l'exacerbation des conflits fonciers. Pourtant les résultats de cetteétude confirment que l'élevage dans la sous-préfecture de Boundiali est de type traditionnel. Il est basé sur l'utilisation de ressources naturelles avec des caractéristiques qui lui sont propres. Dans ce type d'élevage, la production animale est tirée essentiellement de l'utilisation des ressources naturelles herbagères et arbustives- pâturées par les animaux. Hormis le sel et aussi quelque fourrage en cas de sécheresse, aucun apport supplémentaire de nourriture n'est requis. Certes la mobilité est le principal facteur de survie des hommes en milieu pastoral, mais aussi, elle est également le principal facteur de circulation des maladies [10]. Selon nos investigations l'arrivée des transhumants dans la localité a suscité l'apparition de nouvelle maladie. Pourtant, les équipements sanitaires et les ressources humaines dans la plupart des pays sous-développés sont en général en déficience important [11]. A cet effet les vétérinaires ne pourront répondre aux attentes que s'ils sont en nombre suffisant sur le terrain. Selon lui encore, l'Accessibilité physique et économique des soins de santé animale est insuffisante. Suite au retrait des services publics, ou leur faible remplacement par des services privés, les modèles actuels n'arrivent pas toujours à assurer une couverture sanitaire à l'échelle locale nationale et même internationale. Pour les soins de santé des animaux dans notre zone d'étude, les éleveurs ont concomitamment recours à l'automédication. Cette médication traditionnelle fondée sur les savoirs endogènes du terroir et appliquée à la gestion de la bonne santé des animaux est faite essentiellement à base des médicaments frauduleux. Elle est dispensée par des personnes relativement âgées et investies d'une certaine confiance de la part des éleveurs et agro-pasteurs du milieu dans lequel ils vivent. Environ 40% des éleveurs, au Bénin, font encore confiance en ces techniques et savoirs endogènes [12]. Dans notre zone d'étude, les raisons qui poussent les uns et les autres à recourir à l'automédication sont nombreuses et varient, tenant à la situation et à l'expérience individuelle de chaque éleveur. Pour que le système de santé animale soit efficace et puisse être adapté aux besoins du pastoralisme, il faut améliorer l'offre de soins vétérinaires de proximité, notamment les vaccinations, pour maîtriser les risques de prolifération des épizooties. Engager des actions de viabilisation des sites d'accueil des éleveurs pasteurs réfugiés, déplacés et mobiliser des ressources financières en leur faveur.

5 CONCLUSION

Au vu des résultats obtenus durant toute la période d'étude, il convient de retenir quela sous-préfecture de Boundiali présente un milieu favorable à l'installation humaine et aux activités pastorales. Mais aujourd'hui la saturation foncière par les activités agricole rend difficile la pratique de l'activité pastorale, les champs sont mal dispersés dans tous les espaces de pâturage et de points d'eau. La recherche des pâturages et point d'eau pour l'abreuvement des troupeaux sont les principales raisons de la mobilité des éleveurs à Boundiali. La non maitrise de la mobilité des animaux est devenue la cause la propagation des pathologies et de conflit dans notre zone d'étude. Face à cette situation les éleveurs enquêtés ont recours à l'automédication pour soigner leurs animaux malades. Mais parmi toutes ces raisons, le motif le plus fondamental semble être le manque d'agent vétérinaire dans les villages et/ou leur indisponibilité au moment opportun. Pour le maintien de l'élevage dans notre zone d'étude, il faut une réorganisation de l'environnement pour faciliter l'accès aux ressources.

REFERENCES

[1] Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, 2014, Plan Stratégique de Développement de l'Elevage, de la Pêche et de l'Aquaculture en Côte d'Ivoire (PSDEPA 2014-2020), diagnostic, stratégie de développement, orientation, Tome, 1, 102p.

[2] FAO, 2012, L'élevage dans le monde en 2011. Contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire, Rome, 134p.

[3] KAMUANGA Mulumba J. B., SOMDA Jacques, SANON Yacouba, KAGONE Hamadé, (2008): Elevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'ouest. Potentialité et défis. Club du Sahel et de l'Afrique de l'ouest/OCDE, Paris, 162p.

[4] FLAN née Bridji Kakouenon Philomène, 2013, l'élevage du gros et du petit bétail dans la colonie de côte d'ivoire pendant la période (1893-1949): histoire, problèmes socioculturels et inversement, abidjan, Université Félix Houphouët Boigny UFR des Sciences de, Homme et de la Société, p.22.

[5] Institut National de la Statistique, 2014, Recensement Général de la Population et de l'Habitat par localité, Abidjan, 572p.

[6] SILUE Hetemin Cavalo, 2017, système pastoraux et conflits agriculteurs-éleveurs dans la sous-préfecture de sirasso, Université Alassane Ouattara, Bouaké, p57.

[7] SORO Nahoua, 2019, contribution des données d'abattoir a la surveillance des pathologies animales: cas de l'abattoir de Boundiali, Mémoire de fin de cycle, Université Peleforo Gon Coulibaly, p16.

[8] COULIBALY Djiakariya, 2008, Changements sociotechniques dans les systèmes de production laitière et commercialisation du lait en zone périurbaine de Sikasso, Mali. Thèse: Agronomique: Paris-Grignon-Ecole doctorale Abies), p.68.

[9] TOUTAIN Bernard, 2001, Le risque en pastoralisme: quelques considérations pour orienter les actions de développement, TA 30/F, 34398 - Montpellier Cedex 05, France, p21-56.

[10] FOFANA Souleymane, 2010, « La question environnementale au Mali: pastoralisme et risque pour la santé«, présentation Power Point, Bamako (Mali), p.64.

[11] DESCHANEL Paul, 2016, des services de santé animale de qualité adaptés au pastoralisme en Afrique de l'ouest, Bruxelles, Belgique, p95.

[12] KABORE Adama, BELEM Adrien Marie Gaston et TRAORE Amadou, 2007, *Traitements ethno-vétérinaires des parasitoses digestives des petits ruminants dans le plateau central du Burkina Faso,* Ouagadougou, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) /Département Productions Animales (DPA) p.8.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 532-537
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La dystrophie neuroaxonale infantile

[Infantile neuroaxonal dystrophy]

K. Elmkaddem[1], S. Chaouki[1], L. Bouguenouch[2], M. Boubou[3], and M. Hida[2]

[1]Service de pédiatrie, Hôpital Mère-Enfant, CHU Hassan II, Fès, Morocco

[2]Unité de génétique médicale, Laboratoire centrale d'analyses médicales, CHU Hassan II, Fès, Morocco

[3]Service de radiologie, Hôpital Mère-Enfant, CHU Hassan II, Fès, Morocco

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

ABSTRACT: Infantile neuroaxonal dystrophy is a rare neurodegenerative disorder, with onset in the first or second year of life, after an interval of normal psychomotor development. It is characterized by rapid motor and cognitive regression and hypotonia evolving into spasticity. This is a retrospective and descriptive study realized over a period of 10 years [January 20-October 2023], including all patients diagnosed with Infantile neuroaxonal dystrophy in the neurology unit of the Paediatric Department of the Hassan II University Hospital of Fez. We report 7 patients with Infantile neuroaxonal dystrophy, three girls and four boys. Earliest symptoms presented between 10 and 18 months of age. The first manifestations were a psychomotor regression in all cases and pshymotor developmental delay in 5 cases. Fast rhythms on electroencephalogram (EEG) were observed in all patients. Brain imaging studies showed cerebellar atrophy, with signal hyper- intensity in the cerebellar cortex on T2-weighted images in six patients. Mutations in the PLA2G6 gene were identified in the four patients studied. Infantile neuroaxonal dystrophy is a rare and serious disease in children with a risk of generally fatal complications, but it remains a preventable disease thanks to genetic counselling.

KEYWORDS: INAD, child, PLA2G6, MRI, cerebellar atrophy.

RESUME: La dystrophie neuro-axonale infantile est une maladie neurodégénérative rare, héréditaire, qui débute avant la fin de la deuxième année de vie après un intervalle libre où le développement psychomoteur est normal. Elle se caractérise par une dégradation motrice et intellectuelle progressive qui conduit à un état grabataire et au décès avant la fin de la première décennie. Il s'agit d'une étude rétrospective et descriptive portant sur tous les cas de DNAI suivis au sein de l'unité de neurologie Pédiatrique du CHU Hassan II de Fès, sur une période de 10 ans, allant de Janvier 2013 à octobre 2023. Nous rapportons les cas de 7 patients atteints de dystrophie neuroaxonale infantile, trois filles et quatre garçons. L'âge moyen d'apparition de la maladie est de 15 mois. Les premières manifestations étaient une régression psychomotrice chez tous les cas et un retard de développemental psychomoteur chez 5 cas. Des rythmes rapides sur l'électroencéphalogramme (EEG) ont été observés chez tous les patients. L'imagerie cérébrale ont objectivé une atrophie cérébelleuse, avec une hyperintensité du signal dans le cortex cérébelleux sur des images pondérées en T2 chez six patients. Des mutations du gène PLA2G6 ont été identifiées chez les quatre patients étudiés. La dystrophie neuroaxonale infantile est une maladie rare et grave chez l'enfant avec un risque de complications généralement mortelles, mais elle reste évitable grâce au conseil génétique.

MOTS-CLEFS: DNAI, enfant, PLA2G6, IRM, atrophie cérébelleuse.

Corresponding Author: K. Elmkaddem

1 INTRODUCTION

La dystrophie neuro-axonale infantile (DNAI), également connue sous le nom de maladie de Seitelberger, est une maladie neurodégénérative rare, de transmission autosomique récessive, qui débute avant la fin de la deuxième année de vie après un intervalle libre où le développement psychomoteur est normal [1]. L'expression clinique de la maladie est marquée par une régression psychomotrice et une atteinte neurologique progressive qui conduit à un état grabataire et au décès avant la fin de la première décennie [2-3]. La méthode diagnostique de référence est l'étude génétique qui permet d'observer une mutation au niveau du gène PLA2G6 (Phospholipase A2 Group VI). Les examens électro physiologiques et radiologiques sont utiles au diagnostic. Ils permettent de réduire la nécessité de procédures plus invasives, telles que la biopsie périphérique, pour exclure d'autres maladies et orienter le choix d'une analyse moléculaire plus appropriée [1]. Le dépistage prénatal pour la DNAI est désormais possible grâce aux progrès récents dans les études génétiques [4]. Il n'y a pas de traitement spécifique à l'heure actuelle [3].

Notre travail est une étude portant sur tous les enfants atteints de DNAI colligés au sein de l'unité de neurologie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) Hassan II de Fès, sur une période de 10 ans, allant de janvier 2013 à Octobre 2023.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Il s'agit d'une étude rétrospective et descriptive portant sur tous les enfants atteints de DNAI, colligés au sein de l'unité de neurologie du service de pédiatrie du CHU Hassan II de Fès. Cette étude a été menée sur une période de 10 ans allant de Janvier 2013 à Novembre 2023.

3 RESULTATS

Sur un total de 10 ans, il a été répertorié 7 cas de DNAI. L'âge moyen des patients au moment du diagnostic est de 15 mois. La répartition des sexes est presque égale, 3 filles et 4 garçons. Le sexe ratio est de 1,33. La consanguinité a été retrouvée chez 6 cas. Le motif de consultation le plus fréquent dans notre série est la régression psychomotrice, retrouvée chez tous les patients. Elle est suivie par le retard cognitif et global du développement psychomoteur, retrouvé chez 5 patients. Concernant les manifestations cliniques, une régression psychomotrice et une atteinte neurologique progressive avec des signes pyramidaux symétriques et une hypotonie marquée au niveau du tronc a été retrouvée chez les 7 patients. La maladie a progressé par la suite vers une tétraplégie spastique. Des signes visuels ont été décrits à type de nystagmus pendulaire chez 2 patients et une atrophie optique chez 7 patients. Des enregistrements EEG ont été effectués pour tous les patients. Six patients présentaient un rythme de fond rapide et 1 seul patient avait un EEG normal, a noter que celui-ci a été fait à un stade précoce de la maladie (Figure 1).

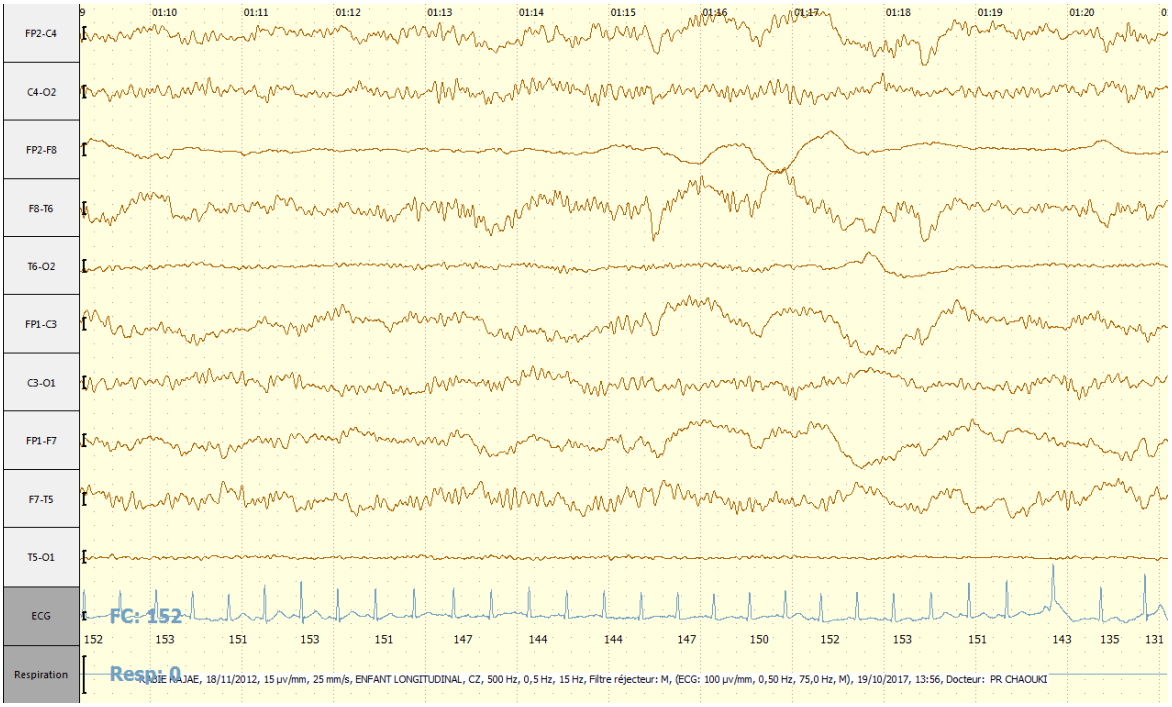


Fig. 1. EEG d'un des patients révélant un excès de rythme à 11 Hz

Un EMG a été réalisé chez 4 patients révélant une polyneuropathie axonale sensitive et /ou motrice. Une IRM cérébrale a été réalisée chez tous les patients, révélant une atrophie cérébelleuse marquée et une hyperintensité du signal T2 diffuse au niveau du cortex cérébelleux (Figure 2).

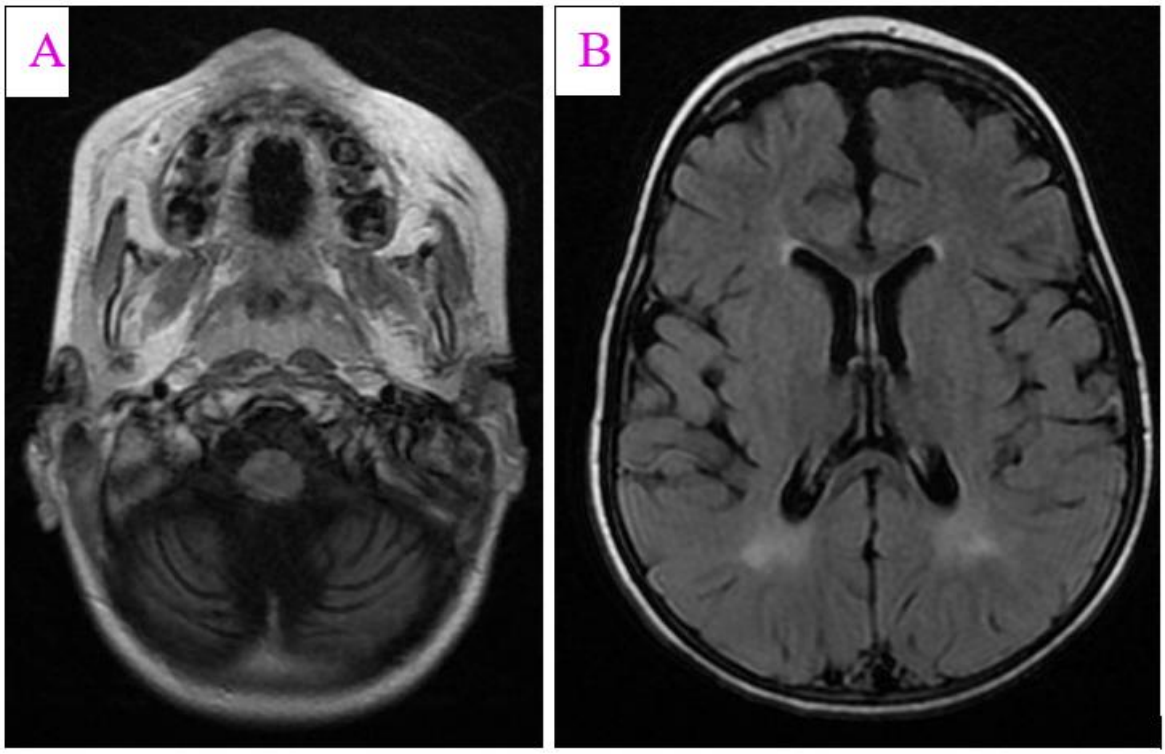


Fig. 2. IRM cérébrale d'un de nos patients montrant une Atrophie cérébelleuse (A) et un Hypersignal de la SB (B)

Vu la non disponibilité de l'étude génétique au Maroc, seulement 4 patients de notre série ont pu bénéficier de cette étude. Trois prélèvements ont été envoyés à des laboratoires étrangers (Espagne et Pays-Bas). Une quatrième étude génétique a été réalisée au CHU HASSAN II de Fès. Celle-ci étant devenue disponible depuis l'année 2021. Deux variants pathogènes du gène PLA2G6 ont été retrouvés dans notre série. Une mutation homozygote faux-sens C1442T>A chez 3 patients et une mutation homozygote de signification incertaine (VUS) C1556g>C chez 1 patient.

Concernant la prise en charge thérapeutique, tous nos patients ont reçu un traitement symptomatique en fonction de leur état clinique (Physiothérapie, traitement orthopédique, psychothérapie, sonde gastrique…). Il représente actuellement la seule façon de répondre à la DNAI, car il n'y a pas de traitement clinique disponible pour cette affection. Le suivi de nos patients se fait par une consultation trimestrielle permettant d'évaluer leur état clinique, radiologique et électrophysiologique. Sur les 7 enfants, 2 cas sont décédés à l'âge de 4 et 8 ans. Les 5 autres patients sont perdus de vue.

4 DISCUSSION

La dystrophie neuro axonale infantile fait partie d'un groupe de recherche qui s'appelle NBIA (Neurodegeneration with Brain iron accumulation). C'est un groupe hétérogène de maladies neurodégénératives héréditaires rares caractérisées par des niveaux élevés de fer dans le cerveau. La forme la plus commune est la pantothénate Kinase associée à la neurodégénérescence (PKAN). La deuxième forme est la Dystrophie Neuro Axonale infantile (DNAI), causée par des mutations du gène PLA2G6 localisé sur le chromosome 22q13.1 [4].

La DNAI est un trouble neurodégénératif rare de transmission autosomique récessive. Sa prévalence est inconnue, mais plus de 150 cas ont été rapportés dans le monde [5]. Dans la plupart des cas la DNAI ne se déclare que rarement avant l'âge de 6 mois ou après l'âge de 2 à 3 ans. Ce résultat correspond pratiquement à l'âge moyen dégagé dans notre étude qui est de 15 mois. La littérature compte quelques rares cas d'âges de découverte extrême [6-7-8] (Tableau 1).

Tableau 1. Données épidémiologiques de la DNAI selon différentes études.

Études/Année	Nombre de cas	Consanguinité	Moyenne d'âge (mois)
Fadie D. et al (2020)	28	15 cas	15 (6-36)
Carrilho I. et al (2008)	10	1 cas	15 6-18)
Notre étude (2023)	7	6 cas	15 (10-18)

Comme pour toutes les maladies récessives, la fréquence de la DNAI augmente en cas de consanguinité. Dans une étude faite en arabie saoudite par Fadie D. et al, la consanguinité a été notée dans 53,6% des cas soit 15 cas sur 28 [8]. Une étude portugaise réalisée par Carrilho portant sur 10 cas a trouvé seulement 10% de consanguinité [9]. Une autre étude faite aux pays bas par Martin L. à propos de 4 cas, le taux de consanguinité est de 50 %. Dans notre série, la consanguinité est retrouvée chez 6 cas soit 85,7% des cas (Tableau 1).

Concernant les manifestations cliniques, la régression psychomotrice représente la circonstance de découverte prédominante dans notre étude ainsi que dans la littérature. Elle est suivie par le retard cognitif et global du développement psychomoteur [8-10]. Le tableau classique associe une régression psychomotrice et une atteinte neurologique progressive avec des signes pyramidaux symétriques et une hypotonie marquée au niveau du tronc. La maladie progresse vers une tétraplégie spastique, un nystagmus pendulaire avec atrophie optique. Les résultats dégagés par notre travail sont pratiquement à l'image de ceux de la série de Fadie [8]. L'épilepsie est rare et survient généralement dans les stades avancés de la maladie. Dans notre étude aucun cas d'épilepsie n'a été rapporté (Tableau 2).

Tableau 2. Manifestations cliniques de la DNAI

Signes	Fadie D	Notre étude
Régression développement	12	7
Signes visuels**:**		
-Strabisme	8	2
-Nystagmus	17	2
-pâleur-atrophie papillaire	1	7
Crises convulsives	12	0
Microcéphalie	5	2
Troubles psychiatriques	5	1

Concernant les résultats de l'EEG, une activité rapide caractéristique de grande amplitude est habituellement présente après l'âge de 2 ans. Mais il semble que ce constat n'est pas visible aux stades très précoces ou tardifs de la maladie. Dans la série d'Ines C. à propos de 10 cas, des rythmes rapides à haute tension, localisés ou généralisés sur l'EEG (à la fois éveillé et pendant le sommeil) ont été observés chez tous les patients à partir du premier enregistrement, qui a été effectué entre 14 mois et 3 ans. Une augmentation tant en nombre qu'en amplitude a été constatée avec l'âge [9]. Dans la série de Nardocci à propos de 13 cas, l'EEG a été réalisé chez tous les patients. Le résultat était en faveur d'un rythme de fond rapide [6 10]. Dans notre série, des enregistrements EEG ont été effectués pour tous les patients. Le résultat était normal chez 1 patient vu qu'il a été fait à un stade précoce de la maladie. Cinq patients présentaient un rythme de fond rapide.

L'Electromyogramme (EMG) peut révéler des signes de dénervation chronique avec des vitesses de conduction nerveuse normales (NCV). Dans notre série, tous les patients ont une polyneuropathie axonale sensitive et /ou motrice. Ce qui est de même pour les patients des autres séries qui ont un EMG pathologique [8]. Un EMG normal n'exclut pas le diagnostic.

L'utilité diagnostique de l'IRM dans la DNAI a été soulignée dans la littérature. Les principaux résultats neuroradiologiques rapportés sont une atrophie cérébelleuse marquée et une hyper intensité du signal T2 diffuse au niveau du cortex cérébelleux [8]. Le tableau ci-dessous montre les différents résultats de l'IRM selon différentes études (Tableau 3).

Tableau 3. Récapitulatif des résultats d'imagerie cérébrale des patients atteints de DNAI selon les études

ETUDES	Imagerie cérébrale
Bernardi (8 cas)	Atrophie cérébelleuse diffuse Hypersignal T2 du cortex cérébelleux Hyposignal T2 dans le GP
Sener (6 cas)	Hypersignal T2 du cortex cérébelleux
Fadie (28 cas)	Atrophie cérébelleuse diffuse
Carrilho (10 cas)	Atrophie cérébelleuse Hypersignal T2 du cortex cérébelleux Hyposignal T2 dans le GP L'atrophie cérébrale
Nardocci (13 cas)	Atrophie cérébelleuse diffuse Hypersignal T2 du cortex cérébelleux Hyposignal T2 dans le GP
Morgan (24 cas)	Hyposignal T2 dans le GP
Notre étude (7cas)	Atrophie cérébelleuse diffuse Hypersignal T2 du cortex cérébelleux

L'étude génétique, reste toujours la méthode diagnostique de référence de la DNAI [11]. Les variants de PLA2G6 sont généralement identifiés chez les patients à l'aide de tests monogéniques. Les variants sont classés selon les lignes directrices de l'American College of Medical Genetics and Genomics (ACMG) [12]. Dans l'étude de Fadie D, 16 variants pathogènes individuels uniques de PLA2G6 ont été trouvés [11]. Dans la série de Carrilho à propos de 10 cas, une mutation homozygote (2370T4G, Y790X) non-sens a été identifiée chez 3 patients. Une mutation hétérozygote (2370T4G, Y790X 1442T4A, L481Q) a été identifiée chez un seul patient. Une mutation hémizygote faux-sens (665C4T, T222I) a été retrouvée chez un patient [4 9]. Dans notre série, seulement 4 patients ont pu bénéficier de cette étude. Deux variants pathogènes du gène PLA2G6 ont été trouvés. Une mutation homozygote faux-sens: C1442T>A chez 3 patients et une mutation homozygote de signification incertaine (VUS) C1556g>C chez 1 patient.

La dystrophie neuroaxonale infantile (DNAI) est caractérisée sur le plan neuropathologique par la présence de corps sphéroïdes traduisant une dégénérescence axonale dans le système nerveux central et périphérique. Elle est réalisée le plus souvent à partir d'une biopsie cutanée. Avec la possibilité récente de tests génétiques moléculaires, la biopsie n'est nécessaire que dans le cas où les tests génétiques sont négatifs ou pas facilement disponibles, ou dans les cas atypiques [13]. Dans une étude chinoise à propos de 10 cas atteints de DNAI, des corps sphéroïdes axonaux ont été découverts dans les échantillons de biopsie cutanée chez tous les patients [14]. Dans notre étude, la biopsie n'a été réalisée chez aucun des patients.

Le traitement symptomatique est actuellement la seule façon de répondre à la DNAI, car il n'y a pas de traitement clinique disponible pour cette affection [3]. La plupart des thérapies qui existent pour les maladies rares comme la DNAI impliquant une enzyme défectueuse sont le remplacement d'enzyme, le remplacement de gène ou la correction de gène. Des médecins du monde entier étudient des traitements et des remèdes possibles pour la DNAI. Une équipe de l'Université de Washington à St.Louis effectue des recherches sur la thérapie de remplacement enzymatique [15]. Une équipe du University College de Londres effectue des recherches sur la thérapie de remplacement génique [16]. Une équipe du Baylor College of Medicine de Houston étudie l'efficacité de certains médicaments à soulager le stress lysosomale et supprimer la neurodégénérescence [17]. La FDA (Food and Drug Administration) a déjà approuvé l'essai de son équipe sur l'antidépresseur Desipramine, qui pourrait avoir des avantages thérapeutiques importants chez les enfants atteints de DNAI. En février 2019, la Commission européenne a accordé la désignation orpheline (EU/3/19/2134) à un médicament connu sous le nom de RT001 pour le traitement de la DNAI. Celui-ci bloque la production des substances qui s'accumulent dans les terminaisons nerveuses des patients atteints. Il a démontré une stabilisation de l'évolution clinique, sans progression des acquisitions psychomotrices [18].

La DNAI est une maladie inexorablement progressive et le décès survient généralement entre l'âge de 5 et 10 ans, souvent par perte de la fonction bulbaire entrainant une pneumonie. L'âge moyen de décès dans l'étude de Fadie et al était de 9,9 ans et les causes respiratoires étaient prédominantes, probablement secondaires à la dysfonction bulbaire [8]. Ce qui est de même pour l'étude de Carrilho, où l'âge moyen de décès est de 9,15 ans [9]. Dans notre série, 2 patients sont décédés à l'âge de 4 et 8 ans et 5 patients sont perdus de vue.

5 CONCLUSION

A l'issu du présent travail, nous concluons que la DNAI est une pathologie génétique rare chez l'enfant qui se développe principalement au cours de la première décennie de vie. La consanguinité joue un rôle très important comme dans toutes les maladies de transmission autosomique récessive. Les études neurophysiologiques et l'IRM cérébrale, bien que non spécifiques, peuvent soutenir le diagnostic clinique et la décision de dépister les mutations du gène PLA2G6 qui constitue la clé du diagnostic. Ce qui permet d'éviter des procédures plus invasives telle que la biopsie périphérique. Le traitement symptomatique donne une part de répit transitoire mais la thérapie génique représente le seul espoir dans la prise en charge de la DNAI.

REFERENCES

[1] Aicardi J, Castelein P. Infantile neuroaxonal dystrophy. Brain 1979; 102 (4): 727–48.

[2] Gregory A, Westaway S, Holm IE, Kotzbauer P, Hogarth P, Sonek S, et al. Neurodegeneration associated with genetic defects in phospholipase A2. Neurology. 2008; 71 (18): 1402–1409.

[3] Gregory A, Kurian MA, Maher ER, Hogarth P, Hayflick SJ. PLA2G6-associated neurodegeneration. GeneReviews®. Seattle: University of Washington; 2017.

[4] Susan J. Hayflick*, Manju A. Kurian, Hogarth P.; Neurodegeneration with brain iron accumulation; Handbook of Clinical Neurology; 2018; doi: 10.1016/B978-0-444-63233-3.00019-1.

[5] Gregory A.; Hayflick S. Infantile Neuro Axonal Dystrophy Orphanet encyclopedia [Internet]. 2010. Available from: https://www.orpha.net/consor/cgibin/Disease_Search.php?lng=EN&data_id=10365.

[6] Fusco Carlo, Daniele Frattini, Celeste Panteghini, Rosario Pascarella and Barbara Garavaglia J Child Neurol published online 27 May 2014DOI: 10.1177/0883073814535493.

[7] Matthew A Bower, Khalaf Bushaa, Melissa A Dempsey, Soma Das, Paul J Tuite; Novel Mutations in Siblings with Later-Onset PLA2G6-Associated Neurodegeneration (PLAN); 2011; 10.1002/mds.23617.

[8] Fadie D. Altuame et al. The natural history of infantile neuroaxonal dystrophy. Orphanet Journal of Rare Diseases. 2020; 10.1186/s13023-020-01355-2.

[9] Carrilho I, Santos M, Guimarães A, Teixeira J, Chorão R, Martins M, et al. Infantile neuroaxonal dystrophy: what's most important for the diagnosis? Eur J Paediatr Neurol. 2008; 12 (6): 491–500.

[10] Nardocci, N., & Zorzi, G. (2013). Axonal dystrophies. Pediatric Neurology Part III, 1919–1924. doi: 10.1016/b978-0-444-59565-2.00062-9

[11] Ma Z and Turk J: The molecular biology of the group VIA Ca2+-independent phospholipase A2. Prog Nucleic Acid Res Mol Biol 67: 1-33, 2001.

[12] Engel LA, Jing Z, O'brien DE, Sun M and Kotzbaueret PT: Catalytic function of PLA2G6 is impaired by mutations associated with infantile neuroaxonal dystrophy but not dystonia-parkinsonism. PLoS One 5: e12897, 2010.

[13] Goebel HH, Lehmann J. (1993) An ultrastructural study of the retina in human late infantile neuroaxonal dystrophy. Retina 13: 50–5.

[14] Wu Y, Jiang Y, Gao Z, Wang J, Yuan Y, Xiong H, et al. Clinical study and PLA2G6 mutation screening analysis in Chinese patients with infantile neuroaxonal dystrophy. Eur J Neurol. (2009) 16: 240–5. doi: 10.1111/j.1468-1331.2008. 02397.x

[15] Yamasaki TR, Holmes BB, Furman JL, Dhavale DD, Su BW, Song ES, Cairns NJ, Kotzbauer PT, Diamond MI.J Biol Chem. 2019 Jan 18; 294 (3): 1045-1058. doi: 10.1074/jbc.RA118.004471

[16] Kurian MA, Meyer E, Hayflick SJ.Annu Rev Genomics Hum Genet. 2015; 16: 257-79. doi: 10.1146/annurev-genom-090314-025011

[17] Lin G., Lee P.-T., Chen K., Mao D., Tan K. L., Zuo Z., Bellen H. J. (2018). Phospholipase PLA2G6, a Parkinsonism-Associated Gene, Affects Vps26 and Vps35, Retromer Function, and Ceramide Levels, Similar to α-Synuclein Gain. Cell Metabolism.doi: 10.1016/j.cmet.2018.05.019

[18] Firsov AM, Fomich MA, Bekish AV, et al. Effet protecteur de seuil des acides gras polyinsaturés deutérés sur la peroxydation des bicouches lipidiques.FEB J. 2019 juin; 286 (11): 2099-2117.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 538-548
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Utilisation de la Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) par les enseignants stagiaires de Biologie et des SVT dans la ville de Bunia (RD Congo)

[Use of Information and Communication Technology for Teaching (ICT) by trainee teachers of Biology and life and earth sciences in the city of Bunia (DR Congo)]

Cwinya'ay Wong'a Pascal[1], Charles Niyonkuru[2], Bapolisi Bahuga Paulin[3], Bahati Wihoreye Jean-Marie[4], and Muhunga Matumwabiri Roger[5]

[1]Chef de travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Bunia, Province de l'Ituri, ville de Bunia, RD Congo

[2]Professeur, Institut de Pédagogie appliquée, Université de Burundi, Bujumbura, Burundi

[3]Professeur Ordinaire, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, Province de Sud-Kivu, Ville de Bukavu, RD Congo

[4]Professeur associé, Institut Supérieur Pédagogique de Idjwi, Province de Sud-Kivu, Ville de Bukavu, RD Congo

[5]Professeur associé, Institut Supérieur de Développement Rural de Bukavu, Province de Sud-Kivu, Ville de Bukavu, RD Congo

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

ABSTRACT: The present study which focuses on the use of Information and Communication Technology for Teaching (ICT) by trainee teachers of Biology and Life and earth sciences in secondary schools in the city of Bunia (DR Congo), is a study relating to biology teaching and Life and earth sciences. The latter aims to examine the use of ICT by trainee teachers of Biology and Life and earth sciences during the final cycle of study.

The result obtained shows that trainee teachers (51%) do not know the ICT adapted to the teaching of Biology and Life and earth sciences, they do not use certain websites which can help students with self-learning, and the most Some of the tools relating to ICT, notably digital manuals, tutorials, online learning platforms, digital spaces, interactive or touchscreen tablets and IWBs are not used by trainee teachers of Biology and Life and earth sciences.

The major constraints in the use of TICE are educational and material. Trainee teachers are not sufficiently trained in the use of ICT but also trainee schools are under-equipped and lack the necessary tools. We recommend that teachers of biology teaching and Life and earth sciences restructure the content of their teaching units and provide modules related to the use of ICT.

KEYWORDS: Application, Technology, Information, Communication, Teaching, Biology, Life and earth sciences.

RESUME: La présente étude qui porte sur l'utilisation de la Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) par les enseignants stagiaires de Biologie et des SVT dans les écoles secondaires de la ville de Bunia (RD.Congo), est une étude relevant de la didactique de biologie et des SVT. Elle a pour objectif d'examiner l'utilisation des TICE par les enseignants stagiaires de Biologie et de SVT pendant le stage de dernier cycle d'étude.

Le résultat obtenu montre que les enseignants stagiaires (51%) ne connaissent pas les TICE adaptés à l'enseignement de Biologie et des SVT, ils ne recourent pas à certains sites Web qui peuvent aider les élèves à l'autoapprentissage et la plus part des outils relavant de la TICE notamment les manuels numériques, les didacticiels, les plates-formes d'apprentissage en ligne, les espaces numériques, les tablettes interactives ou tactiles et les TBI ne sont pas utilisés par ces enseignants stagiaires.

Les contraintes majeures dans l'utilisation de TICE sont d'ordre pédagogique et matériel. Les enseignants stagiaires ne sont pas suffisamment formées dans l'utilisation de TICE mais aussi les écoles de stages sont sous équipés et manquent des outils nécessaires.

Corresponding Author: Cwinya'ay Wong'a Pascal

Nous recommandons aux professeurs de didactique de biologie et des SVT de restructurer les contenus de leurs unités d'enseignement et de prévoir les modules en rapport avec l'utilisation des TICE.

MOTS-CLEFS: Application, Technologie, Information, Communication, Enseignement, Biologie, SVT.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE

La Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) est devenue aujourd'hui un outil indispensable et incontournable qui aide les enseignants à concrétiser leurs leçons [1]; [2]. Les TICE fournissent des moyens novateurs, non seulement pour la diffusion des connaissances mais aussi pour l'exploration de stratégies d'apprentissage qui favorisent la construction des compétences [3]. Les avantages que présentent les TICE sont particulièrement motivants pour la professeure et le professeur [4]. Beaucoup de professeures et de professeurs qui commencent à s'intéresser aux TICE souhaitent les intégrer comme outils de soutien à leur approche magistrale [5]. Ici, le professeur profite des ressources TICE pour enrichir considérablement ses exposés en classe par le biais de présentations multimédia. La référence [4] parle de « magistral interactif ». Il s'agit aussi de rendre accessibles en tout temps des documents à l'intention de ses élèves comme, par exemple, un site Web comportant des liens en fonction des matières enseignées. Chez le professeur qui intègre des activités de diffusion multimédia, on voit augmenter de façon positive la perception qu'il a de son niveau de compétence [4]: la qualité des productions qu'il crée par la manipulation de logiciels de présentation multimédia, d'édition de pages Web ou de graphisme est parfois surprenante, souvent gratifiante [6]; [7]; [8].

Plusieurs rapports de l'UNESCO montrent que les TICE sont devenues l'un des piliers de la société moderne. Aujourd'hui des nombreux pays considèrent la compréhension de ces technologies et la maitrise de leurs principaux concepts et savoir-faire comme partie intégrante de l'éducation de base, au même titre que la lecture, l'écriture et le calcul. De plus, cette tendance s'est confirmée et les outils numériques pour enseigner n'ont cessé de se diversifier [9]

Les TICE sont des outils qui permettent de vaincre la distance et d'accéder au village planétaire et au savoir encyclopédique. Lorsque les outils sont mis au service de la pédagogie, ils permettent cependant, l'apprentissage, la compréhension, la motivation, le partage, l'interaction, la communication, l'échange, la collaboration, l'exposé enfin la transmission et la distribution du savoir. Les TICE renforcent l'innovation dans l'enseignement et la motivation dans l'apprentissage [10]. Ainsi dans la période marquée par le COVID-19, ces technologies de communication ont favorisé plusieurs pays à surmonter les problèmes liés en l'éducation en instaurant le système de e-learning. Des multiples établissements ont trouvé des solutions pour mieux administrer leurs activités [10].

Le matériel didactique un support de base dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre (SVT) et les TICE font partie de ce matériel. Raison pour laquelle les TICE stimulent l'intérêt des apprenants et les encouragent à adapter un nouveau monde d'apprentissage, afin d'améliorer leurs compétences en favorisant d'avantage l'auto-apprentissage et la collaboration. L'intégration de TICE dans l'enseignement vise à atteindre un ensemble d'objectifs parmi lesquels nous citons: la construction des concepts, l'enrichissement des connaissances et le dépassement de quelques obstacles d'apprentissage [7].

L'intégration des TICE en l'éducation suppose une remise en cause des méthodes traditionnelles centrées sur l'enseignant, et qui reposent sur la transmission des connaissances. L'utilisation de TICE pour l'amélioration de la qualité des enseignements et des apprentissages suppose « une utilisation habituelle et régulière des TICE en classe par les élèves et les enseignants, dans un contexte d'apprentissage actif, réel et significatif » [11]. Malheureusement pendant les séances d'inspection des stages, nous avons faits les constats selon lesquels, les enseignants stagiaires avaient des difficultés de recourir aux outils de la TICE mais aussi les écoles de stage n'avaient pas des laboratoires informatiques.

La présente étude a pour objectif d'examiner l'utilisation des TICE par les enseignants stagiaires de Biologie et des SVT.

1.2 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

En RDC, quand on se réfère à la loi-Cadre N°14/004 du 11 Février 2014 de l'enseignement national, les enseignants qualifiés chargés de dispenser le cours de Biologie et des SVT au niveau secondaire sont formés dans les Instituts Supérieurs Pédagogiques (ISP). Pendant les années de formation, les futurs enseignants sont affectés dans les écoles de stage où ils passent quelques mois en train de mettre en application les stratégies didactiques apprises dans les cours de didactique de Biologie et de SVT. Les professeurs des ISP élaborent leurs contenus du cours afin de permettre aux étudiants stagiaires de préparer des leçons en suivant certaines étapes dites « marches des leçons ». Les bonnes leçons de Biologie et de SVT sont généralement celles qui sont basées sur les observations actives des élèves. C'est

le principe de l'intuition directe ou indirecte. En effet, pour Pestalozzi, toute formation doit avoir pour point de départ l'intuition d'objets qui affectent et animent les sens. Cette première démarche de la connaissance se nomme intuition sensible. Selon Célestin Freinet, l'école doit être reliée à la vie. L'on doit découvrir les grandes lignes de la vie, les forces souterraines essentielles qui seront les leviers indispensables pour les apprentissages. Avec Kant la connaissance a deux sources: la sensibilité et l'entendement. La connaissance comprend deux éléments à savoir l'intuition et le concept. Pour faire une expérience, il faut des concepts. Et le concept n'a de sens que quand il se nourrit de l'objet, de la donne sensible. Pour connaitre le monde des phénomènes l'esprit opère une intervention organisatrice. Et l'esprit ne peut pas connaitre de lui-même en faisant fi de l'expérience [12]; [13].

Tous ces pédagogues insistent sur l'intuition comme moyen essentiel de faciliter l'apprentissage des élèves. A l'heure à l'actuelle où la numérique occupe une place prépondérante, les enseignants de SVT et de Biologie devraient innover à recourant d'avantage à la TICE pour aider leurs apprenants à entrer en contact avec les ressources naturelles, surtout celles qui ne peuvent pas être transportées en classe comme matériel didactique concret. La TICE devient désormais une solution indiscutable dans la concrétisation des leçons.

Les enseignants stagiaires en tant que futurs professeurs devraient intégrer les stratégies apprises dans le cours de didactique des disciplines pendant les périodes des stages dans les milieux scolaires.

1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE

La présente étude repose sur les questions suivantes:

- Les enseignants stagiaires connaissent-ils le concept TICE ?
- Les enseignants stagiaires utilisent-ils les TIC dans leurs enseignements de Biologie et de SVT ?
- Quels sont les outils didactiques de TICE utilisés par les enseignants stagiaires de la Biologie et des SVT ?
- Quelles sont les contraintes que les enseignants stagiaires rencontrent dans l'utilisation de la TICE ?

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 POPULATION D'ÉTUDE

Notre population d'étude était constituée des enseignants stagiaires de SVT et de Biologie affectés en stage dans les écoles secondaires de la ville de Bunia. Tous proviennent du département de Biologie-chimie de l'ISP/BUNIA et ont été inscrits régulièrement au programme de la pédagogie appliquée pendant l'année académique 2022-202

2.2 ECHANTILLON

Notre échantillon était exhaustif constitué de 49 enseignants stagiaires affectés dans les écoles de stage. Le tableau 1 présente la répartition des enseignants stagiaires selon leurs filières d'étude.

Tableau 1. Répartition des étudiants stagiaires selon leurs filières d'étude

OPTION	Fréquence	%
Biologie-chimie	27	55,1
Agronomie	16	32,6
Vétérinaire	6	12,3
Total	**49**	**100**

Il se dégage de ce tableau 1 que 27 enseignants stagiaires, soit 55,1% sont de Biologie chimie, 16 autres sont de l'agronomie soit 32,65% et 6 enseignants stagiaires sont des vétérinaires soit 12,3%.

Le tableau 2 donne la répartition des enseignants stagiaires suivant le cycle d'étude.

Tableau 2. Répartition des enseignants stagiaires selon les cycles d'étude

Cycle	Fréquence	%
Premier	20	40,6
Deuxième	29	59,4
Total	**49**	**100**

Il ressort de ce tableau 2 que 27 enseignants stagiaires soit 40,81% sont du premier cycle et 29 sont de deuxième cycle soit 59,18%

2.3 MÉTHODE D'ÉTUDE

La méthode d'enquête a été utilisée pour récolter les données appuyée par la technique du questionnaire et la technique d'observation libre. Le questionnaire était constitué de trois types des questions: ouvertes, fermées et semi-fermées. Ainsi 16 questions ont été élaborées reparties de la manière suivante: 6 questions ouvertes, 5 questions fermées et 5 questions semi-fermées. Le tableau 3 présente la spécification des questions par thème.

Tableau 3. Spécification des questions par thème de recherche

N°	Thème	N° des questions	Total
01	Connaissance de la TICE	1, 2,3 et 4	4
02	Existence de la TICE	5, 6,7 et 8	4
03	Utilisation de TICE	9, 10, 11,12 et 13	5
O4	Difficultés rencontrées de TICE	14,15et 16	3
	Total		**16**

Les questionnaires ont été administrés à l'école du stage. L'épreuve a porté sur l'utilisation de TICE dans l'enseignement de la Biologie et des SVT. La surveillance et la supervision du déroulement de l'épreuve étaient contrôlées. Chaque enseignant stagiaire répondait sur son papier de questionnaire. Chaque outil de la TICE cité par l'enquêté devrait être présenté concrètement à l'enquêteur. Le rôle de chaque outil devrait être clairement défini ainsi que son usage pendant les leçons de Biologie et des SVT.

Le test avait quatre thème dont la connaissance de la TICE, l'existence de la TICE, utilisation de la TICE et afin les contraintes rencontrées dans la mise en application de la TICE dans l'enseignement de Biologie et des SVT.

3 RESULTATS

3.1 PRESENTATION DU RESULTAT GLOBAL

3.1.1 CONNAISSANCE DU CONCEPT TICE

Le tableau 4 présente la connaissance des enseignants stagiaires en rapport avec le concept TICE.

Tableau 4. Connaissance des enseignants stagiaires en rapport avec le concept TICE

Occurrence	Fréquence	%
Connaissent	24	49
Ignorent	25	51,0
Total	**49**	**100**

Le résultat du tableau montre que 24 enseignants stagiaires (49 %) connaissaient le concept TICE tandis que 25 enseignants stagiaires soit 51 % l'ignore. Ils affirment n'avoir pas reçu un enseignement se rapportant aux TICE dans leurs cours de didactique de Biologie et des SVT.

3.1.2 UTILISATION DES TICE PAR LES ENSEIGNANTS STAGIAIRES DE BIOLOGIE ET DES SVT.

Le tableau 5 ci-dessous présente les sites web ou application que les enseignants stagiaires ont utilisés pendant leurs leçons.

Tableau 5. Les sites web ou applications utilisés par les enseignants stagiaires de la Biologie et des SVT

Site Web /application	Fréquence	%
YouTube	3	6
Facebook	0	0
Instagram	0	0
Google	20	42
Google scholar	13	26
Wikipedia	13	26
Tik-Tok	0	0
TOTAL	**49**	**100**

Le Tableau 8 montre que sur 49 enseignants stagiaire 3 soit 6,1% ont utilisé YouTube, 20 soit 42% ont utilisé le Google, 13 soit 26% ont utilisé Google scholar, 13 soit 26% ont utilisé Wikipédia et en fin aucun enseignant stagiaire a utilisé Facebook, Instagram et TiK-Tok.

3.1.3 OUTILS DE TICE UTILISÉES PAR LES ENSEIGNANTS STAGIAIRES

Les Tableau 6 présente les outils relevant de TICE utilisés par les enseignants stagiaires.

Tableau 6. Les outils de TIC utilisés par les enseignants stagiaires de Biologie et de SVT

Outils	Fréquence	%
Les ordinateurs	22	45
Les rétroprojecteurs	3	6
Les smartphones	21	43
Les enregistrements télévisés	3	6
Les logiciels	0	0
Les TBI	0	0
Les manuels numériques	0	0
Les didacticiels	0	0
Les plates-formes d'apprentissage en ligne	0	0
Les espaces numériques	0	0
Les tablettes interactives ou tactiles	0	0
TOTAL	**49**	**100**

Le résultat du tableau montre que les outils de la TICE auxquels les enseignants ont faits recours sont de trois catégories à savoir les ordinateurs (45 %), les rétroprojecteurs (6 %) et les smartphones (43 %). Les autres outils relevant de la TICE ne sont pas utilisés par ces enseignants stagiaires.

3.1.4 CONTRAINTES DANS L'UTILISATION DE TICE PAR LES ENSEIGNANTS STAGIAIRES

Les Tableau 7 ci-dessous présente les contraintes des enseignants stagiaires en rapport avec l'utilisation de TICE.

Tableau 7. Les contraintes des enseignants stagiaires dans l'utilisation de TICE

Contraintes	Fréquence	%
Absence de formation en didactique	11	22
Manque des outils de TICE	5	10
Manque d'électricité	6	12
Manque d'internet et du didacticiel	18	37
Manque de labo informatique	9	19
TOTAL	**49**	**100**

Le tableau montre que 11 stagiaires soit 22% n'ont pas reçu la formation appropriée en didactique de discipline sur l'utilisation de TICE, 5 stagiaires soit 10% ont manqué les outils des TIC dans leurs écoles de stage, 6 stagiaires soit 37% n'avaient pas les sources

d'énergie dans leurs écoles de stage, 18 stagiaires soit 37% n'avaient pas d'internet et le didacticiel et en fin 9 stagiaires sur 19 % n'avaient pas de laboratoire informatique.

3.2 REPARTITION DES RESULTATS SELON LES VARIABLES ETUDIEES

L'analyse du résultat selon les variables filières d'étude et selon le cycle (premier ou deuxième cycle) donne des informations ci-dessous.

3.2.1 CONNAISSANCE DU CONCEPT TICE SELON LES FILIÈRES D'ÉTUDE

Le Tableau 8 ci-dessous présente les résultats suivants les filières d'étude des enseignants stagiaires.

Tableau 8. Connaissance du concept TICE selon les filières d'étude des enseignants stagiaires

Occurrence	Biologie-chimie		Agronomie		Vétérinaire	
	f	%	f	%	f	%
Connaissent	14	52	7	44	3	50
Ignorent	13	48	9	56	3	50
TOTAL	27	100	16	100	6	100

Le tableau 8 montre que sur 27 enseignants stagiaires de filière Biologie -chimie, 14 connaissent le concept soit 52%, puis sur 16 stagiaires de filière agronomie, 7 connaissent le concept TICE soit 44% et enfin sur 6 enseignants stagiaires de filière vétérinaire 3 connaissent le concept TICE soit 50. Dans la filière agronomie, 44% des enseignants stagiaires connaissent ce concept mais 56% l'ignore. S'agissant des enseignants stagiaires de filière vétérinaire, 50% d'entre eux connaissent ce concept et 50% l'ignorent.

3.2.2 CONNAISSANCE DU CONCEPT TICE SELON LE CYCLE D'ÉTUDE DES ENSEIGNANTS STAGIAIRES

Le tableau 9 présente les résultats relatifs aux connaissances des enseignants stagiaires su le concept TIC suivant leur cycle d'étude

Tableau 9. Connaissance du concept TICE selon le cycle d'étude des enseignants stagiaires

Occurrence	Graduat		licence	
	f	%	f	%
Connaissent	8	40	16	55
Ignorent	12	60	13	45
TOTAL	20	100	29	100

Il ressort de ce tableau 9 que sur 20 enseignants stagiaires du cycle de graduat, 8 connaissent le concept TICE soit 40% et 12 l'ignorent soit 60% et sur 29 enseignants stagiaires du cycle licence 16 connaissent ce concept soit 55 % et 13 l'ignorent soit 45%.

3.2.3 UTILISATION DE TICE PAR LES ENSEIGNANTS STAGIAIRES SELON LEURS FILIÈRES D'ÉTUDE

Le Tableau 10 présente la répartition de résultat suivant les filières des enseignants stagiaires.

Tableau 10. Utilisation des TIC par les enseignants stagiaires de Biologie et de SVT selon leurs filières d'étude

Sites web/Appli	Biologie-chimie		Agronomie		Vétérinaire	
	f	%	f	%	f	%
YouTube	2	7,4	0	0,0	0	0,0
Facebook	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Instagram	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Google	12	44,4	9	56	6	100
Google scholar	7	26	4	25,0	0	0,0
Wikipedia	6	22,2	3	19	0	0,0
Tik-Tok	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TOTAL	27	100	16	100	6	100

Ce tableau 10 montre que les enseignants stagiaires de la Biologie ont recouru au You Tube (7,4%), Google (44,4%), Google scholar (26%), Wikipédia (22,2%), puis les enseignants stagiaires de l'agronomie ont recouru au Google (56%), Google scholar (25,0%) et Wikipédia (19) et enfin les enseignants stagiaires de vétérinaire ont recouru seulement au Google (100%).

3.2.4 UTILISATION DE TICE PAR LES ENSEIGNANTS STAGIAIRES SELON LEURS CYCLES D'ÉTUDE

Le tableau 11 ci-dessous présente la répartition des résultats suivant le cycle d'étude des enseignants stagiaires.

Tableau 11. Utilisation de TICE suivant le cycle d'étude des enseignants stagiaires

Sites web/Application	Graduat		Licence	
	f	%	f	%
YouTube	0	0	2	7
Facebook	0	0	0	0
Instagram	0	0	0	0
Google	13	65	14	48
Google scholar	2	10	5	17
Wikipedia	5	25	8	28
Tik-Tok	0	0	0	0
TOTAL	20	100	29	100

Ce tableau montre que les enseignants stagiaires de cycle de graduat ont recouru au Google (65%), Google scholar (10%) et Wikipédia (25%) et les enseignants stagiaires de cycle licence ont recouru aussi au Google (48,2), au Google schola (17%), Wikipédia (28%)

3.2.5 OUTILS DE TICE UTILISÉS PAR LES ENSEIGNANTS STAGIAIRES

Le tableau 12 ci-dessous présente la répartition de résultat selon les filières d'études des enseignants stagiaires.

Tableau 12. Outils des TICE utilisés par les enseignants stagiaires selon leurs filières d'étude

Outils	Biologie-chimie		Agronomie		Vétérinaire	
	f	%	f	%	f	%
Les ordinateurs	8	29,6	6	38	2	33
Les rétroprojecteurs	6	22	2	12	0	0
Les smartphones	10	37	8	50	3	50
Les enregistrements	3	11,4	0	0	1	17
Les logiciels	0	0	0	0	0	0
Les TBI	0	0	0	0	0	0
Les manuels numériques	0	0	0	0	0	0
Les didacticiels	0	0	0	0	0	0
les plates-formes d'apprentissage en ligne	0	0	0	0	0	0
Les espaces numériques	0	0	0	0	0	0
Les tablettes interactives ou tactiles	0	0	0	0	0	0
Total	27	100	16	100	6	100

Le tableau montre que 8 enseignants stagiaires de Biologie -chimie ont utilisé l'ordinateur (29,6%), les rétroprojecteurs (22%), les smartphones (37%) et les enregistrements audio (11%). S'agissant des stagiaires de la filière agronomie 6 ont utilisé l'ordinateur (38%), 2 stagiaires ont utilisé les rétroprojecteurs (12%), 8 ont utilisé les smartphones (50%) et enfin 2 enseignants stagiaires de vétérinaire ont utilisé l'ordinateur (33%), 3 d'entre eux ont utilisé les smartphone (50%) et 1 utilisé les enregistrements sonores soit 17%.

3.2.6 LES OUTILS DE TICE UTILISÉS PAR LES ENSEIGNANTS STAGIAIRES SELON LE CYCLE D'ÉTUDE.

Le tableau 13 ci-dessous présente le résultat suivant le cycle d'études des enseignants stagiaires.

Tableau 13. Les outils de TICE utilisées selon les cycles des enseignants stagiaires

Outils	Graduat		Licence	
	f	%	f	%
Les ordinateurs	7	35	10	35
Les rétroprojecteurs	2	10	7	24
Les smartphones	10	50	9	31
Les enregistrements	1	5	3	10
Les logiciels	0	0	0	0
Les TBI	0	0	0	0
Les manuels numériques	0	0	0	0
Les didacticiels	0	0	0	0
les plates-formes d'apprentissage en ligne	0	0	0	0
Les espaces numériques	0	0	0	0
Les tablettes interactives ou tactiles	0	0	0	0
Total	20	100	29	100

Il ressort du tableau 13 que 7 enseignants stagiaires gradués ont utilisé l'ordinateur (35%) comme suivi de projecteur (10%), 10 stagiaires ont utilisé le smartphone (50%) et un étudiant a utilisé les enregistrements audio (10%). S'agissant des stagiaires de licence 10 ont utilisé les ordinateurs (35%), 7 ont utilisé les rétroprojecteurs (24%), 9 ont utilisé les smartphone (31%) et 3 ont utilisé les enregistrements audio soit 10%.

3.2.7 CONTRAINTES RENCONTRÉES DANS L'UTILISATION DE TICE SELON LA FILIÈRE D'ÉTUDE

Le tableau 14 ci-dessous présente les contraintes des enseignants stagiaires selon leurs filières d'études.

Tableau 14. Contraintes rencontrées par les enseignants stagiaires dans l'utilisation des TICE selon leurs filières d'étude

Contraintes	Biologie-chimie		Agronomie		Vétérinaire	
	f	%	f	%	f	%
Absence de formation	6	22	5	30	0	0
Manque des outils	3	11	1	6	1	17
Manque d'électricité	3	11	2	13	1	17
Manque d'internet	10	37	6	38	2	33
Manque de labo informatique	5	19	2	13	2	33
TOTAL	27	100	16	100	6	100

Le tableau 14 montre que les contraintes majeures dans l'utilisation de TICE en tenant compte des filières des étudiants sont d'ordre pédagogique et matériel. Les enseignants stagiaires ne sont pas suffisamment formées dans l'utilisation de TICE mais aussi les écoles de stages sont sous équipés et manquent des outils nécessaires.

3.2.8 CONTRAINTES RENCONTRÉES DANS L'UTILISATION DE TICE SELON LE CYCLE D'ÉTUDE

Le tableau 15 ci-dessous présente contraintes rencontrées par les enseignants stagiaires dans l'utilisation de TICE selon le cycle d'étude.

Tableau 15. Contraintes rencontrées par les enseignants stagiaires dans l'utilisation de TICE selon le cycle d'étude

CONTRAINTE	Graduat		Licence	
	f	%	f	%
Absence de formation	5	25	6	21
Manque des outils	2	10	3	10
Manque d'électricité	2	10	4	14
Manque d'internet et didacticiel	8	40	10	34
Manque de labo informatique	3	15	6	21
TOTAL	20	100	29	100

Le tableau 15 montre que les contraintes majeures dans l'utilisation de TICE en tenant compte du cycle d'étude des stagiaires sont d'ordre pédagogique et matériel. Les enseignants stagiaires ne sont pas suffisamment formées dans l'utilisation de TICE mais aussi les écoles de stages sont sous équipés et manquent des outils nécessaires. Notons également que le manque d'électricité reste un problème majeur que les enseignants stagiaires rencontrent.

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus (Tableau 4) montrent que 51% des enseignants stagiaires ignorent le concept TICE et affirment n'avoir pas reçu un enseignement se rapportant aux TICE dans leurs cours de didactique de Biologie et des SVT

Certains sites Web et applications qui peuvent à aider les élèves à l'autoapprentissage n'ont pas été utilisé par les enseignants stagiaires généralement à cause de l'ignorance (Tableau5). Selon Trestine (2014), le manque de connaissance, d'information et des maitrises des TICE constituent un grand frein à leur l'utilisation.

Le résultat de l'étude a montré également que la majorité des enseignants stagiaires ont utilisé les ordinateurs et les smartphones pour concrétiser leurs leçons. Les ordinateurs et les smartphones utilisés n'appartenaient pas aux écoles mais plutôt aux stagiaires eux-mêmes. La plus part des outils relavant de la TICE n'ont pas été utilisés notamment les manuels numériques, les didacticiels, les plates-formes d'apprentissage en ligne, les espaces numériques, les tablettes interactives ou tactiles et les TBI (Tableau 6).

Les contraintes majeures dans l'utilisation de TICE sont d'ordre pédagogique et matériel. Les enseignants stagiaires ne sont pas suffisamment formées dans l'utilisation de TICE mais aussi les écoles de stages sont sous équipés et manquent des outils nécessaires. Le manque d'électricité a été un problème majeur que les enseignants stagiaires rencontrent (Tableau 7). Par ailleurs, les filières d'étude des enseignants stagiaires ainsi que leurs cycles ont montré une disparité dans leurs connaissances et dans leurs utilisations des TICE. Les enseignants stagiaires de filière biologie-chimie ont une connaissance et une pratique supérieure que leurs collèges d'agronomie et de vétérinaire. Notons aussi que les étudiants de cycle de licence ont présenté un résultat diffèrent que ceux de graduat (Tableau 7 à 15). Ces résultats montrent que les écoles secondaires de la ville de Bunia ne donnent pas une place de choix à la TICE alors que celle-ci reste un appui incontournable à l'enseignement des SVT et de la biologie. Les résultats obtenus dans cette étude pourront se justifier par l'absence des chapitres relevant de l'utilisation des TICE dans les cours de didactique des disciplines dispensés aux étudiants pendant leurs cursus de formation à l'Institut Supérieur Pédagogie de Bunia. Les enseignants titulaires de didactique de Biologie ont affirmé n'avoir pas élaboré une matière d'apprentissage se rapportant aux TICE; matière capable d'aider les futurs enseignants à devenir des utilisateurs des outils de la TICE.

Le faible financement des écoles de la RD.Congo en outils informatiques et en connexion internet demeure une contrainte majeure pour une meilleure utilisation des TICE par les enseignants. Le frais de fonctionnement alloué aux écoles publiques ne permet pas à ces dernières d'être équipées en outils relevant de la TIC mais aussi les écoles privées agréées ne sont pas subventionnées.

La formation des futurs enseignants de biologie et des SVT sur l'utilisation des TICE en milieu scolaire devrait être une priorité en prendre en compte par les instituts de pédagogie appliquée car à part les matériels didactiques concrets, cette nouvelle technologie aide l'enseignant à atteindre les objectifs de l'apprentissage. La TICE est un support de base dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre (SVT) car elle stimule l'intérêt des apprenants et les encouragent à s'adapter un nouveau monde d'apprentissage. Elle améliore leurs compétences en favorisant d'avantage l'auto-apprentissage et la collaboration mais aussi elle permet à l'enseignant de donner ses leçons avec assurance. L'intégration de TICE dans l'enseignement vise à atteindre un ensemble d'objectifs parmi lesquels on peut citer: la construction des concepts, l'enrichissement des connaissances et le dépassement de quelques obstacles d'apprentissage.

Les résultats obtenus dans cette étude se recoupent avec ceux obtenus avec la plupart des études se rapportant à l'utilisation de TICE en milieu scolaire. En effet, ces études antérieures soulignent que les obstacles à l'utilisation des TICE en classe d'après les enseignants sont le manque d'équipement dans leurs établissements, des compétences TICE insuffisantes, l'inadaptation des TICE à leurs

objets d'enseignement et leur scepticisme quant à un bénéfice pédagogique de l'utilisation d'ordinateurs en classe, quand bien même les professeurs reconnaissent un effet sur la motivation des élèves. Ces travaux pointent d'autres freins tels l'aménagement des horaires d'enseignement ou encore l'organisation de la classe. Parmi tous ces obstacles, la faible compétence technopédagogique des enseignants et le manque de confiance dans l'utilisation des TICE seraient déterminants de leurs niveaux d'engagement dans les TICE. Le niveau d'engagement dans les TICE des enseignants dépend directement de la qualité des programmes qu'ils auraient suivis dans leurs institutions de formation [15]; [16]; [17]; [18]; [19]; [20].

5 CONCLUSION

Cette étude portant sur l'utilisation de la TICE par les enseignants stagiaires de Biologie et des SVT de la ville de Bunia en RD.Congo est une didactique de discipline basée sur la pratique enseignante en période de formation en milieu scolaire. La présente étude avait pour objectif d'examiner l'utilisation des TICE par les enseignants stagiaires de Biologie et des SVT

Le résultat obtenu dans cette étude après une enquête par questionnaire et l'observation directe montre que les enseignants stagiaires (51%) ne connaissent pas les TICE adaptés à l'enseignement de Biologie et des SVT, ils ne recourent pas à certains sites Web et applications qui peuvent à aider les élèves à l'autoapprentissage, et la plus part des outils relavant de la TICE notamment les manuels numériques, les didacticiels, les plates-formes d'apprentissage en ligne, les espaces numériques, les tablettes interactives ou tactiles et les TBI ne sont pas utilisés.

Les contraintes majeures dans l'utilisation de TICE sont d'ordre pédagogique et matériel. Les enseignants stagiaires ne sont pas suffisamment formées dans l'utilisation de TICE mais aussi les écoles de stages sont sous équipés et manquent des outils nécessaires. Le manque d'électricité a été un problème majeur que les enseignants stagiaires rencontrent. Par ailleurs les filières d'étude des enseignants stagiaires ainsi que leurs cycles ont montré une disparité dans leurs connaissances et dans leurs utilisations des TICE. Les enseignants stagiaires de filière biologie-chimie ont une connaissance et une pratique supérieure que leurs collèges d'agronomie et de vétérinaire. Notons aussi que les étudiants de cycle de licence ont présenté un résultat diffèrent que ceux de graduat.

Il se dégage de cette étude que le cours de didactique de Biologie et des SVT dispensé aux étudiants ne prévoient pas des modules relevant de l'utilisation des TICE. Il faut noter aussi que les écoles de stage ne sont pas équipées en outils adaptés par permettre aux enseignants stagiaires de recourir à la TICE par leurs stages.

Nous recommandons aux professeurs de didactique de biologie et des SVT de restructurer les contenus de leurs unités d'enseignement et de prévoir les modules en rapport avec l'utilisation des TICE.

REFERENCES

[1] A-S. Bellair, *Les TICE vues par les enseignants: entre visées éthiques et attentes institutionnelles,* 2018, [en ligne] disponible sur: https://doi.org/10.25965/interfaces-numeriques.3175 (20 octobre 2023).

[2] M. Mastafi, Rôles et impacts des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques: perceptions des enseignants du secondaire, 2021, *Revue Formation et profession,* volume 28, numéro 2
[en ligne] disponible sur: https://id.erudit.org/iderudit/1075658ar (20 octobre 2023).

[3] M. Lebrun, Des technologies pour enseigner et apprendre, Paris, De Boeck, 2e édition, 2002, [en ligne] disponible sur: http://www.ipm.ucl.ac.be/marcell/livre1.htm (20 Novembre 2023).

[4] B. Poellhuber, et Boulanger, R, *Un modèle constructiviste d'intégration des TIC, Rapport de recherche PAREA, Trois-Rivières,* 2001, Collège Laflèche, [en ligne] disponible sur: http://www.cdc.qc.ca/textes/modele_constructiviste_integration_tic.pdf

[5] P.-J.Guay, *Le parc informatique collégial,* 2002, [en ligne] sur http://clic.ntic.org/clic44/parc.html (6 juin 2023).

[6] F. Bangou, Intégration des TICE et apprentissage de l'enseignement: une approche systématique, *Revue Pratique et Recherche,* 2006, [en ligne] disponible sur: http://doi.org/ (6 Mars 2023).

[7] E. Saida, et al, Une exploitation des TICE pour mettre en évolution des conceptions d'enseignants des SVT du secondaire vis-à-vis l'Éducation à l'Environnement et au Développement Durable, *Association EPI,* 2015, [en ligne] disponible sur http://www.epi.ass.fr/ (16 juillet 2023).

[8] R. Ailincai, et Bernard, De l'introduction des TICE à l'École aux pratiques actuelles des jeunes, 2012, [en ligne] disponible sur: https://shs.hal.science/halshs-00730378 (16 juillet 2023).

[9] JL. Jaunet, Les usages pédagogiques des TICE dans les disciplines d'enseignement, académies de Nantes, 2008, [en ligne] disponible sur: www.ac.nantes.fr (17 Mai 2023).

[10] S. Touhami, Les freins à l'intégration des TICE en classe, 2021, *revue Socles ISSN* 2335-1144, EISSN: 2588-2023 Volume 10, Numéro 1, pages 62-92.

[11] O. Boukhors, et M. Benahmed, L'intégration des TICE dans l'enseignement/ Apprentissage du français au collège, 2023, Université Oran 2, s.l.
[12] R. Simenel, Communiquer avec la nature pour apprendre sa culture, 2018, *Anthropologica,* Vol. 60, No. 2, pp. 480-493, [en ligne] disponible sur: https://www.jstor.org/stable/10.2307/26794629.
[13] JP. Munyanji, La pédagogie de la connaissance dans son environnement, Thèse 2002, Université lumière, Lyon 2.
[14] M. Trestini, Causes de non-usage des TICE à l'Université: des changements ?, 2014 [en ligne] disponible sur https://journals.Openedition.org/ (17 Mai 2023).
[15] P. Leclère, et al, 2007, L'intégration des TICE en situation d'enseignement/apprentissage à l'Université au Maroc: vers un nouveau paradigme didactique innovant, Université Sultan Moulay Slimane, Béni-Mellal, Maroc (16 juillet 2023).
[16] C. Rizza, Les TICE dans la formation initiale des enseignants, *revue Education,* 2010 [en ligne] disponible surhttp://www2.c2i.education.fr/sections/c2i2e/presentation/textesofficiels9679/textesofficiels (16 juillet 2023).
[17] M. Déro, Quelles explications à la faible intégration des TICE, Journée d'études: « Pratiques d'enseignement et représentations » RECIFES, Maison de la Recherche, 2009, Université d'Artois.
[18] Y. Madhi, et al, Les contraintes liées à l'intégration du tic dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre au Maroc, *European Scientific Journal,* 2014, [en ligne] disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/328981925 (16 juillet 2023).
[19] Z. Mostafa, L'intégration des TICE dans le contexte scolaire marocaine, ambitions et limites, *Epi asso,* 2019, [en ligne] disponible sur: http://www.epi.asso.fr (16 juillet 2023).
[20] F. Larose, et al, Pratique et profils d'utilisation des TICE chez les enseignants d'une université, *Pratiquer les TICE,* 2022 [en ligne] disponible sur https://www.cairn.info/ (16 juillet 2023).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 549-557
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effets des fertilisants minéraux (NPK) et organiques (compost) sur la productivité de l'oignon (Allium *cepa* L.) au Niger: Cas de la variété violet de Galmi

[Effects of mineral (NPK) and organic (compost) fertilizers on the productivity of onions (Allium cepa L.) in Niger: Case of the purple Galmi variety]

Bori Haoua[1], Boukary Hamsatou[1], Haougui Adamou[1], Ali Bibata[1], and Adam Toudou[2]

[1]Departement cultures irriguées, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger

[2]Departement productions végétales, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

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

ABSTRACT: In Niger, onion production has grown but the unsuitability of fertilization techniques and application of fertilizer doses are challenges to be met in order to improve onion yield. This study aims to assess the effects of mineral (NPK) and organic (compost) fertilizers on the productivity of «violet de Galmi» onion (Allium cepa L.). The study is carried out at the Saga experimental site (Niger). The experimental design used is a completely randomized block consisting of three repetitions and six treatments including a control treatment (T0). The treatments are: T0 (300kg/ha of NPK + 20t/ha of compost); T1 (200kg/ha of NPK); T2 (100kg/kg of NPK + 20t/ha of compost); T3 (300kg/ha of NPK + 10t/ha of compounds); T4 (300kg/ha of NPK + 5t/ha of compost); T5 (300kg/ha of NPK + 15t/ha of compost). The results of the study showed that the plots having received the treatments T5, T4, T3 and T0 recorded numbers of superior bulbs respectively of 29,333 bulbs, 33.67 bulbs, 34 bulbs and 35.67 bulbs. And that the yields of biomass (5.57±1.84t/ha) and bulbs (30.00±5.00) recorded for the T0 treatments are part of the low yields recorded in the study. The dose of fertilizers in treatment T2 provided a significantly high yield (31.67±3.63). The results obtained at the end of this study show the interest in using organic matter as fertilizer in onion growing systems, in order to increase soil productivity and ensure their sustainable exploitation.

KEYWORDS: Onion, allium cepa L., fertilization, productivity, Niger.

RESUME: Au Niger, la production de l'oignon a pris de l'ampleur mais l'inadaptation des techniques de fertilisation et d'application des doses des fertilisants sont des défis à relever afin d'améliorer le rendement d'oignon. Cette étude vise à apprécier les effets des fertilisants minéraux (NPK) et organiques (compost) sur la productivité de l'oignon (Allium *cepa* L.) violet de Galmi. L'étude est conduite sur le site expérimental de Saga (Niger). Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complètement randomisé constitué de trois répétitions et de six traitements dont un traitement témoin (T0). Les traitements sont: T0 (300kg/ha de NPK + 20t/ha de compost); T1 (200kg/ha de NPK); T2 (100kg /kg de NPK + 20t/ha de compost); T3 (300kg /ha de NPK + 10t/ha de compos); T4 (300kg /ha de NPK + 5t/ha de compost); T5 (300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost). Les résultats de l'étude ont montré que Les parcelles ayant reçues les traitement T5, T4, T3 et T0 ont enregistré des nombres des bulbes supérieurs respectivement de 29,333bulbes, 33,67bulbes, 34bulbes et 35,67 bulbes. Et que les rendements en biomasse (5.57±1.84t/ha) et en bulbes (30,00±5,00) enregistrés pour les traitements T0 font partis des faibles rendements enregistrés dans l'étude. La dose des fertilisants du traitement T2 a permis d'avoir un rendement significativement élevé (31,67±3,63). Les résultats obtenus à l'issue de cette étude montrent l'intérêt de valoriser les matières organiques comme fertilisant dans les systèmes de culture d'oignon, afin d'accroître la productivité des sols et assurer leur exploitation durable.

MOTS-CLEFS: Oignon, allium cepa L., fertilisation, productivité, Niger.

Corresponding Author: Bori Haoua

1 INTRODUCTION

La filière oignon au Niger a une longue histoire, qui remonte au XVIIe siècle. Compte tenu du contexte du pays, qui est majoritairement agricole, la production d'oignons est devenue une activité traditionnelle dont les pratiques, y compris la production de semences, sont transmises de génération en génération [1].Ainsi, le Niger est le premier exportateur d'oignons d'Afrique de l'Ouest, oignons particulièrement appréciés pour leur goût piquant et leurs qualités culinaires [1].Le nombre d'exploitations impliqués dans la culture d'oignon est estimé à plus de 184.000, ce qui équivaut à la création d'emploi pour plus 0,75 millions d'actifs agricoles dans les différentes régions du pays [2].La poussée démographique et la pression sur la terre aidant, l'intensification va en progressant et le paysage agraire traditionnel manuel est progressivement modifié par une irrigation motorisée et le recours à des doses massives en engrais chimique [3].Cette tendance à des apports d'engrais chimique disproportionnés pouvant aller jusqu'à 4 fois les doses recommandées [3] n'est pas sans danger pour l'homme et son l'environnement [4].Ainsi, de nombreuses études ont montré les effets négatifs des engrais minéraux à long terme sur la fertilité du sol à travers notamment leur effet acidifiant sur le sol [5].Face à cette situation, la culture maraîchère doit s'orienter vers la gestion intégrée de la fertilité des sols. Cette gestion peut s'effectuer à travers la diminution des doses d'engrais apportées et l'utilisation des ressources locales et des fertilisants organiques tels que le fumier et le compost [6].Cette matière organique utilisée depuis longtemps dans les systèmes de culture paysans à cause de multiples raisons telles que l'optimisation de l'utilisation de l'eau et la bonification des terres de culture est faiblement intégrée dans les systèmes de culture d'oignon [7].D'autres chercheurs associent la matière organique pour l'amélioration de la croissance des cultures, l'augmentation des rendements et le renforcement de l'aptitude au stockage et à la conservation des récoltes ([8]; [9]). L'Inadaptation des techniques de fertilisation, des doses appliquées sont des défis à relever afin d'améliorer le rendement et la qualité du bulbe d'oignon [10]. L'objectif de la présente étude est d'apprécier l'association NPK et compost à différentes doses et ses effets sur la production de l'oignon du Niger: cas de la variété violet de Galmi.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE EXPÉRIMENTAL

Le site expérimental de Saga (figure1) est situé à "Kaffa koira". Le site est localisé dans la commune II Niamey entre la latitude nord 13°27"36,34236', la longitude 2°9"28,05804, et l'altitude 210,7m de précision 8,18m. Le choix de ce site se justifie par les conditions environnementales similaires aux zones de culture de l'oignon (Les sols sont sablo-limoneux...) pour assurer une expression des caractères agro-morphologiques de la variété violette de Galmi.



Fig. 1. localisation du site expérimental

2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complètement randomisé constitué de trois répétitions et de six traitements dont un traitement témoin (T0). Est considéré comme traitement témoin, le traitement utilisé dans la fiche de vulgarisation paysanne. L'affectation des traitements dans le dispositif a été faite par un tirage aléatoire bloc par bloc. La parcelle élémentaire est une planche de 2,0 m de long sur 1 m de large soit 2 m^2 de surface. Le nombre total des parcelles est 18 réparties en trois blocs (6 x 3 blocs). L'écart est de 0,5 m entre les planches et de 1 m entre les blocs. Les plants d'oignon ont été repiqués suivants les écartements de 30 cm entre les lignes et 20 cm entre les plants (30 cm x 20 cm). L'écartements entre les premiers plants et les bordures est de 5 cm. La **Figure 2** schématise le dispositif de l'essai. Les formulations des traitements sont consignées dans le tableau 1.

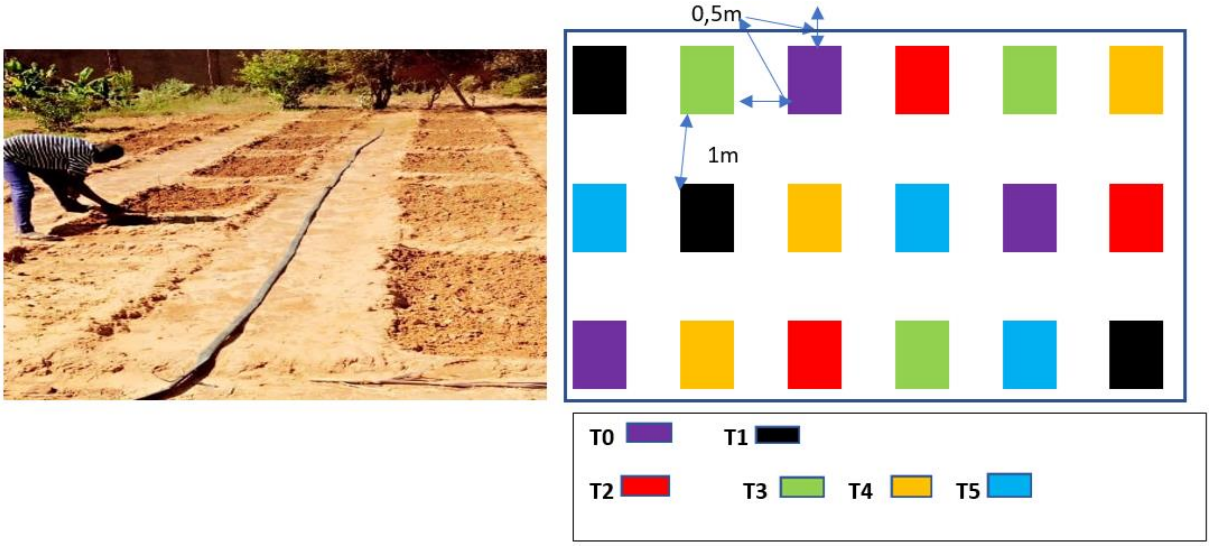


Fig. 2. plans du dispositif expérimental

Tableau 1. Traitements appliqués aux expérimentations et leur formulation

Traitements	Formulations des fertilisants
T0 (témoin) *	300kg/ha de NPK + 20t/ha de compost**
T1	200kg/ha de NPK
T2	100kg /kg de NPK + 20t/ha de compost
T3	300kg /ha de NPK + 10t/ha de compost
T4	300kg /ha de NPK + 5t/ha de compost
T5	300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost

**: Dose utilisée par l'Institut de la Recherche Agronomique du Niger lors des expérimentations et dans les fiches techniques **: fiente de volaille plus déjection animale*

2.3 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué des semences graines de la variété violet de Galmi du Niger. Le choix de cette variété est fait sur la base de quatre critères:

- Saveur piquante,
- La précocité,
- L'excellente conservation.
- L'importance de la production au Niger.

Les engrais NPK (15-15-15) ainsi que du compost à base de la fiente de volaille et des déjections animales bien travaillé ont été utilisés dans cette étude.

2.4 CONDUITE DE L'ESSAI ET ENTRETIEN

L'essai a été conduit durant la campagne maraîchère de 2021-2022 dans le site expérimental de Saga dans communauté urbaine de Niamey. La variété « violet de Galmi » est semée en pépinière le 21 novembre 2021 en terre désinfectée au préalable avec un labour profond en exposant les mottes au soleil (à la chaleur) contre les maladies et les ravageurs de l'oignon et une meilleure prise en charge phytosanitaire des plantules ([11] cités par [10]). La levée des jeunes plants en pépinière a été générale 14 jours après semis soit le 5/12/ 2021. La préparation du sol (labour, émottage, confection des planches) a été faite le 4 janvier 2022 et le compost bien décomposé est apportée comme fumure de fond dans chaque parcelle en fonction des traitements. Les plantules d'oignon ont été repiquées le 6 janvier 2022, soit environ 45 jours après le semis. La fumure d'entretien (la fumure minérale le NPK (15-15-15) a été apportée en deux apports respectivement le 21 /01/2022 et le 4/02 /2022 en fonction aussi des traitements. Trois sarclages manuels ont été réalisés respectivement le 20 Janvier, 3 février et le 18 février 2022. La récolte a été effectuée le 30 mars 2022 lorsque les plants sont à 95% couchés.

2.5 OBSERVATIONS ET COLLECTE DES DONNÉES

Les observations et les collectes des données ont été faites dans chaque parcelle. 16 plants ont été choisis sur les lignes du milieu pour éviter les effets des bordures qui peuvent influencer les résultats. Les paramètres mesurés sont:

- La longueur des feuilles: elle a été mesurée chaque deux semaines à partir du stade tallage environ 21jours après repiquage;
- Poids des bulbes par carré de rendement: un carré de 1Mx1M est délimité et les bulbes sont récoltés et pesés.
- Poids de la biomasse par carré de rendement: un carré de 1Mx1M est délimité et les bulbes sont récoltés et pesés.
- Le nbre des bulbes par parcelle: les bulbes ont été comptés par parcelle.
- Les diamètres et la forme des bulbes: Un échantillon de 16 bulbes a été prélevé par parcelle après récolte. Les mesures des diamètres des bulbes ont porté sur 2 axes perpendiculaires D1 et D2. Le diamètre D1 (diamètre du bulbe à son point le plus large) représente l'axe qui relie les deux sommets et le diamètre D2 est l'axe perpendiculaire à D1 (Figure 3). La mesure des 2 diamètres perpendiculaires permet de déterminer la forme et la taille des bulbes. Les bulbes ont été classés en trois groupes selon la classification proposée par [12] et cité par [4] basée sur le rapport D1/D2:

  - Si D1/D2 < 1,24, la forme est ronde;
  - Si D1/D2 = 1,25, la forme est ovale
  - Si D1/D2>1,25, la forme est allongée

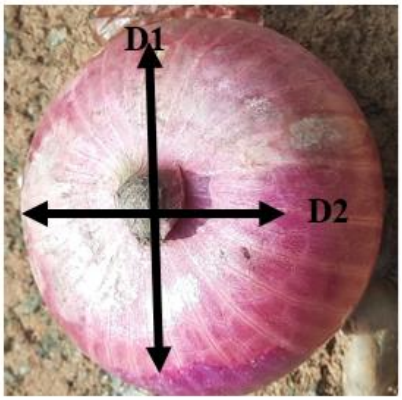


Fig. 3. imensions de l'oignon

2.6 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse de variance (ANOVA) a été effectuée avec le logiciel MINITAB.16 sur les données pour comparer les paramètres agro morphologiques entre les différents traitements. Le test de Tukey au seuil de 5 % a été utilisé pour la comparaison des moyennes deux à deux.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFET DES DOSES DE FERTILISANT SUR LA LONGUEUR DES FEUILLES EN FONCTION DES PÉRIODES DE DÉVELOPPEMENT ET PAR TRAITEMENT

Les résultats obtenus à la première collecte ont révélé que la dose des fertilisants utilisés n'a pas eu un effet hautement significatif (p › 0,001) par rapport au développement des plants de tous les traitements. A la deuxième collecte on constate un développement exponentiel des moyennes de longueurs des feuilles pour tous les traitements avec des légères différences. Ainsi les doses des fertilisants admises ont significativement agit sur les longueurs des feuilles des plants issus des traitements T4, T1, T2 et T3 (55.86±1.15, 55.581±0.925, 50.99±1.40 et 54.408±0.903) par rapport aux plants des autres traitements (T0 et T5). La moyenne des longueurs la plus faible a été enregistrée par les plants du traitement témoin T0 (49.81±1.71). A la troisième collecte seules les feuilles des plants du traitement T5 (56.28±1.3) ont subi une augmentation significative en longueur par rapport aux autres traitements dont les moyennes des longueurs sont restées sensiblement égales aux moyennes de la deuxième collecte (Figure 4).

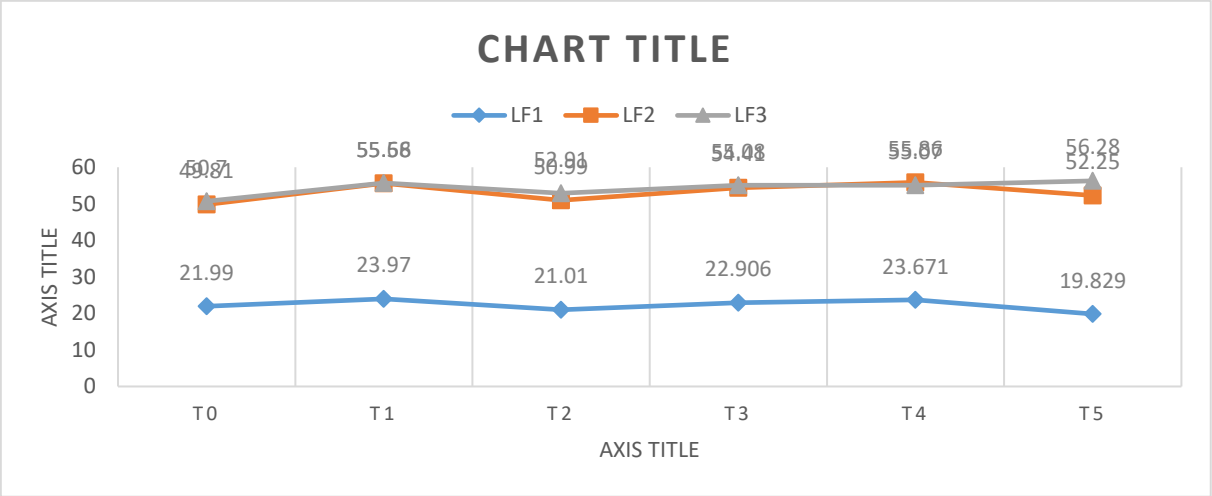


Fig. 4. longueurs des feuilles

T0: 300kg/ha de NPK + 20t/ha de compost; T1: 200kg/ha de NPK; T2: 100kg /kg de NPK + 20t/ha de compost; T3: 300kg /ha de NPK + 10t/ha de compost; T4: 300kg /ha de NPK + 5t/ha de compost; T5: 300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost

3.2 EFFET DES DOSES DE FERTILISANT SUR LE RENDEMENT EN BIOMASSE AÉRIENNE PAR TRAITEMENT

L'analyse de variance du rendement en biomasse aérienne des traitements étudiés, montre que la dose des fertilisants utilisés au niveau des parcelles du traitement T3 a eu un effet hautement significatif sur son rendement en biomasse (8.633±0.857t/ha) par rapport aux autres traitements. Le plus faible rendement a été enregistré au niveau des parcelles du traitement témoin T0 (5.57±1.84t/ha) (Figure 5).

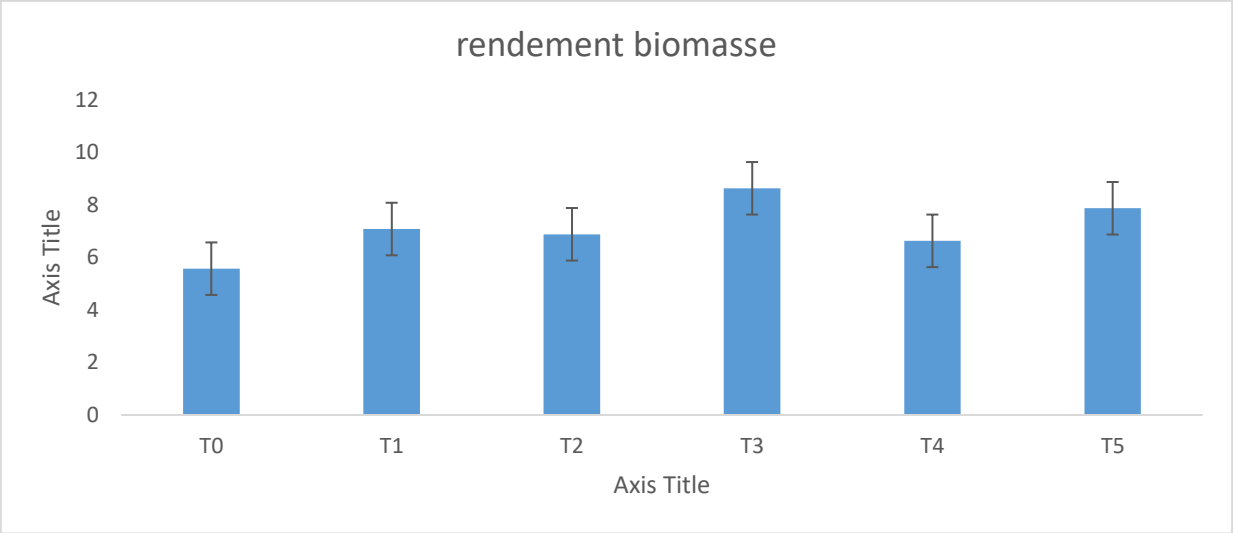


Fig. 5. Rendement en biomasse aérienne

T0: 300kg/ha de NPK + 20t/ha de compost; T1: 200kg/ha de NPK; T2: 100kg /kg de NPK + 20t/ha de compost; T3: 300kg /ha de NPK + 10t/ha de compost; T4: 300kg /ha de NPK + 5t/ha de compost; T5: 300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost

3.3 EFFETS DES DOSES DE FERTILISANT SUR LE RENDEMENT EN BULBES PAR TRAITEMENT

L'analyse du tableau 2 montre que les rendements en bulbes des traitements T2 (31,67±3,63), T3 (32,50±3,82) et T5 (35,00±7,50) sont statiquement plus élevés. La dose des fertilisants du traitement T2 a permis d'avoir un rendement significativement élevé (**31,67±3,63)** avec une dose d'engrais minéral (100kg de NPK) inferieure aux autres traitements. Ils sont statiquement similaires pour les traitements T4 (30,00±5,77) et T0 (30,00±5,00). Et significativement faible pour le traitement T1 (24,17±5,46).

Tableau 2. Rendement en bulbes

Traitements	Rendement (t/ha)
T0	30,00±5,00
T1	24,17±5,46
T2	31,67±3,63
T3	32,50±3,82
T4	30,00±5,77
T5	35,00±7,50

T0: 300kg/ha de NPK + 20t/ha de compost; T1: 200kg/ha de NPK; T2: 100kg /kg de NPK + 20t/ha de compost; T3: 300kg /ha de NPK + 10t/ha de compost; T4: 300kg /ha de NPK + 5t/ha de compost; T5: 300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost

3.4 EFFET DES DOSES DE FERTILISANT SUR LE NOMBRE DES BULBES PAR TRAITEMENT

La figure 6 présente l'effet des doses de fertilisant sur le nombre des bulbes. L'analyse des résultats nous montre que le nombre moyen de bulbes récolté a varié de 25,67 à 35,67 bulbes en fonction des traitements appliqués. Les parcelles ayant reçues les traitement T5 (300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost), T4 (300kg /ha de NPK + 5t/ha de compost), T3 (300kg /ha de NPK + 10t/ha de compost) et T0 (300kg/ha de NPK + 20t/ha de compost) ont enregistré des nombres des bulbes supérieurs respectivement 29,333bulbes, 33,67bulbes, 34bulbes et 35,67 bulbes. Des faibles quantités de bulbes ont été obtenu par les traitements T1 (28bulbes) et T2 (25,67bulbes).

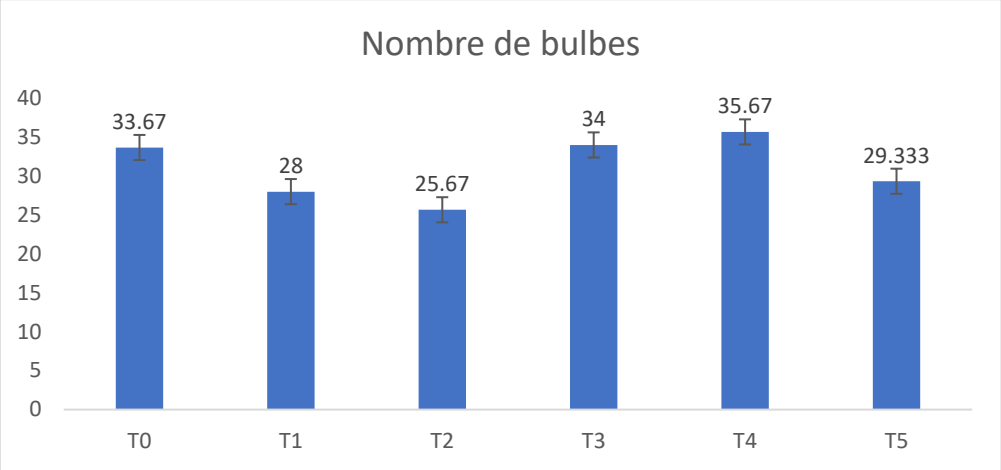


Fig. 6. Nombre des bulbes par traitement

T0: 300kg/ha de NPK + 20t/ha de compost; T1: 200kg/ha de NPK; T2: 100kg /kg de NPK + 20t/ha de compost; T3: 300kg /ha de NPK + 10t/ha de compost; T4: 300kg /ha de NPK + 5t/ha de compost; T5: 300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost.

3.5 EFFET DES FERTILISANTS SUR LE DIAMÈTRE, LA FORME ET LA COULEUR DES BULBES D'OIGNON

Le tableau 3 présente les résultats sur le diamètre, la forme et la couleur des bulbes en fonction des doses des fertilisants appliquées. L'analyse de ces résultats montre que les valeurs des diamètres D1 (diamètre du bulbe à son point le plus large) des bulbes ayant subi les traitements T3 (6,03±0,84), T2 (5,54±0,11) et T5 (5,33±0,20), T0 (5,27±0,12), et T4 (5,18±0,15) sont significativement plus grandes que les diamètres D1 des bulbes ayant obtenu le traitement T1 (5,06±0,14): Aussi les mêmes résultats ont été observés pour les valeurs des diamètres D2 avec T3 (4,34±0,13), T2 (4,33±0,13) et T5 (4,48±0,14) qui sont significativement plus grandes que celles des autres traitements. La valeur du diamètre D2, la plus petite a été observé au niveau du traitement T0 (3,86±0,09). Concernant la forme des bulbes, les résultats obtenus ont montré que les bulbes des traitements T0, T2, T3, et T4 présentent une forme ovale alors que les bulbes des traitements T1 et T5 ont une forme ronde. Les résultats obtenus ont relevé que les doses des fertilisants appliqués n'ont pas eu un effet significatif sur la couleur des bulbes à la récolte car l'analyse de la détermination de couleur par observation nous a permis de relever que les bulbes issus de tous traitements présentent une coloration unique et uniforme de violet claire (Tableau 3).

Tableau 3. Diamètre, forme et couleur des bulbes d'oignon

Traitements	D1	D2	D1/D2	Forme	Couleur
T0	5,27±0,12	3,86±0,09	1,36528497≥1,25	Ovale	Violet clair
T1	5,06±0,14	4,26±0,09	1,18779343<1,24	Ronde	Violet clair
T2	5,54±0,11	4,33±0,13	1,27944573≥1,25	Ovale	Violet clair
T3	6,03±0,84	4,34±0,13	1,38940092≥1,25	Ovale	Violet clair
T4	5,18±0,15	4,06±0,09	1,27586207≥1,25	Ovale	Violet clair
T5	5,33±0,20	4,48±0,14	1,18973214<1,24	Ronde	Violet clair

T0: 300kg/ha de NPK + 20t/ha de compost; T1: 200kg/ha de NPK; T2: 100kg /kg de NPK + 20t/ha de compost; T3: 300kg /ha de NPK + 10t/ha de compost; T4: 300kg /ha de NPK + 5t/ha de compost; T5: 300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost; D1: *diamètre du bulbe à son point le plus large*

4 DISCUSSION

Les résultats sur le développement végétatif des plantes pour tous les traitements sont croissant avec un allongement de la longueur et de la période pour le traitement T5 (300kg /ha de NPK + 15t/ha de compost) (56.28±1.3cm). La disponibilité des éléments minéraux N, P, K, S et Mg est un facteur favorable à l'élongation de l'oignon [13]. Ces résultats corroborent ceux de [14] qui ont trouvée des hauteurs croissantes de 10,11 cm à 51,70 cm avec les doses croissantes d'engrais minéral de 0 à 450 kg/ha. Le traitement T2 a enregistré une moyenne des longueurs de 52.91±1.53cm avec 100kg de NPK et 20t/ha de compost.

Ce résultat montre que le compost est riche en éléments minéraux tels que l'azote, le potassium, le phosphore [8]. Cette valeur enregistrée par T2 est proche de la valeur supérieure enregistré par T5 avec une triple dose de 300kg de NPK.

Le rendement obtenu pour tous les traitements se situe entre 24t/ha et 36t/ha. Avec un apport de 200kg/ha de NPK et de 10t/ha du compost, [15] ont eu un rendement de 22t/ha. Ce résultat est proche du résultat de notre étude pour le traitement T1 (24,17±5,46t/ha) avec une dose de 200kg/ha de NPK. Le traitement T2 a eu un rendement de 31,67±3,63t/ha avec une dose inferieure de NPK (100kg/ha) et une quantité de compost (20t/ha) égale à celle du traitement témoin T0 qui a enregistré un rendement inférieur (30,00±5,00). Selon [16], la fertilisation doit être mesurée et limitée pour avoir un excès d'azote. De plus, des questions de sauvegarde de l'environnement contre les risques de pollution du sol en nitrate et son accumulation dans les plantes [6] peuvent amener à ne pas suggérer une telle (300kg/ha de NPK) dose pour la production durable de l'oignon. Dans le même cadre d'idée, [8] ont montré en 2017 que les rendements de l'oignon augmentent avec l'augmentation des doses de compost.

Le nombre moyen de bulbes récoltés a varié de 25,67 à 35,67 pour les parcelles de $2m^2$ utilisé pour cette étude ce résultats est supérieur à celui de [10], avec un nombre moyen variant de 41 à 73,13 bulbes pour des parcelles de $6m^{2,}$ soit de 13, 66 à 24,37 bulbes /$2m^2$. Le traitement T2 (100kg /kg de NPK + 20t/ha de compost) avait enregistré le plus petit nombre des bulbes d'oignon violet de galmi mais avait obtenu un rendement satisfaisant de 31,67±3,63t/ha. En effet, l'application du biochar ou du fumier, en particulier dans les sols à faible teneur en matière organique, serait plus efficace pour réguler les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et améliorer la production agricole [17]. [8] dans leur étude ont obtenu des rendements respectifs très satisfaisants de 71,93t/ha, 88t/ha et 105,263t/ha avec des doses de compost de 10t/ha, 20t/ha et 30t/ha. L'utilisation du compost pourrait permettre à la fois l'augmentation durable des productions horticoles et la réduction de la pollution de l'environnement par les engrais chimiques [8].

Les valeurs des diamètres D1 (diamètre du bulbe à son point le plus large) des bulbes ayant subi les traitements T3 (6,03±0,84), T2 (5,54±0,11) et T5 (5,33±0,20), T0 (5,27±0,12), et T4 (5,18±0,15) sont significativement plus grandes que les diamètres D1 des bulbes ayant obtenu le traitement T1 (5,06±0,14). Ainsi, les diamètres de l'oignon récolté se situent entre 5,06±0,14 et 6,03±0,84cm selon les traitements, des résultats similaires (5,62±0,87cm) ont été obtenus avec un traitement de 200kg/ha de NPK plus 10t/ha de compost [15]. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par [10] et [6] avec des diamètres (diamètre du bulbe à son point le plus large) variant respectivement de 1 à 4,5cm et de 3,1851a±0,595 à 4,8961a±0,547 cm. Les résultats de cette étude peuvent être considérés comme satisfaisant pour tous les traitements dans la mesure où selon [[18] et [10]], la sélection du matériel végétal et les techniques culturales sont menées afin d'obtenir des bulbes de calibres 4-6 cm pour le Violet de Galmi. La plus petite valeur de D1 a été enregistrée par les bulbes du traitement T1 (200kg/ha de NPK), le simple apport du NPK peut constituer la cause de la croissance insuffisante des bulbes obtenus. Les bulbes des traitements T0, T2, T3, et T4 présentent une forme ovale, les bulbes des traitements T1 et T5 ont une forme ronde. Ce résultat ne montre pas que ces deux formes ont été influencées par les doses appliquées au niveau des différents traitements. La couleur des bulbes à la récolte est violet clair pour tous les traitements ce résultat pourrait être expliqué par le fait que les semences de la variété violet de Galmi utilisées sont pures car provenant du centre semencier de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN).

5 CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont montré que les rendements en biomasse (5.57±1.84t/ha) et en bulbes (30,00±5,00) enregistrés pour les traitements T0 font partis des faibles rendements enregistrés dans l'étude. Le traitement T2 avait donné des résultats satisfaisants avec seulement une dose de NPK de 100 kg/ha. Sur cette base, on peut admettre qu'une diminution voire la suppression de la dose d'engrais minéral et un apport suffisant de la fumure organique (environ 20 à 30t/ha) seront indispensable pour assurer un meilleur rendement (gros calibres et production) de l'oignon violet de Galmi. Les résultats obtenus à l'issue de cette étude montrent l'intérêt de valoriser les matières organiques comme fertilisant organique dans les systèmes de culture horticole en général et de culture d'oignon en particulier, afin d'accroître la productivité des sols agricoles et assurer leur exploitation durable.

REFERENCES

[1] M.P. Cortese, P. Karkare, M. Seini, J. van Seters. Étude sur la chaîne de valeur oignon au Niger. Rome, FAO. https://doi.org/10.4060/cb6908fr. 2021.

[2] MAG/EL. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage. Rapport d'évaluation de la campagne agricole d'hivernage et perspectives Alimentaires. 47p. 2020.

[3] D. OUSMANE Sani, G. YAJI et M. BARAGE. Irrigation et fertilisation de l'oignon (Allium cepa) dans la basse vallée de la Tarka. Annales de l'Université Abdou Moumouni, Tome XIV-A, pp. 13-25 pp. 2013.

[4] H. BORI. Caractérisation socio-économique, agromorphologique, physico-chimique et moléculaire du Souchet (C*yperus esculentus* L.*)* du Niger. THESE de Doctorat de l'université Abdou Moumouni de Niamey. 160p. 2020.

[5] M. P. SEDOGO. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité., Université Nationale de Côte d'Ivoire (1993), 285 p. 1993.

[6] J. SAWADOGO1, P. J. COULIBALY, F. J. BAMBARA, A. C. SAVADOGO, E. COMPAORE, J. B. LEGMA. Effets des fertilisants biologiques sur les paramètres physico-chimiques du sol et sur la productivité de l'oignon (Allium cepa L.) dans la région du Centre Ouest du Burkina Faso. Afrique SCIENCE 17 (6) ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net. PP.44 - 57 2020.

[7] M. MBAYE, E. FAYE, M. A. TOURE, A. BA. Analyse diagnostique de l'utilisation de la matière organique dans les systèmes de culture d'oignon (Allium cepa L.) de la vallée du fleuve Sénégal. *Afrique* SCIENCE. ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net. pp *136 – 149.* 2022.

[8] S. NGOM, I. DIEYE, M. B. THIAM, A. SONKO, R. DIARRA, K. DIARRA, M. DIOP. Efficacité agronomique du compost à base de la Biomasse du « neem » et de l'anacarde sur des Cultures maraichères dans la zone des niayes au Senegal. Agronomie Africaine 29 (3): 269 – 278pp. 2017.

[9] D. BON, L. DIALLO, J-M. SENE, S. SIMON, M. A. SOW. Rendements et pratiques des cultures maraîchères en agriculture biologique au Sénégal, Cahier Agriculture, 28 (2) X 9 p. 2017.

[10] A. GARANE, K. SOME, D. YONLI, M. TRAORE, M. SAWADOGO, J. NIKIEMA. Effets de la fertilisation minimale de l'oignon (Allium cepa L.) sur son enherbement et le rendement bulbes au Centre du Burkina Faso. Afrique SCIENCE. ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.info.Pp: 40-54.2018.

[11] R. M. DAVIS and B. J. AEGERTER., University of California Integrated Pest Management (UCIPM) Pest Management Guidelines: Onion Garlic, 30p. 2010.

[12] J. Morell, S. Barber. Chufa et Horchata: Caractéristiques physiques, chimiques et nutritives. Institut d'agrochimie et de technologie alimentaire. Espagne, Valence. 226 pp. 1983.

[13] W.V. TARPAGA, O.N.A. ROUAMBA, Z. TAMINI. Influence de la saison de production des bulbes et de la maturité des graines sur les caractéristiques physiologiques de la graine de l'oignon (Allium cepa L.), variété « violet de Galmi ». Journal of Animal & Plant Sciences. http://www.biosciences.elewa.org/JAPS; ISSN 2071 – 7024. 2011.

[14] S. BELLO, A. AHANCHEDE, G. AMADJI, G. GBEHOUNOU, N. AHO. Effet de la fumure minérale sur l'enherbement et la production de l'oignon (Allium cepa L.) au Nord-Est du Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6 (6): 4058-4070, ISSN 1991-8631. 2012.

[15] Z. A. HABOU, M. C. IBRAHIM, T. ADAM. Effet de l'azote sur l'aptitude à la conservation des bulbes d'oignon (Allium cepa L.). Int. J. Biol. Chem. Sci. 9 (6): PP. 2889-2896. 2015.

[16] J. SAWADOGO. Amendements organo-biologiques sur la production de la tomate «Une alternative à moindre coût pour la sécurité alimentaire en Afrique», Editions Universitaires Européennes, 49 pages. 2019.

[17] M.M. Mounirou. Effet comparé de la fertilisation à base de biochar, engrais organique et engrais chimique sur les éléments minéraux et la production de l'oignon (Allium cepa L.).EuropeanScientific Journal, ESJ, 18 (24), 47. https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n24p47.2022.

[18] K. J. N'GUESSAN. Atelier de formation sur la filière semences oignon, la production des semences d'oignon et le contrôle de qualité des semences. 10p. 1997.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 558-565
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Conception d'un tableau de bord et choix d'indicateurs pertinents: Cas du Laboratoire de Biochimie du CHU Ibn Rochd de Casablanca

[Design of a dashboard and choice of relevant indicators: The case of the Biochemistry Laboratory at Ibn Rochd University Hospital in Casablanca]

Wafaa Zerrouq[1-2], Mohamed Omari[1-3], Asmaa Morjan[1-2-4], and Nabiha Kamal[1-2-4]

[1]Laboratoire de biochimie, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Morocco

[2]Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Hassan II, Casablanca, Morocco

[3]Docteur en économie et gestion, Lauréat de l'Université Hassan II, Faculté des sciences juridiques économiques et sociales, Mohammedia, Morocco

[4]Laboratoire d'Immunologie Clinique et d'Immuno-Allergie (LICIA), Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Hassan II, Casablanca, Morocco

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

ABSTRACT: Through its involvement in a quality approach, the medical biology laboratory (MBL) seeks above all to satisfy the needs of its customers. The question is whether the production processes and improvements undertaken by the biologist are converging towards optimum performance. In order to do this, an effective evaluation process must be set up to assess the extent to which the MBL is meeting the requirements and objectives it has set itself. The aim of this paper is to identify the performance indicators of an MBL'S operational process and to develop a dashboard for evaluating its performance. For this study, we surveyed the literature to identify the various indicators used to measure business process performance. Once the indicators had been selected, we proceeded to contextualize and validate them by organizing a focus group. This focus group enabled us to add certain indicators and eliminate others, and to design a dashboard that offers a global and synthetic vision, and represents a turnkey solution for biologists to monitor laboratory activity in a quest for effectiveness and efficiency**.**

KEYWORDS: Medical biology laboratory, Business process, Performance measurement, Performance indicators, Quality management**.**

RESUME: A travers son implication dans une démarche qualité, le laboratoire de biologie médicale (LBM) cherche principalement à satisfaire les besoins de ses clients. La question est de savoir si les processus de production et les améliorations entreprises par le biologiste convergent vers une performance optimale. Pour ce faire, le LBM doit mettre en œuvre un processus d'évaluation efficace permettant de constater dans quelle mesure le LBM répond aux exigences et aux objectifs qu'il s'est proposé d'atteindre. L'objectif de ce papier est d'identifier les indicateurs de performance du processus métier d'un LBM et d'élaborer un tableau de bord permettant une évaluation de sa performance. Pour cette étude, nous avons fait un recensement des différents indicateurs de mesure de la performance du processus métier à partir de la littérature. Une fois les indicateurs sont sélectionnés, nous avons procédé à l'étape de leur contextualisation et validation en organisant un focus groupe. Ce focus groupe nous a permis d'ajouter certains indicateurs et d'éliminer d'autres et de concevoir un tableau de bord qui offre une vision globale et synthétique, et qui représente une clé en main pour les biologistes afin de contrôler l'activité du laboratoire dans une démarche de recherche d'efficacité et d'efficience.

MOTS-CLEFS: Laboratoire de biologie médicale (LBM), Processus métier, Mesure de la performance, Indicateur de performance, Gestion de qualité.

Corresponding Author: Wafaa Zerrouq

1 INTRODUCTION

Les laboratoires de biologie médicale (LBM) sont un maillot primordial dans la chaine de production de l'offre de soins. Ils sont connus par un grand rythme de production et par la diversité de leurs offres (examens de routine et spécialisés) [1]. Aujourd'hui, le client est devenu de plus en plus exigent en matière de la qualité dans un environnement concurrentiel. Pour ce faire le LBM doit converger tous ses efforts pour atteindre un grand niveau de performance. Par ailleurs, la maitrise et la mesure de la performance des LBM revêtent une place centrale, et les biologistes sont conviés à se doter d'outils pratiques d'évaluation de ses différents processus, particulièrement le processus métier avec ses trois phases (pré analytique, analytique et post analytique) [2], [3]. Il existe une panoplie d'outils managériaux à la disposition des managers, dont le tableau de bord [4]. La construction d'un tableau de bord adapté au contexte d'un LBM a pour but de présenter les informations nécessaires afin de décider des actions à mener pour améliorer la performance. Dans ce papier, nous cherchons à répondre à la problématique suivante: Quelle est la manière efficace pour concevoir un tableau de bord ? Et quels sont les indicateurs permettant de mesurer la performance du processus métier d'un Laboratoire spécialisé dans les analyses Biochimiques ?

L'objectif est de présenter une démarche pour élaborer un tableau de bord adapté au contexte du laboratoire de Biochimie du CHU Ibn Rochd de Casablanca, qui sera constitué de différents indicateurs proposés.

2 REVUE DE LITTERATURE SUR LA METHODOLOGIE DU CHOIX D'INDICATEURS ET DE CONSTRUCTION D'UN TABLEAU DE BORD.

2.1 CHOIX DES INDICATEURS

La norme IS0 8402 définit l'indicateur comme étant une « information choisie, associée à un phénomène, destinée à en observer périodiquement les évolutions au regard d'objectifs préalablement définis » [5]. Il s'agit d'une information recueillie régulièrement sur la situation d'une action entreprise, sur le fonctionnement d'un processus de travail, ou sur l'évolution d'un phénomène. Les indicateurs doivent être SMART: spécifique, mesurable, atteignable, réaliste et temporel [6].

Il y'a différentes catégories d'indicateurs, on cite entre autres [7]:

- Indicateurs de production des activités / Indicateurs de résultat: ils indiquent une valeur quantitative à un moment donné, permettant d'évaluer le résultat atteint par rapport aux prévisions ou l'évolution progressive dans le temps. Parmi les indicateurs de résultats les plus répondus dans un LBM, nous avons la lettre clé B dans la nomenclature des actes de biologie médicale et le nombre d'actes réalisés.
- Indicateurs de processus ou indicateurs d'amélioration ou encore indicateurs de pilotage: ils permettent de mesurer la performance des activités qui composent les différents processus. Ceci pourrait constituer une base de réflexion sur les actions à mener pour améliorer la qualité des processus.
- Indicateurs de satisfaction : qui permettent de mesurer et évaluer la qualité du service fournis aux clients par le laboratoire.

2.2 CONSTRUCTION DE TABLEAU DE BORD

Le tableau de bord est un regroupement d'indicateurs sélectionnés pour représenter synthétiquement l'activité. C'est un outil de synthèse qui permet de visualiser les évolutions d'un indicateur et de déclencher des actions correctives. La présentation des tableaux de bord doit être lisible et interprétable, adaptée aux besoins de gestion du laboratoire [8]. La présentation des indicateurs doit faciliter l'interprétation du tableau de bord. Selon la nature de l'information, les indicateurs sont présentés sous forme numérique, graphique, avec ou sans commentaire, avec ou sans l'historique. Plusieurs auteurs ont contribué à la réflexion sur la construction d'indicateurs et la conception de tableaux de bord efficaces. Leurs travaux peuvent être une excellente ressource pour approfondir les connaissances dans ce domaine. En effet, [9] ont développé un tableau de bord dit équilibré. [10] a identifié les indicateurs clés de performance (KPI) essentiels pour la gestion d'une organisation et de leurs utilisations dans la conception d'un tableau de bord. En effet, il explique pour chaque KPI sa signification, son objectif, ainsi que la manière de le calculer et de l'interpréter. [11] a exploré les différentes étapes de construction d'un tableau de bord de performance efficace, y compris la sélection et la conception des indicateurs appropriés. [12] dans son oeuvre "Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data" a mis la lumière sur la conception visuelle des tableaux de bord, en mettant l'accent sur la présentation claire et efficace des indicateurs pour faciliter la prise de décision. Finalement, [13] a offert des conseils pratiques sur la manière de concevoir des visualisations de données pour les tableaux de bord, y compris le choix des indicateurs pertinents et leur représentation graphique.

La conception d'un tableau de bord suit plusieurs phases articulées autour des éléments suivants [14]:

- Identifier la mission et les objectifs de l'organisation en élaborant un organigramme précisant les responsabilités et le champ d'intervention de chaque manager.
- Sélectionner les indicateurs reflétant l'évolution des valeurs clés.
- Maîtriser les variables du tableau de bord pour la réalisation efficace des objectifs.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 DESIGN DE L'ÉTUDE

Pour la méthodologie retenue dans le cadre de notre travail, nous avons commencé par récolter, à partir de la littérature, les différents indicateurs de mesure de la performance du processus métier d'un LBM.

Une fois les indicateurs sont sélectionnés, nous avons procédé à l'étape de leur contextualisation et validation, en organisant un focus groupe avec la participation de dix personnes travaillant dans le laboratoire de Biochimie du CHU Ibn Rochd de Casablanca. Les participants avaient des profils différents: Biologistes, Résidents, Techniciens et Ingénieurs. Ce focus groupe nous a permis d'ajouter certains indicateurs et d'éliminer d'autres et de concevoir un tableau de bord qui offre une vision globale synthétique.

3.2 LIEU D'ÉTUDE

Un LBM est une organisation spécialisée qui effectue des tests et des analyses sur des échantillons biologiques, tels que le sang, l'urine, les fluides corporels, afin de diagnostiquer, de surveiller et de traiter les maladies.

Le processus métier d'un LBM comporte trois phases:

- Phase pré-analytique: Ensemble des étapes depuis le prélèvement jusqu'au prétraitement des échantillons.
- Phase analytique: Etape de l'analyse et la validation technique des résultats.
- Phase post-analytique**:** Interprétation et communication des résultats.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

A travers notre étude, nous avons classé les indicateurs par phase du processus métier afin de les inclure dans un tableau de bord.

4.1 INDICATEURS

4.1.1 PHASE PRÉ-ANALYTIQUE

La pré-analytique représente la première phase du processus métier d'un LBM, il s'agit d'une étape cruciale qui représente 57 % du temps pris pour l'analyse de l'échantillon, et elle est à l'origine de 85 % des erreurs qui pourraient affecter la validité des résultats des patients [15].

A. INDICATEURS DE LA DEMANDE D'ANALYSE

Le bon de prescription des analyses doit contenir les informations nécessaires pour une identification univoque du patient et du prescripteur. Il doit également comporter les informations facilitant l'interprétation des résultats telles que le type d'échantillon, le site de prélèvement, la date et l'heure de prélèvement, et surtout les renseignements cliniques (Diagnostic éventuel, traitement en cours...). Enfin le bon d'examen doit contenir les informations administratives requises pour la facturation du laboratoire. Toutes ces informations doivent être lisibles afin d'éviter tout risque d'erreur dans leurs transcriptions dans le système informatique du laboratoire [16].

B. INDICATEURS DE NON-CONFORMITÉS DES PRÉLÈVEMENTS

La vérification de la conformité des échantillons doit être réalisée selon une procédure précisant les critères d'acceptation et de rejet des échantillons (nature des tubes, volume, horaire, température de transport...). Tout prélèvement ne répondant pas à ces critères doit être rejeté et tracée [17].

C. INDICATEURS DE GESTION DES URGENCES

Le laboratoire doit réserver un circuit particulier des demandes urgentes de ses patients. Ce circuit doit être standardisé à travers une procédure spécifique qui décrit les modalités particulières de gestion de ces demandes (étiquetage particulier, circuit spécifique...) et permet de s'assurer qu'il respecte les délais convenus de rendu des résultats [18].

4.1.2 PHASE ANALYTIQUE

La phase analytique représente le processus technique, comportant l'exécution de l'analyse et la validation technique qui doit être effectuée par le personnel technique sous la responsabilité du biologiste, après avoir vérifié et validé les indicateurs de bon fonctionnement de l'équipement biotechnique et des résultats du contrôle de qualité (interne, externe et interne externalisé), ces derniers représentent un socle de calcul des différents indicateurs de vérification de la performance analytique.

Parmi les indicateurs de performance de cette phase, on peut citer:

A. FIDÉLITÉ

La fidélité est l'étroitesse de l'accord entre les valeurs mesurées d'une série de prises d'essai d'un même échantillon dans des conditions bien spécifiées. Elle peut être évaluée à trois niveaux: la répétabilité, la fidélité intermédiaire et la reproductibilité.

- Répétabilité: Etroitesse de l'accord entre des résultats obtenus sur des échantillons d'essai identiques dans les mêmes conditions: même laboratoire, même méthode, même opérateur, utilisant le même équipement et pendant un court intervalle de temps.
- Fidélité intermédiaire: Etroitesse de l'accord entre des résultats obtenus sur des échantillons d'essai identiques dans le même laboratoire, avec la même méthode, dans des conditions différentes (opérateurs, température, pression...) et pendant un intervalle de temps donné.
- Reproductibilité: Etroitesse de l'accord entre les résultats obtenus sur des échantillons d'essais identiques dans des laboratoires différents, avec des opérateurs et des équipements différents mais utilisant la même méthode [19].

Les résultats sont exploités en calculant la moyenne (m), l'écart-type (s) et le coefficient de variation (CV) des valeurs de chaque série**.**

$$m_{ii} = \frac{\sum x_i}{n} \qquad s_{ii} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - m)^2}{n-1}} \qquad CV_{ii} = \frac{s_{ii}}{m} \times 100$$

Fig. 1. Formule de calcul de la moyenne l'écart type et le CV.

B. JUSTESSE – BIAIS

La justesse exprime l'étroitesse de l'accord entre la valeur moyenne obtenue à partir des résultats d'essai répétés et une valeur de référence acceptée. Elle requiert la réalisation de plusieurs répétitions sur un échantillon connu. Le nombre minimal de répétition étant de deux. La justesse est quantifiée par une valeur algébrique appelée le biais. Le biais peut être absolu ou relatif [20].

Tableau 1. Expression de la justesse.

Justesse	Expression	Equation
Biais de justesse (absolu)	B	$\bar{\bar{y}}$-V
Biais de justesse (relatif)	B (%)	$b = \frac{\bar{\bar{y}}-V}{V} * 100$

Avec $\bar{\bar{y}}$: moyenne générale de toutes les mesures réalisées sur le même matériau de référence de valeur *V.*

C. EXACTITUDE

L'exactitude représente la proximité entre la valeur mesurée et la valeur de référence acceptée par le laboratoire « valeur vraie ». C'est la résultante de la somme des erreurs systématiques et aléatoires (erreur totale liée au résultat) [19].

D. ROBUSTESSE

La robustesse est la capacité d'une procédure analytique à donner des résultats constants et de rester non affectée par les variations délibérées des conditions opératoires.

E. INCERTITUDE GLOBALE

L'incertitude de mesure est un indicateur lié aux résultats obtenus d'une mesure, et qui détermine la dispersion des valeurs qui pourraient logiquement être mesurer. L'incertitude globale (en %) s'exprime ainsi [20]:

$$\frac{x - x\,ref + 2s}{x\,ref} \times 100$$

Fig. 2. Formule de calcul de l'incertitude globale

x: Moyenne de n mesures.
$x_{réf}$: Valeur vraie de la concentration.
s: Ecart-type des n mesures.

F. SPÉCIFICITÉ

La spécificité représente la capacité d'une procédure analytique quantitative à établir de manière claire et sans ambiguïté l'existence de la substance à analyser avec d'autres substances potentiellement présentes.

Une procédure qualitative est dite « spécifique » lorsqu'elle permet de garantir que le signal mesuré provient de la substance à analyser de manière spécifique. La spécificité est calculée sous forme de pourcentage par la formule suivante [19]:

$$Sp = \frac{NA}{NA + PD} \times 100$$

Fig. 3. Formule de calcul de la spécificité.

NA = accords négatifs= vrais négatif
PD = dérivation positives=faux positifs

G. SENSIBILITÉ

Nous distinguons deux types de sensibilité: la sensibilité diagnostique et la sensibilité analytique. La sensibilité diagnostique représente la probabilité qu'un teste donne un résultat positif sachant que le sujet est malade. Tandis que la sensibilité analytique est la plus petite quantité détectable d'analyte dans un échantillon (seuil/limite de détection (SD)). La sensibilité est calculée sous forme de pourcentage par la formule suivante [19]:

$$Se = \frac{PA}{PA + ND} \times 100$$

Fig. 4. Formule de calcul de la sensibilité

PA=accords positifs= vrais positifs
ND = dérivation négatives =faux négatifs.

4.1.3 PHASE POST-ANALYTIQUE

La phase post-analytique est une étape importante qui est à l'origine de plusieurs dysfonctionnements pouvant affecter gravement la prise en charge des patients. Ces erreurs témoignent généralement d'une organisation mal maîtrisée et/ ou de défauts de communication avec les cliniciens ou d'adaptation à leurs besoins. Cette phase comporte la validation biologique, le stockage du spécimen, l'expression des résultats et le comptes rendus d'analyses ainsi que la transmission des résultats [21].

A. INDICATEURS DE CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS

Après traitement les échantillons patients doivent être stockés dans des conditions garantissant leur stabilité pendant une durée déterminée. Cette durée dépend du laboratoire sauf pour les paramètres soumis à une réglementation.

B. SATISFACTION DU PATIENT

Les questionnaires sont les outils les plus utilisés pour évaluer la satisfaction des patients. Ces enquêtes peuvent aborder: la qualité de l'accueil, le délai d'obtention de rendez-vous et d'attente, la qualité de la prise en charge...

C. SATISFACTION DES CLINICIENS

La concertation avec les différents services cliniques est nécessaire pour améliorer les prestations du laboratoire. La relation avec ces services peut être considérée comme une relation client-fournisseur de prestation où le laboratoire est considéré comme fournisseur en réalisant un geste prescrit par un service clinique (client) [22].

La relation entre le laboratoire et les services cliniques peut être évaluée en réalisant auprès des services cliniques des enquêtes de satisfaction portant sur: le délai d'envoi des résultats, disponibilité de l'équipe [23]...

D. INDICATEURS DE DÉLAIS DE RÉALISATION

Cet indicateur concerne l'ensemble du processus métier du laboratoire. En milieu hospitalier, notamment dans les services d'urgences, les délais de réalisation des analyses de biologie ont une incidence évidente sur les délais de prise en charge des patients. À cet effet, il est nécessaire de juger et d'évaluer ces délais à intervalles réguliers et avec des critères judicieux, afin d'améliorer les prestations du laboratoire et de répondre à l'attente des services cliniques [24], [25]. Le délai de réalisation est obtenu par la moyenne des délais calculés entre l'heure de saisie du dossier et l'heure de la validation biologique du résultat [18].

4.2 TABLEAUX DE BORD

Tableau 2. Tableau de bord adapté à un LBM.

Indicateur	Valeur cible prédéterminée (cahier des charges)	Valeur obtenue à l'issue de la caractérisation	Conclusion (Ok, domaine d'application à revoir…)
PHASE PRE-ANALYTIQUE			
Nature des renseignements par prescription			
Nombre de bons d'examens sans et/ou avec renseignements			
Nombre de bons non conformes/jour			
Nature de critères de non-conformité			
Délai d'exécution			
PHASE ANALYTIQUE			
Répétabilité			
Fidélité intermédiaire			
Reproductibilité			
Biais			
Exactitude			
Robustesse			
Incertitude globale			
Spécificité			
Sensibilité			
PHASE POST-ANALYTIQUE			
Délai d'obtention de rendez-vous			
Délai d'attente			
Délai d'envoi des résultats			
Délais de réalisation			

Tous les indicateurs cités précédemment ont été intégrer dans ce tableau de bord dans lequel la valeur obtenue pour chaque indicateur est jugée par apport a une valeur cibles pour nous fournir une idée sur l'état de cet indicateur. Une fois le tableau de bord achevé, il est important de fixer la fréquence de la collecte des données nécessaires (calculs et mesure des indicateurs) afin de réaliser les mises à jour. Il s'agit d'une décision que prend la direction du service en s'alignant avec sa stratégie et sa vision. En effet ceci représente la limite classique du tableaux de bord [26].

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre l'accent sur l'importance d'évaluer la performance dans les LBM. A l'issue de ce travail, un tableau de bord contenant des indicateurs pertinents est conçu afin de fournir un suivi de la performance à travers l'évolution des différents indicateurs, facilitant ainsi toute prise de décision. Enfin il faut souligner que l'amélioration de la performance passe en premier lieu par l'implication et l'engagement de tous les intervenants (biologistes, techniciens, agent de service...). Cet engagement passe essentiellement par la motivation, la responsabilisation et la mobilisation de l'ensemble du personnel.

REFERENCES

[1] L. Omnés, Le plateau technique médical à l'hôpital, impacts et perspectives. Technologie Santé, ESKA., vol. 31: 10-3. France, 1997.

[2] F. Noguera, N. Canes, et H. Sbai, « Évolution des technologies et prospective des métiers : les nouveaux défis des organisations hospitalières. cas d'un groupement de laboratoires de biologie médicale d'un groupement hospitalier de territoire: », *Rev. Gest. Ressour. Hum.,* vol. N° 118, n° 4, p. 19-37, janv. 2021, doi: 10.3917/grhu.118.0019.

[3] H. NIA et M. OMARI, « Le processus d'évaluation de la performance hospitalière : Cas des Centres Hospitalo-Universitaires (CHU) au Maroc », *Rev. Int. Sci. Gest.,* vol. 2, n° 3, juill. 2020, Consulté le: 12 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://revue-isg.com/index.php/home/article/view/130.

[4] A. Hamid et B. Abderrahim, « Tableau de bord et pilotage de la performance dans les organisations publiques : cas ocp », 2019.

[5] AFNOR, « ISO 8402 1994 ISO », 1994. https://kupdf.net/download/iso-8402-1994-iso-definitions_58fa42e8dc0d607b44959eaa_pdf (consulté le 21 novembre 2021).

[6] S. B. Layeb, N. O. Aissaoui, C. Hamouda, F. Zeghal, H. Moujahed, et A. Zaidi, « Indicateurs de Performance et Tableau de Bord pour un Service d'Urgences d'un Centre Hospitalier Universitaire Performance Indicators and Dashboard for an Emergency Department of a Teaching Hospital », *Tunis. Med.,* vol. 99, 2021.

[7] A. Szymanowicz, M.-J. Neyron, N. Champagnon, M. Prefol, M.-O. Bourgne, et G. Massacrier, « Proposition de tableaux d'indicateurs utiles à la bonne marche d'un service de biochimie hospitalier », *Immuno-Anal. Biol. Spéc.,* vol. 23, n° 3, Art. n° 3, juin 2008, doi: 10.1016/j.immbio.2008.02.004.

[8] P. Voyer, *Tableaux de bord de gestion et indicateurs de performance,* 2e éd. Sainte-Foy, Québec: Presses de l'Université du Québec, 1999.

[9] R. S. Kaplan et D. P. Norton, The strategy-focused organization: how balanced scorecard companies thrive in the new business environment. Boston, Mass: Harvard Business School Press, 2001.

[10] B. Marr, *Key Performance Indicators (KPI).* Place of publication not identified: Pearson Business, 2012.

[11] W. W. Eckerson, Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business, 2nd ed. New York: Wiley, 2011.

[12] S. Few, Information dashboard design: the effective visual communication of data, 1st ed. Beijing ; Cambride [MA]: O'Reilly, 2006.

[13] A. Kirk, *Data visualisation: a handbook for data driven design*. Los Angeles London New Delhi Singapore Washington DC Melbourne: SAGE, 2016.

[14] M. Aib et O. Belmokhtar, « Conception d'un tableau de bord stratégique Application à l'activité amont d'une compagnie pétrolière », *Rev. Sci. Gest.,* vol. 243-244, n° 3, p. 121, 2010, doi: 10.3917/rsg.243.0121.

[15] N. BENZIANE, « Gestion de la phase pré analytique au laboratoire de biochimie de l'HMIMV », Thèse de Doctorat, Université Mohamed V, Rabat, 2011.

[16] É. Coatannoan et R. Talec, « Élaboration de tableaux de bord et choix d'indicateurs pertinents pour le plateau technique hospitalier », *ITBM-RBM,* vol. 21, n° 2, p. 113-120, avr. 2000, doi: 10.1016/S1297-9562 (00) 90014-7.

[17] K. Mohammadi, M. Khallass, A. Safi, H. Mohammadi, A. Douira, et A. Elmaaroufi, « Gestion des Non-Conformite du Processus pre-Analytique au Laboratoire de Biochimie (Institut Pasteur du Maroc) ».

[18] E. Masson, « Proposition de tableaux d'indicateurs utiles à la bonne marche d'un service de biochimie hospitalier », *EM-Consulte*. https://www.em-consulte.com/article/160062/proposition-de-tableaux-dindicateurs-utiles-a-la-b (consulté le 9 décembre 2021).

[19] « Guide de validation des méthodes d'analyses.ANSES.2015 ». Consulté le: 12 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/ANSES_GuideValidation.pdf

[20] « Lignes directrices relatives à l'utilisation d'estimations de la répétabilité, de la reproductibilité et de justesse dans l'évaluation de l'incertitude de mesure. ISO/TS 21748: Mars 2004. Paris : AFNOR, 2004 ».

[21] A. Perrin, S. Maurellet-Evrard, A. Vassault, F. Doucet-Populaire, et A. Szymanowicz, « Description et maîtrise du processus post-analytique en biologie médicale », *Ann. Biol. Clin. (Paris),* vol. 70, n° 1, p. 3-22, janv. 2012. doi: 10.1684/abc.2012.0669.

[22] A. Truchaud, T. Le Neel, H. Brochard, S. Malvaux, M. Moyon, et M. Cazaubiel, *Organisation des laboratoires. L'assurance qualité dans les laboratoires agroalimentaires et pharmaceutiques.,* Max Feinberg, Cd. Editions TEC&Dot. 2000.

[23] ANAES, « MANUEL D'ACCREDITATION DES ETABLISSEMENTS DE SANTE, Version Expérimentale », 2003.

[24] « Baudot-Visser G, Bouchene M, Coulhon MP, Duchassaing D. Indicateur qualité : création et mise en place d'un indicateur de délai. Options Bio 2002; (Suppl. 298): B11. » Consulté le: 9 décembre 2021. [En ligne]. Disponible sur: http://www.utc.fr/fim/films/qp01/supports/03a_MQ_M2_QP01_2007_GF_7_OCQ.pdf

[25] « Massacrier G, Szymanowicz A, Neyron MJ. Étude des délais de rendu des analyses de biochimie. Options Biol 2007; (Suppl. 389): 58. » Consulté le: 9 décembre 2021. [En ligne]. Disponible sur: http://www.utc.fr/fim/films/qp01/supports/03a_MQ_M2_QP01_2007_GF_7_OCQ.pdf

[26] J. Sebai, « L'évaluation de la performance dans le système de soins. Que disent les théories ? », *Santé Publique,* vol. 27, n° 3, p. 395-403, 2015. doi: 10.3917/spub.153.0395.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 566-571
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contrôle des ressources foncières: Modes d'accès et d'acquisition des terres agricoles des chefs de ménage féminin et masculin dans la région de Tahoua au Niger

[Controlling land resources: Ways in which male and female heads of household access and acquire farmland in the Tahoua region in Niger]

Moussa Dit Kalamou Mahamadou[1], Boubacar Soumana[2], Yamba Boubacar[3], and Lebailly Philippe[4]

[1]Département d'Agriculture en Zones Arides, Université d'Agadez, Institut Universitaire de Technologie, Agadez, Niger

[2]Département d'Economie et Sociologie Rurale, Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences Agronomiques, Niamey, Niger

[3]Département de Géographie, Niamey, Université Abdou Moumouni, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Niger

[4]Unité d'Economie et Développement Rural, Université de Liège, Gembloux Agro Bio Tech, Gembloux, Belgium

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

ABSTRACT: This article deals with the control of land resources through ownership, access and acquisition of agricultural land in the Tahoua region of Niger. It explains how male and female heads of household access and acquire agricultural land. It also looks at the availability of cropland and the size of farmland in rural areas. An analysis of 84 sample heads of household, 42 of them male and 42 female, showed that inheritance remains the dominant mode of acquisition, with 52% of households acquiring land. This is followed by purchase coupled with inheritance (19%) and rental (7%). Female heads of household rent (12% renters vs. 2.40% renters of agricultural land) and lend (4.80% vs. 2.40% of men). The analysis shows that the farmland available to households consists of fields and gardens. Male and female households have plots of varying sizes, up to 15 hectares for fields and 3 hectares for gardens. On average, female households have only 2 hectares of land, compared with around 6 hectares for male households. A comparison of average field sizes, using ANOVA analysis with Tukey's test, shows that the average areas owned by heads of households in different zones are not significantly different. The average is 4.39 ha in agricultural zones versus 3.07 ha in agro-pastoral zones.

KEYWORDS: Agricultural land, land resources, head of household, Tahoua, Niger.

RESUME: Ce présent article traite du contrôle des ressources foncières à travers la possession, le mode d'accès et d'acquisition des terres agricoles dans la région de Tahoua au Niger. Il explique la façon dont les chefs de ménage masculin et féminin accèdent et acquièrent la terre agricole. Il évoque aussi la disponibilité des terres de culture, les superficies des terres agricoles en milieu rural. L'analyse de 84 chefs de ménage échantillon dont 42 féminins et 42 masculins, a montré que l'héritage reste le mode d'acquisition dominant avec 52% des ménages. Il est suivi par l'achat couplé à l'héritage (19%) et de la location (7%). Les chef de ménage féminin louent (12% de locatrice contre 2,40% de locateur des terres agricoles) et prêtent (4,80% contre 2,40% des hommes). Il ressort de l'analyse que les terres agricoles dont disposent les ménages se composent de champs et de jardins. Il ressort que les ménages masculins et féminins ont des parcelles avec des superficies variables qui atteignent jusqu'à 15 hectares pour les champs et 3 hectares pour les jardins. Les ménages féminins ne disposent en moyenne que de 2 hectares de superficies contre environ 6 hectares pour les ménages masculins. La comparaison des moyennes des superficies des champs à l'aide d'une analyse ANOVA par le test de Tukey, montre que les moyennes des superficies détenues par les chefs de

Corresponding Author: Moussa Dit Kalamou Mahamadou

ménages en fonction des zones ne sont pas significativement différentes. Cette moyenne est de 4,39 ha en zone agricole contre 3,07 ha en zone agro pastorale.

MOTS-CLEFS: Terres agricoles, ressources foncières, chef de ménage, Tahoua, Niger.

1 INTRODUCTION

Le Niger est un pays sahélien qui fait face à multiple défi dont la recrudescence des années de sècheresse, la démographie galopante et le problème sécuritaire sur les frontières. La population nigérienne est estimée de nos jours à 26.000.000 d'habitants. A tous ces problèmes, la sécurisation devient indispensable dans ce contexte où la pression démographique est importante, aussi l'accès et l'acquisition au foncier semble de plus en plus difficile avec le morcèlement des terres agricoles par la succession et la pauvreté. Cette sécurisation du foncier rural est mise en œuvre au niveau national et matérialisée par le code rural. En milieu rural, dans la région de Tahoua les chefs de ménage agricoles ont des modes particuliers d'accès et d'acquisition des terres agricoles. La possession des superficies agricoles devient problématique. En bref, il y a eu différence dans la possession, l'accès et l'acquisition des terres agricoles entre les chefs de ménage féminin et masculin.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'étude a été réalisée dans la région de Tahoua; elle a permis d'investiguer 420 ménages à partir un échantillon stratifié suivant le poids démographique et les zones agro écologiques de la région. Afin de faire des comparaisons entre les chefs de ménage femmes et hommes sur la gouvernance des ressources foncières. Sur l'ensemble de l'échantillon, il se trouve qu'il y a 42 chefs de ménage féminin qui ont été ciblés auxquels nous avions tiré 42 ménages masculins pour former l'échantillon de 84 chefs de ménage. Les données ont été récoltées sur le terrain suite à une enquête diagnostique sur l'insécurité foncière et la pauvreté des ménages dans la région d'étude. L'analyse a été faite par le logiciel MINITAB pour le traitement des variables descriptives et l'analyse selon le test de la comparaison des moyennes par la méthode de Tukey pour comparer et distinguer la situation des ménages selon le sexe par rapport à la moyenne des superficies des terres agricoles.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Cette étude présente une analyse sur le mode d'accès aux terres agricoles et de contrôle des ressources foncières, la possession des terres agricoles des chefs de ménages par sexe, les superficies disponibles détenues par les deux groupes de ménages, le mode d'acquisition des terres agricoles. La disponibilité des terres selon les chefs de ménage et les zones agro-écologiques de la région de Tahoua. L'analyse de toutes ces données permettra d'apprécier la situation des ménages surtout féminins dans l'accès et l'acquisition des terres et d'autres ressources foncières.

3.1 L'ACCÈS AUX TERRES AGRICOLES ET LE CONTRÔLE DES RESSOURCES FONCIÈRES

Les successions, les litiges, les transactions, autres modes d'accès et toutes affaires relevant du foncier se règlent au niveau coutumier par les instances locales de décision et de gestion foncière à savoir, les chefs de ménages, le chef du village, les notables, les leaders religieux (l'Imam) et les sages du village. Ainsi, le père, chef de ménage peut décider de l'octroi d'une partie des terres de son vivant aux fils ainés émancipés mais jamais à la fille. Celle-ci doit attendre la mort de son père ou de sa mère pour hériter. Dans ces conditions, elle obtient la moitié de la part d'un garçon (frère) quel que soit son âge ou statut social. Les legs de terres par le père chef de ménage de son vivant sont parfois contestés par les autres ayants droits. Lorsqu'une telle situation arrive, le chef du village et l'iman interviennent pour éviter les conflits en reprenant le partage suivant le droit islamique. Lorsqu'un conflit foncier dépasse les compétences locales, il est transféré aux instances administratives supérieures à savoir le chef de canton, la gendarmerie, puis la justice. Toute transaction foncière doit être signalée au chef du village qui joue le rôle de président de la commission foncière de base où elle est mise en place. Le chef est toujours assisté par l'iman et par deux sages qui servent de témoins.

3.2 POSSESSION DES TERRES AGRICOLES DES CHEFS DE MÉNAGE PAR SEXE

En milieu rural, les ménages se distinguent par la possibilité d'accès et du contrôle du foncier. Les ménages vivent essentiellement des activités agricoles menées sur leur exploitation. Ainsi, la possession de terres est un critère de distinction sociale et d'acquisition d'une assise socio-économique dans ce milieu. La non possession des terres est l'un des critères

fondamentaux parmi d'autres (possession du bétail, de force de travail, de charrette...) de désignation des pauvres ou des vulnérables à l'insécurité alimentaire dans cette région d'étude. Le tableau ci-après fait ressortir la possession des terres des chefs de ménages par sexe en nombre et proportion, et selon qu'ils possèdent des terres ou pas.

Tableau 1. Possession des terres agricoles des chefs de ménage par sexe

Sexes du chef de ménage		Possession des terres		Total
		Possède	Ne possède pas	
Masculin	Nombre	42	0	42
	%	100%	0%	100%
Féminin	Nombre	40	2	42
	%	95,20%	4,80%	100%
Total	Nombre	82	2	84
	%	97,60%	2,40%	100%

Parmi les chefs de ménage interrogés, on rencontre ceux qui ne disposent pas de terre agricole. Ces ménages qui ne possèdent pas de terre sont essentiellement des ménages féminins, ils représentent 2,40% de l'échantillon et 4,80% des femmes comme l'indique le tableau... Cette catégorie se contente du prêt de terres, de troc de la force de travail contre des vivres, de l'achat de bottes et de dons par la chaine de solidarité (la zakat 48 par exemple). Ces ménages ont seulement un droit d'usage temporaire. Au sein de la première catégorie qui est celle des détenteurs des terres agricoles, on rencontre deux types d'exploitants agricoles à savoir les grands exploitants à grandes superficies (champs et jardin) qui sont souvent les chefs coutumiers (les premiers occupants) et les nantis du village (qui achètent des terres) et les petits exploitants à faible superficie et nombre restreint de champs. Ainsi on se rend compte de l'existence de trois types d'exploitant selon le mode de gestion des exploitations dont ceux qui ne possèdent pas de terre, ceux qui possèdent peu de terre et ceux qui possèdent beaucoup de terre. A part les types d'exploitant identifiés, il existe aussi trois types d'exploitation agricole détenus par ces différents exploitants. En effet, on distingue les exploitations agricoles communautaire ou villageoise, familiale, et individuelle.

Les terres villageoises ou communautaires sont gérées par l'autorité coutumière (chef du village ou du canton) et le conseil du village. C'est le chef coutumier qui affecte l'utilité communautaire (par exemple l'aire de pâturage, l'école, la case de santé...). L'exploitation agricole familiale concerne les terres lignagères qui sont gérées par le chef de lignage.

Enfin l'exploitation agricole individuelle se compose de champs individuels acquis soit par l'héritage, l'achat ou le don. Le chef de l'unité d'exploitation gère ces terres à sa guise et exerce un droit de propriété d'usage définitif. Depuis les années de sécheresses cycliques et l'explosion démographique, on assiste à l'éclatement des terres lignagères en terres individuelles de petite taille, suite au morcellement par l'héritage ou l'achat des terres. Parmi le groupe des chefs de ménage femme, 4,8% ne possèdent pas de terres. Ce problème d'accès à la terre pour les femmes est une réalité qui ne se limite pas à cette région d'étude. Il est en train de prendre de l'ampleur. L'institution internationale (ONU-femme) et d'autres auteurs qui traitent des questions foncières spécifiques à la femme en parlent. C'est ainsi que l'ONU-femme et ces auteurs dénoncent et soulignent ce problème en disant que « la situation des femmes est préoccupante sachant que leur accès à la terre et aux ressources est fondé non pas sur les titres ou les droits de propriété mais sur les droits d'usage ou l'usufruit, et que le contrôle de ces moyens appartient aux anciens de la communauté. Faute de patrimoine, elles risquent en outre de ne jouir d'aucun pouvoir de décision au sein du ménage ou de la communauté. L'une des conséquences directes de cette situation est que les femmes possèdent un cheptel plus réduit et des animaux de plus petite taille » [1]. Cette problématique sera abordée dans le point sur la possession du bétail. « Il leur appartient de soigner les animaux et de commercialiser les produits résultant de l'élevage, mais les décisions concernant les revenus et les dépenses relèvent du chef de famille de sexe masculin. L'absence de titres fonciers limite en outre la possibilité pour les femmes d'avoir accès au crédit. Lorsqu'elles ne disposent pas d'un revenu stable, il leur est difficile de nourrir leurs enfants » [1]. Si 100% des ménages dirigés par les hommes possèdent des terres, alors que 4,8% des ménages dirigés par les femmes ne possèdent pas de terres, cette situation fait ressortir une limitation de certains ménages femmes dans l'accès aux ressources foncières. Cette limitation d'accès pourrait avoir une origine dans les modes de gestion et d'acquisition des terres qui sont abordés ci-après.

L'accès à la terre et la propriété de ces ressources par les femmes rurales de la région de Tahoua ne sont pas effectives. Cette situation montre une prédisposition d'autres ménages féminins à l'insécurité foncière et à la pauvreté dans cette région.

Cela se confirme par les propos d'A. SEN, dans ses travaux sur les famines (1981). Celui-ci souligne l'importance des inégalités intrafamiliales dans la répartition des ressources, inégalités liées le plus souvent au genre [2]. C'est dans le même ordre d'idée sur cette inégalité de genre que CHARLIER et al. 2014a affirment que les systèmes coutumiers individuels sont moins favorables pour les femmes. En effet, dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest, les droits coutumiers sont à la base de la gouvernance foncière et sont rarement en faveur des femmes. CHARLIER et al. 2014a rajoutent aussi que les situations peuvent être complexes et différentes en fonction des régions et des pays et il n'est pas rare que se superposent plusieurs modes de gestion du foncier (religieux et traditionnel). Par exemple au Niger, le système foncier dépend encore largement des institutions coutumières (l'héritage reste le moyen de transmission familiale en privilégiant la voie patrilinéaire) même si l'enjeu de la terre se pose de manière différente d'une région à l'autre, ainsi qu'en fonction des ethnies [3].

3.3 SUPERFICIES DISPONIBLES DÉTENUES PAR LES DEUX GROUPES

Après avoir relevé la situation des chefs de ménage qui possèdent des terres agricoles, les investigations ont porté sur les superficies des terres agricoles disponibles détenues par chaque ménage. Ainsi, ce tableau fait ressortir les différentes superficies des terres agricoles (champs et jardins) dont disposent les deux groupes de chefs de ménage.

Tableau 2. Superficies des champs et des jardins des ménages par sexe (pour les 2 zones agro-écologiques confondues)

Sexe du chef de ménage	Type de terres	Sup.max (ha)	Sup. total (ha)	Moyenne sup. par ménage (ha)
Masculin	Champs	15	242	5,75
	Jardins	3	13	0,31
Féminin	Champs	15	87	2,07
	Jardins	3	3	0,07

Les terres agricoles dont disposent les ménages se composent de champs et de jardins. Il ressort que les ménages masculins et féminins ont des parcelles avec des superficies variables qui atteignent jusqu'à 15 hectares pour les champs et 3 hectares pour les jardins.

Les ménages féminins ne disposent en moyenne que de 2 hectares de superficies contre environ 6 hectares pour les ménages masculins. Ces résultats se confirment avec le test de comparaison des moyennes par la méthode de Tukey. L'ANOVA fait ressortir une comparaison de moyenne des superficies détenues par les ménages par sexe. Ainsi, le test donne un P= 0,000 < 0,05 d'où la différence entre les moyennes des superficies est très hautement significative (P < 0,001). Ce test confirme les résultats qui montrent une moyenne des champs d'environ 6 ha pour les hommes et 2 ha pour les femmes. Ainsi, les hommes possèdent presque le triple des superficies des terres agricoles (champs) que possèdent les femmes. On observe une grande disparité sur les superficies agricoles des ménages entre les deux sexes. Contrairement aux moyennes des superficies des jardins détenus par les deux groupes, les moyennes sont respectivement de 0,31 ha et 0,07 ha pour les CMH et CMF. Ces moyennes ne sont pas significativement différentes selon le test de la comparaison des moyennes par la méthode de Tukey (p=0,084 > 0,05). Certes, les CMH ont un peu plus des terres allouées au jardin que les CMF, mais la différence des superficies n'est pas statistiquement significative.

A partir des résultats précédents l'inégalité se dégage entre les chefs des ménages dirigés par les deux sexes différents. La comparaison des moyennes des superficies des champs à l'aide d'une analyse ANOVA par le test de Tukey, montre que les moyennes des superficies détenues par les chefs de ménages en fonction des zones ne sont pas significativement différentes. Cette moyenne est de 4,39 ha en zone agricole contre 3,07 ha en zone agro pastorale.

3.4 MODE D'ACQUISITION DES TERRES

Ce point a été abordé dans le chapitre quatre, il revient dans ce chapitre pour montrer la différence qui existe entre les groupes des ménages femmes et hommes dans le mode d'acquisition des terres. Rappelons ainsi que plusieurs modes de faire valoir de la terre existent dans cette région de Tahoua. Ainsi les ménages hommes et femmes acquièrent la terre en milieu rural par héritage, achat, location, don, prêt ou par le biais du mixage des modes d'acquisition.

Tableau 3. Différents modes d'acquisition des terres

Sexe		Modes d'acquisition												Total
		Sans terre	H	L	P	H-A	H-L	H-D	L-P	H-A-L	H-A-P	H-A-D	A-D	
M	N	0	21	1	1	9	2	1	0	4	1	1	1	42
	%	0	50	2,38	2,38	21,42	4,76	2,38	0	9,52	2,38	2,38	2,38	100%
F	N	2	23	5	2	7	2	0	1	0	0	0	0	42
	%	4,76	54,76	11,90	4,76	16,66	4,76	0	2,38	0	0	0	0	100%
Total	N	2	44	6	3	16	4	1	1	4	1	1	1	84
	%	2,40	52,40	7,10	3,60	19	4,80	1,20	1,20	4,80	1,20	1,20	1,20	100%

H: Héritage, L: Location, P: Prêt, D: Don, M: Masculin, F: Féminin

L'héritage reste le mode d'acquisition dominant avec 52% des ménages. Il est suivi par l'achat couplé à l'héritage (19%) et de la location (7%). Les CMF louent (12% de locatrice contre 2,40% de locateur des terres agricoles) et prêtent (4,80% contre 2,40% des hommes) plus les terres agricoles du fait de la taille réduite de leurs champs pour prétendre à des récoltes suffisantes et garantir leur sécurité alimentaire. Pourtant des études ont montré que «les femmes produisent 80% de l'alimentation mondiale, elles ne détiennent que 2% des terres [5]. Mais, « la pluralité des pratiques sociojuridiques selon les régions et les pays (droit constitutionnel, droit traditionnel et droit religieux) font que les femmes n'ont que des droits d'usage sur les ressources naturelles (terre, eau, forêts...), c'est-à-dire qu'elles n'en sont pas propriétaires. Parfois, elles ont la possibilité d'établir des droits sur une parcelle de terre par le biais de la location, du défrichage ou de l'achat. Le problème principal est donc celui de l'accès sur le long terme aux ressources naturelles et leur contrôle» [5]. Au contraire, les CMF achètent des terres moins que les CMH et ils ne bénéficient pas des dons de terres. Les chefs de ménages femmes (55%) héritent la terre plus que les chefs de ménages hommes (50%). Ces ménages féminins se contentent de la part inégale de l'héritage, de la location et du prêt des terres de culture. Cela prouve un accès inégal à la terre qui est la principale cause de l'insécurité foncière des ménages dirigés par les femmes.

Cette analyse se complète par celle de T. DJEDJEBI qui stipule que dans un contexte de raréfaction des terres de cultures due à la pression démographique, les femmes vivent de manière permanente en situation d'insécurité foncière. Cette insécurité est encore plus accentuée eu égard aux différentes sources de droits (moderne, coutumier et religieux) souvent contradictoires et même inappliquées, en ce qui concerne l'attribution des terres.

Nonobstant la loi, l'égalité des droits des hommes et des femmes à la terre agricole demeure encore aujourd'hui en milieu rural un horizon lointain. La femme n'accède que très difficilement à son héritage, les hommes trouvant toujours un chemin pour les dévier. En effet, les multiples contraintes, brimades et spoliations dont les femmes rurales sont victimes dans le cadre de l'exploitation de la terre en milieu rural peuvent être considérées comme l'une des entraves à une lutte efficace contre la pauvreté. Les femmes, ayant traditionnellement un second rang, se voient dépouillées de leur droit d'accès ou de contrôle de la terre et sont très souvent sans voix, ni voie de recours du fait de la méconnaissance des textes [6].

4 CONCLUSION

La situation des chefs de ménage femme prouve que d'accès et de contrôle de la terre agricole devient de plus en plus compliquée. Certaines pratiques religieuses éloignent les femmes de la question foncière. Ainsi, les femmes ne participent pas aux activités champêtres. Elles perdent la connaissance des pratiques agricoles et la notion de droit à la propriété. Ces ménages pratiquent la claustration des femmes et empêchent les femmes de participer à la production agricole en milieu rural. Autant de comportements des hommes qui écartent et éloignent les femmes de la compétition à l'accès aux ressources naturelles. Ces actes favorisent la déféminisation de l'agriculture, une forme organisée d'exclusion des femmes.

REFERENCES

[1] ONU-Femmes et al., 2011. cité par NATIONS UNIS 2012 /A/HRC/22/72.
[2] DROY I., 2012. Genre et agriculture familiale et paysanne, Regards Nord-sud, Débats entre mondes académiques du développement et de la formation. Colloque international, Université de Toulouse II-Le Mirail, France, 22-24 mai 2012. 23 p. SEN A. 2012. cité par I. DROY.
[3] CHARLIER S. et NUOZZI C., 2014. Agro écologie, plaidoyer pour une perspective de genre. Lutte contre la malnutrition et pour une souveraineté alimentaire, Le Monde selon les femmes, Bruxelles, 2014. 16 p. Dépôt légal: D/2014/7926-05, www.mondefemmes.org.
[4] CHARLIER S. et al., 2014. Gouvernance foncière au prisme du genre: Cas du Niger, du Sénégal, et de la Bolivie, inégalité de genre et gestion sociale des ressources.in GUETAT-BERNAR Hélène, 2014. « Féminin-Masculin: Genre et agriculture familiales » coordination. Nature et société, édition Quec, pp39-54.
[5] FAO, 2013 cité par CHARLIER et C. NUOZZI, 2014b. pp.7.
[6] DJEDJEBI T. et al., 2008. Renforcer la sécurisation foncière au Niger: émergence des partenaires pour soutenir le code rural. Niamey/Amsterdam; SNV-Niger/KIT, 28-29.
http://www.kit.nl/net/KIT_Publicaties_output/ShowFile2.aspx?e=1504, (24/02/2012).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 572-579
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude comparative de la chaleur massique du sable de rivière et du fleuve et son impact sur l'environnement

[Source river sand mass heat and river sand mass heat and its impact on the environment: A comparative study]

Alphonse Djesse MAMBU TUFUKAMA[1], Christoffer MWAMBA MPOY[2], and Giresse KABEYA Wa KABEYA[3]

[1]Professeur, Université Pédagogique Nationale (UPN), Kinshasa, RD Congo

[2]Doctorant, Université Pédagogique Nationale (UPN), Kinshasa, RD Congo

[3]Assistant, Université Pédagogique Nationale (UPN), Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: Some house building material med to be considered in order maintain the house climate and atmosphere.Sand beeng the most essential building material for brick laying columns, beams, plastering and paving, this material reats to temperature variation this causing some temperature. The specific heat being a characteristic propriety, it varies with a given sample of substance. The choice of one or other type of sand for house building contributis to home climate quality of factors.

KEYWORDS: Heat, mass, temperature, materials, climate.

RESUME: Certains matériaux utilisés dans la construction des maisons nécessitent une certaine considération dans le maintien du climat et de l'atmosphère de la maison.
Le sable étant l'élément essentiel (fabrication des briques, des colonnes, des poutres, crépissage, pavement,.), ce matériau réagit avec la variation de la température engendrant ainsi une certaine chaleur. La chaleur spécifique étant une propriété caractéristique d'une substance, elle varie, en général, avec la température, pendant que la capacité thermique correspond à un échantillon donné de la substance. Le choix de l'une ou l'autre qualité de sable pour la construction contribue aux facteurs qualitatifs du climat de la maison.

MOTS-CLEFS: Chaleur, masse, température, matériaux, Climat.

1 INTRODUCTION

L'augmentation de la température d'un corps provient de l'absorption de l'énergie. La variation de la quantité de chaleur dQ fait croître la température de dT.

Physiquement, *la capacité calorifique est l'aptitude d'un corps à absorber et à transmettre de la chaleur en milieu ambiant.*

Il représente le rapport d'une quantité infiniment petite de chaleur dQ reçue par un corps à l'accroissement correspondant dT de sa t°:

$$C^* = \left(\frac{dQ}{dT}\right) 1$$

Corresponding Author: Alphonse Djesse MAMBU TUFUKAMA

a. Quand on divise C^* par la masse du corps, on obtient la capacité thermique massique ou la chaleur spécifique massique ou chaleur massique *c*

$$\mathbf{c = \frac{C^*}{m}}$$

Unité: kcal /kg °C ou J/kg K

C'est la capacité thermique rapportée à l'unité de masse d'un corps càd la quantité d'énergie qu'il faut fournir à l'unité de masse d'un corps pur pour élever sa t° de 1°C.

C'est une grandeur physique mesurable qui caractérise la manière dont un échange de chaleur peut faire varier la température d'un corps.

b. Quand on multiplie c par la masse moléculaire M d'un gaz parfait, on obtient la chaleur spécifique molaire C ou la chaleur molaire

C = c M

C'est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 1 mole d'un gaz parfait pour élever sa température de 1 °C.

Unité: kcal / mole °C ou J /mole K

Mais la qualité du sable utilisé dans la construction influence t-elle les facteurs climatologiques d'une maison ?

Cette étude se propose de vérifier quantitativement les valeurs du sable fourni par certaines carrières de la RD Congo en formulant les hypothèses suivantes:

1. La qualité du sable dépend des carrières.
2. Le sable de meilleures qualités est favorable aux effets climatiques d'une maison.

2 ASPECT QUALITATIF

2.1 NOTION

Le sable est une matière solide granulaire, de dimension comprise entre 0,063 et 2 mm, constituée de petites particules provenant de la désagrégation de matériaux d'origine minérale ou organique. Les sables peuvent être très fins (diamètre des grains de 0,0625 à 0,125 mm), fins (de 0,125 à 0,25 mm), moyens (de 0,25 à 0,5 mm), grossiers (de 0,5 à 1 mm), ou très grossiers (de 1 à 2 mm).

2.2 ORIGINE

Le sable provient de l'érosion et de l'altération de roches riches en quartz (granites, gneiss) sous l'action de processus physiques (vent, eaux courantes) ou chimiques (action dissolvante de l'eau). Les vagues le déposent sur la plage et l'eau des océans ou rivières le mouille et le grappe parfois avec force.

2.3 TYPES

Il y a deux types de sable:

- Le sable naturel: provenant de l'eau des roches, des carrières extraites du sol en masse, ce sable de rivière comprend du silex ou du quartz.
- Le sable artificiel: obtenu par découpage ou broyage mécanique de roches, il est composé de grains aux aspérités.

2.4 COMPOSITION

Les grains de sable sont le plus souvent des grains du quartz (silice). Ce minéral est formé de silicium et d'oxygène de formule SiO_2. Il y a aussi d'autres composés comme Al_2O_3, Fe_2O_5, K_2O et $CaCO_3$ autour de 1 %.

2.5 QUELQUES PROPRIÉTÉS

La solubilité, l'acidité ou la basicité, la conductibilité électrique et le magnétisme. Il est réfractaire jusqu'à la température de 550 °C.

3 ASPECT QUANTITATIF

3.1 MÉTHODOLOGIE

La procédure consiste à prélever les échantillons du sable de deux sites et de déterminer leur chaleur massique.

Les sites choisis sont:

LA RIVIÈRE N'DJILI

La rivière N'djili est une rivière qui sépare deux communes de la ville province de Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo. Il s'agit des communes de Matete et de N'djili.



Photo 1: Cartographie de la commune de N'djili



Photo 2: Le sable de la rivière de N'djili



Photos 3 – 4: La rivière N'djili

LE FLEUVE CONGO AU NIVEAU DE LA COMMUNE DE MALUKU

Maluku est l'une de 24 communes de la ville de Kinshasa.



Photo 5: Cartographie de la commune de Maluku



Photo 6: Le sable du fleuve Congo à Maluku




Photos 7-8: Le fleuve Congo au niveau de la Commune de Maluku

Comme procédé:

- On chauffe une masse d'eau à une température et on la verse dans le calorimètre.
- On plonge une certaine quantité de sable dans le calorimètre et on prélève sa température.
- Après agitation, on prélève la température d'équilibre.

3.2 PRINCIPE THERMODYNAMIQUE: CONTACT DES CORPS

EQUILIBRE THERMIQUE

Lorsque deux corps isolés des t° différentes sont mis en contact, ils se mettent à la même température. Le corps ayant la t° la plus élevée cédera la chaleur que le corps à la t° la moins élevée gagnera jusqu'à l'équilibre thermique.

Lors du contact, on fait passer de l'énergie d'un corps à l'autre.

PRINCIPE DES ÉCHANGES

Quand deux corps A et B échangent la chaleur, la quantité cédée Q_p par l'un est égale, en valeur absolue, à la quantité gagnée Q_g par l'autre.

$$|Q_g| = |Q_p|$$

MÉLANGE DES FLUIDES

Par contact du mélange de deux corps à des températures différentes, il y a transfert de la chaleur: à l'équilibre thermique, les deux corps sont à la même température

$$T_{mél} = T_{équil.}$$

3.3 DESCRIPTION DES MATÉRIELS

- Une balance pour mesurer les masses des différents échantillons.
- Un thermomètre pour repérer les températures.
- Les béchers de 250 ml, 400 ml et 600 ml pour la quantité d'eau.
- Le réchaud de 625 w pour chauffer l'eau
- Le calorimètre de berthelot de valeur en eau = 37,5 cal/°c pour le mélange.

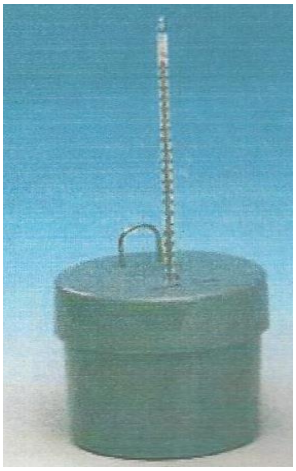


Photo 9: Le calorimètre de Bertelot

3.4 MANIPULATION

QUELQUES DONNÉES

- Masse d'eau dans le calorimètre: $\pm$ 200 g, 250 g, 300 g.
- Masse du sable: $\pm$ 200 g, 250 g, 300 g.
- Valeur en eau du calorimètre: 37,5 cal/°c.

LES RÉSULTATS

Tableau 1. Les résultats des expériences

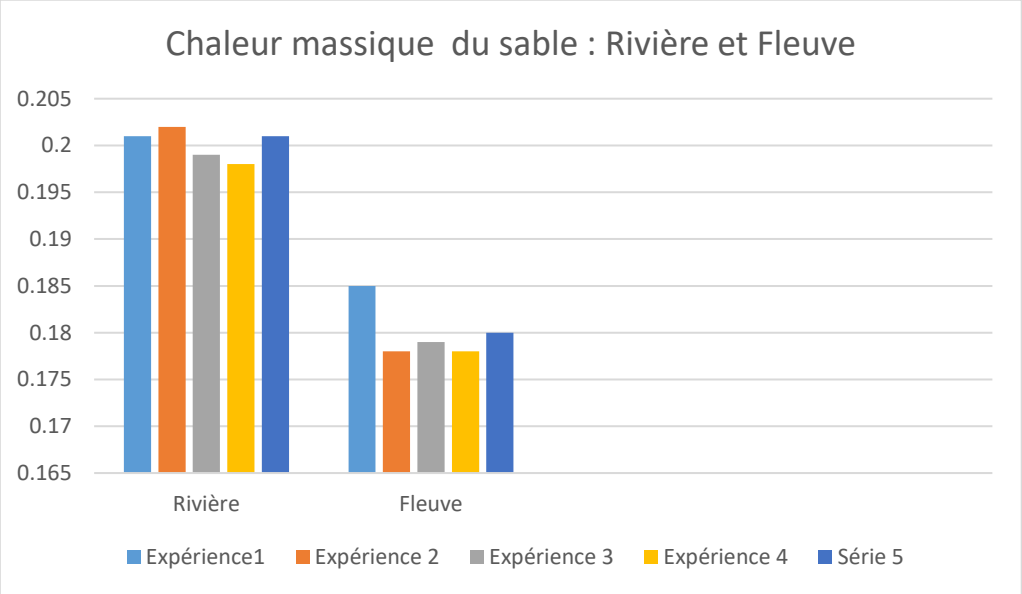
Milieux	**Rivière**		**Fleuve**	
Données	**Eau**	**Sable**	**Eau**	**Sable**
Expérience 1				
Masse	200 ml	200 mg	200 ml	200 g
Température	60 °C	32 ° C	60 °C	30 ° C
$T_{équil.}$	55,6 °C		56 °C	
Expérience 2				
Masse	200 ml	250 g	200 ml	250 g
Température	60 °C	32 ° C	70 °C	30 ° C
$T_{équil.}$	54,7 °C		63,6 °C	
Expérience 3				
Masse	250 ml	200 g	250 ml	200 g
Température	70 °C	32 °C	60 °C	30 °C
$T_{équil.}$	64,9 °C		56,7 °C	
Expérience 4				
Masse	300 ml	300 g	300 ml	300 g
Température	80 °C	32 °C	60 °C	30 °C
$T_{équil.}$	72,2 °C		55,8 °C	
Expérience 5				
Masse	300 ml	200 g	400 ml	250 g
Température	60 °C	32 °C	80 °C	30 °C
$T_{équil.}$	56,8 °C		75 °C	

3.5 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Partant de l'équilibre thermique, les calculs de la chaleur massique, en kcal/kg °C, donnent les résultats suivants:

Tableau 2. Valeurs de la chaleur massique

Expériences	Rivière	Fleuve
Expérience 1	0,201	0,185
Expérience 2	0,202	0,178
Expérience 3	0,199	0,179
Expérience 4	0,198	0,178
Expérience 5	0,201	0,180
Moyenne	**0,20**	**0,18**



On constate que la chaleur massique avoisine la valeur de 0,200 kcal/kg °C.

Celle du sable du fleuve Congo est un peu inférieure à celle de la rivière et sa capacité d'absorption de la chaleur en dépend.

3.6 HOMOGÉNÉITÉ DES RÉSULTATS

Le calcul des écarts-types donne:

$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5} (X_i - \bar{X})^2}{5}}$ = 0,00066 pour la rivière

= 0,0011 pour le fleuve.

On remarque une homogénéité des résultats car les écarts types sont faibles.

4 CONCLUSION

Le sable est l'un des principaux matériaux de construction (il entre notamment dans la composition du béton). Il constitue également la principale matière première de l'industrie du verre. Le sable est encore très utilisé en fonderie, où il est employé pour la réalisation des moulages. Par ailleurs, il intervient dans la fabrication de céramiques.

Etant donné la dépendance de sa chaleur massique d'un site à un autre, son choix a un impact sur les conditions climatiques à l'intérieur d'une maison. Ce qui vérifie notre hypothèse de départ.

Ainsi:

- Si l'on veut obtenir une résistance thermique intense pour les matériaux de construction de la maison, le sable du fleuve est approprié.
- Si l'on veut obtenir puissance thermique intense, c'est le sable de la rivière.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les laborantins du Département de Physique de l'Université Pédagogique Nationale pour la disponibilité dont ils ont fait montre lors des manipulations.

REFERENCES

[1] AHUKA, A. (2008), *Connaissance des matériaux.* EUA, Kinshasa, 256 p.
[2] BRAU, J. (2006), *Transfert de chaleur et de masse. Cours,* Paris, Université de Lyon, 165 p.
[3] BERTIN M et ALII (1989), *Thermodynamique,* 3 è édition, Paris, Dunod, 500p.
[4] MAURY, J P (1986), *Thermodynamique,* Armand Colin, Paris, 210 p.
[5] MAY M. (2000), *Toute la physique,* Vuibert, Paris, 190 p.
[6] SIVOUKHINE. (1982), *Cours de physique générale,* T III Mir, Moscou, 350 p.
[7] VERNIERN et EVEN-BEAUDOIN, C. (2020), *Thermodynamique,* Paris, Dunod, 209 p.
[8] WILLIAM D. CALLISTTER, Jr. (2001), *Science et Génie des Matériaux,* 5 è éd. Modulo, Québec. 230 p.
[9] ZANANIRI, C. (2002), *Les paris de la thermodynamique,* Paris, Ellipses Editions Marketing S.A, 240 p.
[10] MAMBU TUFUKAMA, (2020-2021), *Cours de thermodynamique,* Inédit, UPN, Kinshasa.
[11] MAMBU TUFUKAMA, (2022-2023), *Cours de Connaissance des matériaux,* Inédit, ISP, Kikwit, RDC.
[12] ANONYME, in http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/sable consulté le 23 août 2023.
[13] ANONYME, in http://physiqueréussite, fr/chaleur-et-temperature consulté le 12 septembre 2023.
[14] ANONYME, in http://tech-alim.univ-lille.fr/intro gia/co/ch01 01 html. consulté le 10 septembre 2023.
[15] ANONYME, in http://fr.wikipedia.org/wiki/conduction thermique consulté le 30 août 2023.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 580-587
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Vérification de la loi de fourrier dans la conduction thermique des métaux: Etude expérimentale

[Verification of Fourier's law in heat conduction of metals: Experimental study]

Alphonse Djesse Mambu Tufukama[1], Faustine Mafuta Mele[2], and Pierre Mbongompasi Mabe[3]

[1]Professeur, Université Pédagogique Nationale (UPN), Kinshasa, RD Congo

[2]Doctorant, Université Pédagogique Nationale (UPN), Kinshasa, RD Congo

[3]Doctorant, Institut Supérieur des Techniques Appliquées (ISTA), RD Congo

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

ABSTRACT: Heat always spread from the hottest part of a solid (high temperature) to the cold part (low temperature). However, the increase heat in this propagation decreases according to the influence of temperature variation along the surface and not according to the variation between the two points.

KEYWORDS: Heat tranfer, thermic variation, temperature gradient, metals, heat quantity.

RESUME: Dans les corps solides, la chaleur se propage toujours du point le plus *chaud* du solide (à hautes températures) au point le plus *froid* (à basses températures). Mais le flux de la chaleur transmise dans cette propagation décroissante est fonction de l'influence de la variation de la température le long de la surface et non de sa variation entre les deux points extrêmes.

MOTS-CLEFS: Transfert de la chaleur, variation thermique, gradient de température, métaux, quantité de chaleur.

1 INTRODUCTION

Le mécanisme de transfert de la chaleur dépend fortement de la température: en conduction et convection, cette dépendance met en jeu principalement les différences de température et peu le niveau de température. Par contre en rayonnement, l'importance des échanges est fortement liée au niveau de la température. Pour les solides homogènes où le seul phénomène est la conduction, la conductivité thermique dépend du matériau et varie avec la température. La conduction ne peut exister que s'il existe des écarts de températures. Lorsqu'on chauffe l'une des extrémités d'une barre métallique, la chaleur se transmet par conduction à l'autre extrémité plus froid. En 1822, le mathématicien français Joseph Fourier avait donné une précision mathématique de la conduction selon laquelle la vitesse à laquelle la chaleur est conduite dans un corps par unité de section est proportionnelle au gradient de la température du corps. Autrement dit: *la densité de flux est proportionnelle au gradient de la température.* Cette hypothèse étant phénoménologique, elle permet de décrire efficacement des phénomènes observés. Mais la quantité de chaleur à travers une barre métallique par unité de temps est-elle liée à la variation de la température ou à celle du gradient de la température ?

Cette étude se propose de vérifier quantitativement l'hypothèse de Fourier en formulant les hypothèses suivantes:

1. Le transfert de la chaleur dans les métaux vérifie la loi de Fourier.
2. Le transfert de la chaleur n'est pas fonction de la variation de la température.

2 ASPECT QUALITATIF

2.1 NOTION

La chaleur se propage toujours du corps le plus *chaud* au corps le plus *froid* càd la chaleur s'écoule des *hautes* températures vers les *basses* températures, sous l'influence d'un gradient de température (variation de la température le long de la surface).

La quantité de chaleur transmise sur une surface par unité de temps est le **flux de chaleur.**

$$\emptyset = \frac{dQ}{dt}$$

La théorie de la conduction repose sur l'hypothèse de Fourier: *la densité de flux est proportionnelle au gradient de la température:*

$$\varphi \sim \text{grad.T}$$

(et non à la variation de la température car l'énergie diffuse en se transmettant par collision successive et non en ligne droite).

La *densité de flux de chaleur* est la quantité de chaleur transmise par unité de temps et par unité d'aire de surface:

$$\varphi = \frac{1}{S}\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{S}\Phi$$

Le flux transmis est:

$\Phi = -\lambda . S . \text{grad.}(T)$ ou $\Phi = -\lambda . S . \frac{\partial T}{\partial x}$

Le gradient de la température représente la *baisse* de la température par unité de longueur:

$$\text{grad.}(T) = \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{T_2 - T_1}{L}$$

La quantité de chaleur ΔQ transférée d'une face à l'autre, pendant un intervalle de temps Δt est proportionnelle à l'aire S et au gradient de température.

La conduction est:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\lambda . S . \frac{T_2 - T_1}{L}$$

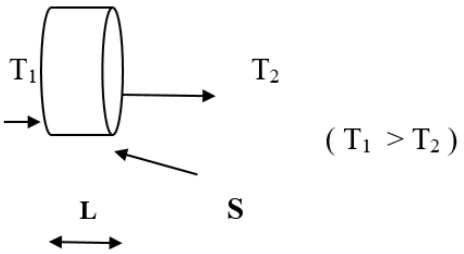


Fig. 1. Conducteur métallique

- *S* est l'aire de la section de passage du flux
- *L* est la variable d'espace dans la direction dd flux.
- λ: coefficient de conductibilité (*conductivité*) thermique ou conductibilité thermique (caractéristique du corps conducteur qui est l'aptitude d'un matériau à propager l'énergie microscopique). Elle représente la quantité de chaleur transmise par unité de temps à travers l'unité d'aire et normale à la surface, pour un gradient de température unitaire ou l'aptitude d'un matériau conducteur à transmettre la chaleur.

Le signe (-) traduit le fait que la chaleur va vers les températures décroissantes: de la température la plus élevée vers la température la moins élevée.

Unités:

λ en W/m K ou J/ m. s.°C ou cal/s.cm.°C

La loi de Fourier donne la relation entre la quantité de chaleur qui traverse une section perpendiculaire à la direction de propagation OX pendant l'intervalle de temps dt et le gradient de la température.

2.2 EQUATION DE LA PROPAGATION DE LA CHALEUR LE LONG D'UNE BARRE

Considérons un élément de la barre $x_2 - x_1 = \Delta x$ et T (x, t) la température dans la section de la barre d'abscisse x à l'instant t.

Selon Fourier

$$\Phi = - \lambda . S. \frac{\partial T}{\partial x}$$

La quantité de chaleur passant de la section d'abscisse x_1 et x_2 au cours du temps Δt

$$\Delta Q_1 = - \lambda \frac{\partial T}{\partial x}_{x=x1} S \Delta t \quad \Delta Q_2 = - \lambda \frac{\partial T}{\partial x}_{x=x2} S \Delta t$$

En appliquant le théorème de Lagrange à la différence $(\frac{\partial T}{\partial x}_{x=x1} - \frac{\partial T}{\partial x}_{x=x2})$ l'apport de la chaleur

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 \approx \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Delta x \, S \, \Delta t \quad (\Delta x \, S = \Delta V)$$

Cet apport est dépensé pour élever la température de la quantité ΔT:

$$\rho \, \Delta V \, c \, \Delta T = \rho \, c \Delta x \, S \frac{\partial T}{\partial t} \, \Delta t.$$

On obtient:

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Delta x \, S \, \Delta t = \rho \, c \Delta x \, S \frac{\partial T}{\partial t} \, \Delta t$$

D'où:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c\rho} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \text{ ou } \frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Équation de propagation de la chaleur

La solution de cette équation vérifie les conditions aux limites suivantes:

- $T (x, 0) = \varphi (x)$
- $T (0, t) = \Psi_1 (t)$
- $T (l, t) = \Psi_2 (t)$

Telles qu'aux extrémités de la barre pour x=0 et x=l, on maintient une température Ψ_1 (t) et Ψ_2 (t).

Donc les deux extrémités sont chaudes: la chaleur s'est propagée.

A trois dimensions:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \, \Delta T$$

3 ASPECT QUANTITATIF

La conduction thermique caractérise le transfert de chaleur d'un corps à un autre en contact physique avec le premier. Elle repose uniquement sur des vibrations d'atomes qui se transmettent de proche en proche ou sur la transmission d'électrons libres. La loi de Fourier traduit la relation existante, en chaque point d'un corps, entre le flux thermique et le gradient de température.

Cette étude se propose de vérifier cette hypothèse de façon expérimentale, avec des valeurs quantitatives.

3.1 MÉTHODOLOGIE

La procédure consiste à prélever les différentes valeurs de la température avec les deux thermomètres par la calorimétrie en variant l'épaisseur de la tige

3.2 DESCRIPTION DES MATÉRIELS

- Deux tiges métalliques en Cu et en Fe
- Deux calorimètres de valeur en eau 37,5 cal/°C.
- Un bécher pour mesurer la quantité d'eau
- Un agitateur
- Des thermomètres
- Un générateur
- Un chronomètre
- Des supports métalliques
- Un thermoplongeur
- Des thermocouples

EXPÉRIENCE AVEC LA TIGE DE CUIVRE

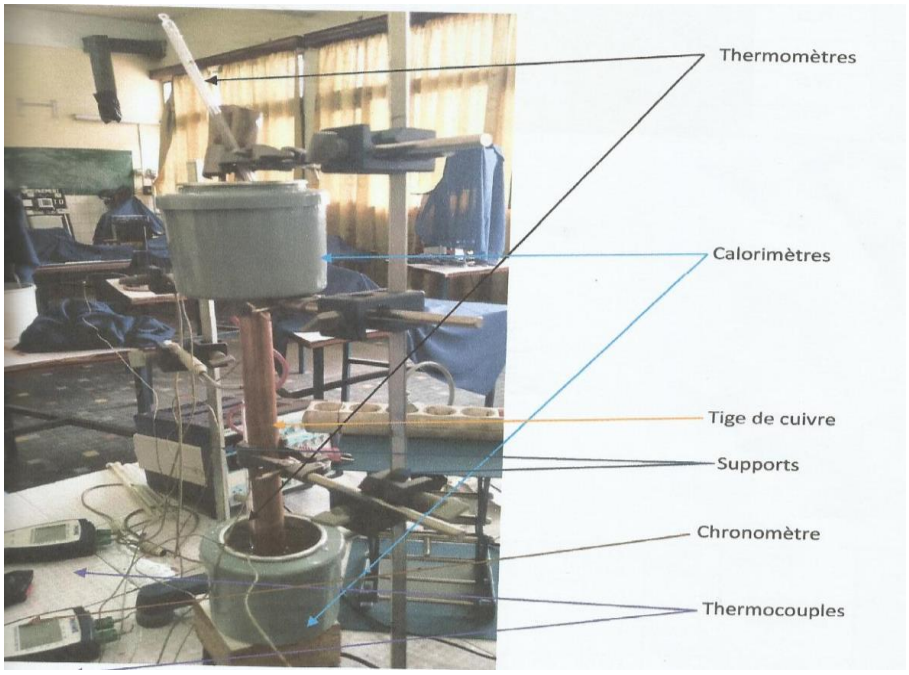


Photo 1: Montage expérimental avec la tige de cuivre



Photo 2: Tige expérimentale de cuivre

EXPÉRIENCE AVEC LA TIGE DE FER

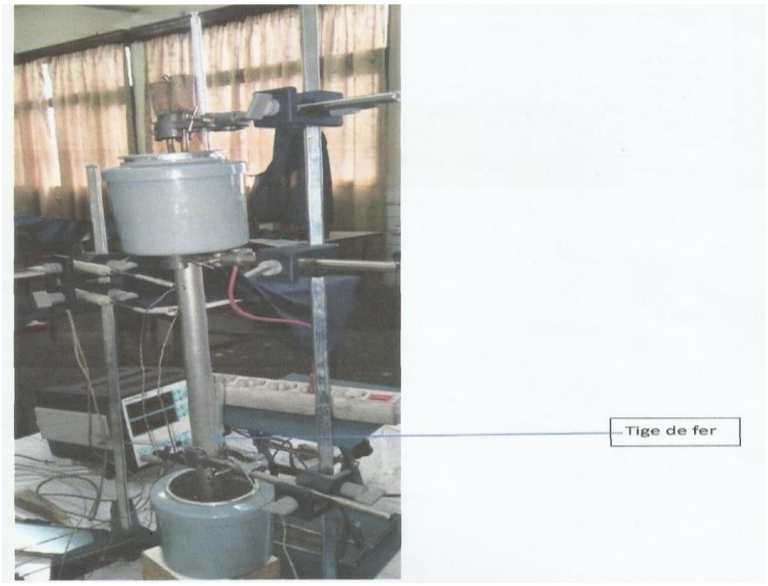


Photo 3: Montage expérimental avec la tige de fer

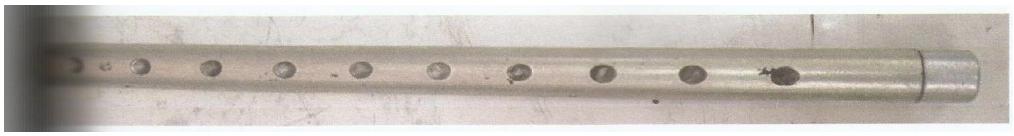


Photo 4: Tige expérimentale de fer

3.3 MANIPULATION

QUELQUES DONNÉES

- Quantité d'eau dans le calorimètre: $\pm$ 400 ml
- Longueur totale de la tige: $\pm$ 42,2 cm
- Diamètre de la tige: $\pm$ 2,7 cm
- S de la tige: $\pm$ 5,7 cm^2
- L'intervalle de temps: 5 minutes

LES RÉSULTATS

POUR LA TIGE EN CU

Pour l'épaisseur de 3,5 cm

Tableau 1. Températures de la tige de cuivre de 3,5 cm d'épaisseur

Expérience	T_i (°C) tige	T_f (°C) tige	ΔT (°C) tige	$\nabla T = \frac{T_2 - T_1}{\Delta L}$ K cm^{-1}	φ K s cm^{-2}
1	49,5	39,9	9,6	80,74	23,068
2	59,7	50,9	8,8	80,51	23,003
3	62,9	55	7,9	80,26	22,931
4	64,1	56	8,1	80,31	22,946

On remarque une homogénéité des résultats car les écarts types sont faibles.

$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} (X_i - \bar{X})^2}{4}}$ = 0,0269 pour φ

= 0,0946 pour ∇T

Les valeurs moyennes:

φ= 22,987 J s^{-1} cm^{-2}
∇T = 80,45 K cm^{-1}

Pour l'épaisseur de 7 cm

Tableau 2. Températures de la tige de cuivre de 7 cm d'épaisseur

Expérience	T_i (°C) tige	T_f (°C) tige	ΔT (°C) tige	$\nabla T = \frac{T_2 - T_1}{\Delta L}$ K cm^{-1}	φ K s cm^{-2}
1	**50,9**	**38,7**	**12,2**	**40,74**	**5,82**
2	**59,1**	**47,5**	**11,6**	**40,66**	**5,80**
3	**62,2**	**51,5**	**10,7**	**40,53**	**5,79**
4	**63,5**	**53,5**	**10**	**40,43**	**5,77**

Les valeurs moyennes:

φ=5,795 J s^{-1} cm^{-2}
∇T = 40,59 K cm^{-1}

Pour l'épaisseur de 10,5 cm

Tableau 3. Températures de la tige de cuivre de 10,5 cm d'épaisseur

Expérience	T_i (°C) tige	T_f (°C) tige	ΔT (°C) tige	$\nabla T = \frac{T_2 - T_1}{\Delta L}$ K cm^{-1}	φ K s cm^{-2}
1	**49,6**	**36,4**	**13,2**	**27,26**	**2,596**
2	**59,3**	**42,5**	**16,8**	**27,60**	**2,628**
3	**62,2**	**50,1**	**12,1**	**27,15**	**2,585**
4	**63,7**	**52**	**11,7**	**27,11**	**2,582**

Les valeurs moyennes:

φ=2,598 J s^{-1} cm^{-2}
∇T = 27,28 K cm^{-1}

POUR LA TIGE EN FE

Pour l'épaisseur de 3,5 cm

Tableau 4. Températures de la tige de fer de 3,5 cm d'épaisseur

Expérience	T_i (°C) tige	T_f (°C) tige	ΔT (°C) tige	$\nabla T = \frac{T_2 - T_1}{\Delta L}$ K cm^{-1}	φ K s cm^{-2}
1	**28,5**	**28,4**	**0,1**	**78,02**	**22,29**
2	**28,7**	**28,6**	**0,1**	**78,02**	**22,09**
3	**29,2**	**29**	**0,2**	**78,06**	**22,30**
4	**29,9**	**29,7**	**0,2**	**78,06**	**22,30**

Les valeurs moyennes:

$\varphi = 22{,}295$ J s^{-1} cm^{-2}
$\nabla T = 78{,}04$ K cm^{-1}

Pour l'épaisseur de 7 cm

Tableau 5. Températures de la tige de fer de 7 cm d'épaisseur

Expérience	T_i (°C) tige	T_f (°C) tige	ΔT (°C) tige	$\nabla T = \frac{T_2 - T_1}{\Delta L}$ K cm^{-1}	φ K s cm^{-2}
1	**28,6**	**28,2**	**0,4**	**39,05**	**5,578**
2	**29**	**28,6**	**0,4**	**39,05**	**5,578**
3	**29,3**	**29,2**	**0,1**	**39,01**	**5,572**
4	**30,1**	**30**	**0,1**	**39,01**	**5,572**

Les valeurs moyennes:

$\varphi = 5{,}575$ J s^{-1} cm^{-2}
$\nabla T = 39{,}03$ K cm^{-1}

Pour l'épaisseur de 10,5 cm

Tableau 6. Températures de la tige de fer de 10,5 cm d'épaisseur

Expérience	T_i (°C) tige	T_f (°C) tige	ΔT (°C) tige	$\nabla T = \frac{T_2 - T_1}{\Delta L}$ K cm^{-1}	φ K s cm^{-2}
1	**28,4**	**28,2**	**0,2**	**26,01**	**2,477**
2	**29,2**	**28,9**	**0,3**	**26,02**	**2,478**
3	**29,9**	**29,7**	**0,2**	**26,01**	**2,477**
4	**30,7**	**30,5**	**0,2**	**26,01**	**2,477**

Les valeurs moyennes:

$\varphi = 2{,}477$ J s^{-1} cm^{-2}
$\nabla T = 26{,}01$ K cm^{-1}

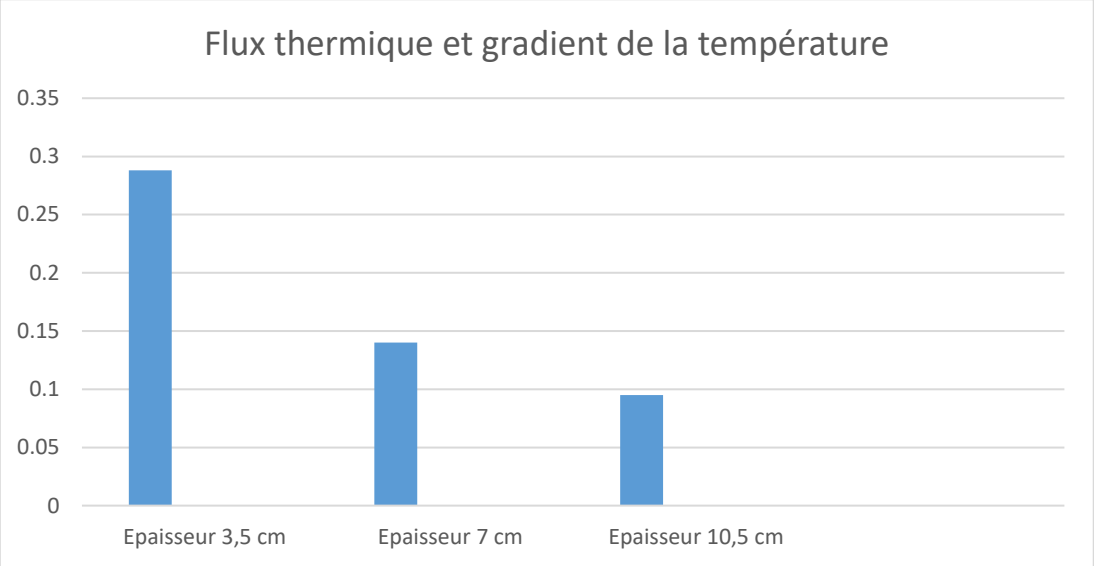
INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

- Avec l'épaisseur de 3,5 cm, la densité $\varphi = 0{,}285.\ \nabla T$ pour le cuivre.

  $\varphi = 0{,}285.\ \nabla T$ pour le fer.
- Avec l'épaisseur de 7 cm, la densité est $\varphi = 0{,}14.\ \nabla T$ pour le cuivre.

  $\varphi = 0{,}14.\ \nabla T$ pour le fer.
- Avec l'épaisseur de 10,5 cm, la densité est $\varphi = 0{,}095.\ \nabla T$ pour le cuivre.

  $\varphi = 0{,}095.\ \nabla T$ pour le fer.



4 CONCLUSION

On observe la proportionnalité de la densité du flux thermique avec le gradient de la température.

Nos hypothèses du départ sont ainsi vérifiées :

- Le transfert de la chaleur n'est pas fonction de la variation de la température.
- Elle est plutôt fonction du gradient de la température. (Loi de Fourier)

REMERCIEMENTS

Nous remercions les laborantins du Département de Physique de l'Université Pédagogique Nationale pour la disponibilité dont ils ont fait montre lors des manipulations.

REFERENCES

[1] BRAU, J. (2006), *Transfert de chaleur et de masse. Cours,* Paris, Université de Lyon, 165 p.
[2] BERTIN M et ALII (1989), *Thermodynamique,* 3 è édition, Paris, Dunod, 500p.
[3] MAURY, J P (1986), *Thermodynamique,* Armand Colin, Paris, 210 p.
[4] MAY M. (2000), *Toute la physique,* Vuibert, Paris, 190 p.
[5] SIVOUKHINE. (1982), *Cours de physique générale,* T III Mir, Moscou, 350 p.
[6] VERNIERN et EVEN-BEAUDOIN, C. (2020), *Thermodynamique,* Paris, Dunod, 209 p.
[7] ZANANIRI, C. (2002), *Les paris de la thermodynamique,* Paris, Ellipses Editions Marketing S.A, 240 p.
[8] MAMBU TUFUKAMA, (2020-2021), *Cours de thermodynamique,* Inédit.
[9] ANONYME, in http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-conductibilité-209 consulté le 10 juillet 2023.
[10] ANONYME, in http://physiqueréussite, fr/chaleur-et-temperature consulté le 8 juillet 2023.
[11] ANONYME, in http://tech-alim.univ-lille.fr/intro gia/co/ch01 01 html. consulté le 10 juillet 2023.
[12] ANONYME, in http://fr.wikipedia.org/wiki/conduction thermique consulté le 10 juillet 2023.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 588-597
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Face Liveness Detection and Tracking in a Remote Exam Monitoring System

Konan YAO[1], Tiemoman KONE[1], Behou Gérard N'GUESSAN[1], and Koffi Fernand KOUAME[2]

[1]Department of Analysis, Decision and Information, Computer Science and Digital Science, Université virtuelle de côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Department of Remote Sensing and Geospatial Intelligence, Computer Science and Digital Science, Université Virtuelle de Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: In the growing context of online exam surveillance to ensure academic integrity, biometric authentication through facial recognition has become a common practice. However, the efficacy of this method is being questioned due to the potential vulnerability associated with the use of printed images to bypass the monitoring system. This vulnerability raises significant concerns regarding the security and authenticity of online assessments, thereby necessitating a deeper exploration of more reliable and secure facial liveness detection methods. In this study, we proposed a real-time approach for detecting facial liveliness within an anti-fraud device during online exams, leveraging facial recognition technology. Our focus was on employing a convolutional neural network algorithm to extract distinctive facial features. Convolutional neural networks, known for their adeptness in pattern detection and recognition, were at the core of our investigation. We delved into analyzing facial liveliness through two distinct approaches. Firstly, we meticulously examined facial texture, studying a dataset comprising both genuine faces and reproductions on various media such as fabric or masks. Concurrently, we implemented a method centered on detecting eye blinking. Regarding the implementation with the neural network algorithm, the results unveiled a precision rate of 57% for skin texture analysis, highlighting the inherent challenges of this method. Conversely, the eye blinking approach exhibited significantly better performance, with a precision of 96%, emphasizing its strong potential in detecting facial liveliness.

KEYWORDS: Academic integrity, Online exam, monitoring system, face recognition, face liveness.

1 INTRODUCTION

In the current context of remote work and online learning, educational institutions are facing a significant challenge: preventing academic malpractices such as plagiarism and cheating during examinations. This new requirement has led to the adoption of remote monitoring technology. Indeed, the use of remote monitoring is a key technology that monitors educational activities, such as online exams, for students in various geographical locations [1]. There are different types of remote monitoring, including live monitoring systems, recorded monitoring, and real-time AI-based remote exam monitoring systems [2]. AI-based systems use machine learning and/or deep learning algorithms to automatically detect cheating in real time [3], [4}. These systems ensure that the person taking the exam is the authorized candidate. Facial recognition plays a crucial role in this system [5], [6]. Facial recognition-based systems (FRS) use hardware such as the student's laptop webcam or smartphone's front camera to continuously capture the candidate's image throughout the exam. This ensures the authenticity of the candidate and maintains the integrity of the exam. However, the adoption of facial recognition as a method for verifying the identity of candidates is not without risks. Potential loopholes, such as the use of printed images [7], [8], [9], replayed videos [8], [10], [11], or face masks [12] pose a serious challenge to the integrity of remote monitoring systems. Indeed, attempting to deceive an FRS with a printed photograph involves presenting the system with a legitimate candidate's photo, collected from websites or provided by an accomplice candidate. Mediums may include paper, fabric, or images projected from a screen, such as a smartphone. In the case of videos, the legitimate candidate's face is recorded within seconds,

and the recording is used to fraudulently access the system. This method of impersonation is often challenging to detect due to its dynamic nature and texture. Concerning masks, two practices are notable. Masks made from high-quality photo cutout materials are used to replicate facial expressions, such as blinking during the exam. In the other case, a 3D mask of the legitimate candidate's face is created and used to commit fraud. This practice is known as "face spoofing," which involves deceiving facial recognition systems to gain unauthorized access.

In this article, we propose an innovative approach to detect facial liveliness by leveraging Convolutional Neural Networks (CNNs). These state-of-the-art machine learning models have significantly influenced the processing of spatial and structured data, particularly in the fields of computer vision and pattern recognition. Their use in Presentation Attack Detection (PAD) [13] in cybersecurity demonstrates their effectiveness in binary classification of fraudulent and genuine presentations.

To address this challenge, we implemented a methodology based on the use of Convolutional Neural Networks (CNNs). Firstly, we collected and analyzed a diverse dataset including genuine faces and reproductions to train the neural network. Subsequently, we trained the CNN to detect distinctive signs of facial liveliness such as eye blinking, using advanced deep learning techniques.

This paper is organized into several sections which first present a synthesis of previous studies on face appearance detection. Then we proposed an approach for detecting the liveness of faces and the results obtained. Finally, we provide conclude with final remarks.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 ANTI-FACE SPOOFING METHOD FOR FACIAL RECOGNITION-BASED REMOTE EXAM MONITORING

Proctoring is the process of supervising a remote examination using identification and identity authentication software. According to Alotaibi et Mahmood [14], biometric authentication is one of the most widely used methods, to the detriment of traditional name and password methods. In fact, biometric authentication is a method of identifying a person using their physiological characteristics. Features that are often used are fingerprint [15] iris [16] hand face [17], [18] etc. The most widely used approach in remote examination surveillance systems is facial feature detection [19]). Indeed, the identification process of most of these systems is carried out by taking the image of the remote user attempting the examination, and the characteristics of the image are compared with the characteristics stored in the system, which are generally data supplied at the time of registration. This process is repeated throughout the examination.

2.1.1 FACE RECOGNITION

The verification and authentication methods in online examination surveillance systems based on facial recognition have been the subject of several research studies. The authors of [20] have proposed a remote examination monitoring system that emphasizes the use of facial recognition. In their work, the student's identity is determined by employing facial recognition with the HOG (histogram of conjugate gradients) detector and OpenCV's facial recognition algorithm, the student taking the exam is identified using his or her photo. Narlagiri et al. [18] propose an automated student attendance management system that incorporates facial recognition based on the Principal Component Analysis (PCA) algorithm and the Eigenfaces strategy. This method compares test images with training images and determines the presence or absence of students. Another study by Istratova et Pustovskih [21], introduces a biometric data validation model to provide fast, efficient verification and identification of users, as well as real-time control of their access. In [19}, the authors focus their study on the facial recognition-based approach to online exam monitoring for fraud detection. They show that facial recognition methods using images are the most popular, however, gesture and posture detection optimize the system's ability to detect fraud, particularly face spoofing.

2.1.2 FACE LIVENESS

Face liveness detection in online exam monitoring systems is a technique used to check whether the presented face is a real face or a pre-recorded photo or video of the candidate which may be used to deceive the system. This method improves the system's ability to detect the genuine candidate and prevent fraud such as face spoofing. Various methods are utilized in face liveness detection systems to ascertain the presence of a real person. In Alotaibi et Mahmood [14], the authors provide an overview of techniques for detecting face liveliness in systems. They classify these techniques into two groups, namely static and dynamic methods. Static methods are generally based on texture analysis to extract discriminating features. But their performance deteriorates under varying lighting conditions. On the other hand, dynamic methods offer better performance

than static methods. However, they may be slower and more challenging to implement. The authors recommend employing deep learning [22] for liveness detection in facial recognition-based systems. Khairnar et al. [21] conduct a literature review on artificial intelligence methods employed for face liveness detection and outline future directions. As the authors Akbulut et al. [23], they show that the reliability of a facial recognition system depends on its ability to detect both facial identity and liveness. they propose a spoof detection method based on deep learning. Two different deep learning models are used for this purpose: LRF-ELM (Local Receptive Fields - Extreme Learning Machine) and CNN (Convolutional Neural Network). Shekhar et al. [24] adopt a similar approach, presenting a technique for detecting facial liveliness using an ensemble Deep Learning approach. In [25], the authors introduce an innovative system called FaceLivePlus. This system reduces computational workload and storage space while delivering significant improvements in error rates over existing approaches. The authors Rufai et al. [26] offer an in-depth review of deep learning-based methods, aiming to combat face spoofing and highlight the latest trends in deep learning approaches. They emphasize the challenge of achieving high accuracy for face presence detection algorithms and point out that deep convolutional neural networks (CNNs) deployed for face spoof detection exhibit comparatively improved accuracy. According to Ebrahimpour et al. [27], deep learning techniques promise to significantly increase facial liveness detection systems' accuracy and resolve the challenges associated with their practical implementation.

2.2 PROPOSED FACE LIVE DETECTION METHOD

The proposed method consists of a face texture analysis model and an eye-blink detection model. The method works in real-time. The operating process is as follows (figure 1):

- Face detection process
- Face liveness verification process
- Face recognition process if the response to the liveness check is affirmative.

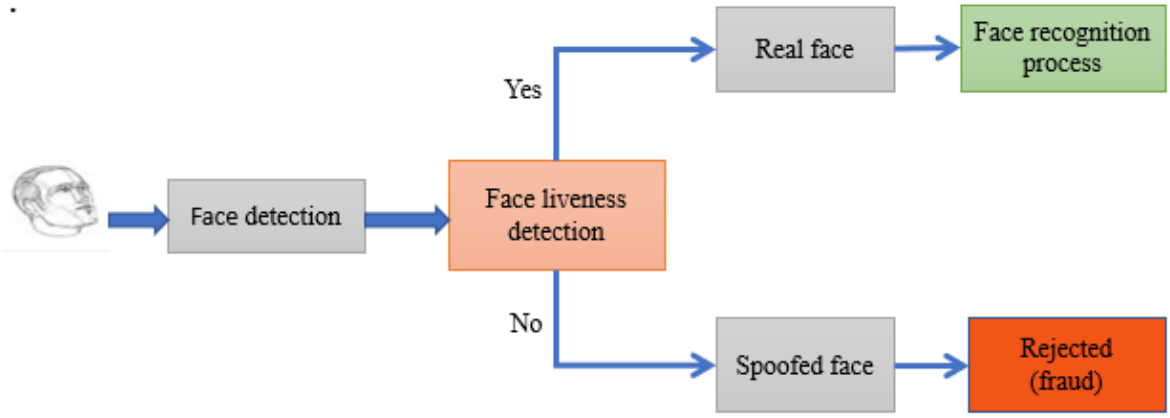


Fig. 1. Process of face verification in remote exam

2.2.1 FACE LIVELINESS DETECTION USING FACE TEXTURE ANALYSIS

The face texture analysis method employs a convolutional neural network model to distinguish between authentic and forged images. The Facial Texture Analysis technique aims to differentiate genuine from faked images by examining the unique patterns, features, and structures present on the surface of a person's face [28]. This texture analysis method is proving to be one of the facial spoofing detection approaches that is producing particularly promising results, outperforming even some of the most advanced methods [29]. In the model, facial textural features are extracted from the captured image followed by the selection of discriminative features. Using the selected textural features, a detection model based on convolutional neural networks is constructed. The model consists of four convolutional layers, four pooling layers, and fully-connected layers (Table 1). The activation function used is the Rectified Linear Unit (ReLU) function (1), while the Sigmoid function (2) serves as the output function.

$$f(x) = \max(0,x) \quad (1)$$

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2)$$

Table 1. The Convolution Neural Network structure

Layer(type)	Kernel-size	Output Shape
Conv2D	5x5	(None, 124,124,24)
MaxPooling2D	2x2	(None, 62, 62, 24)
Conv2D	5x5	(None, 58, 58, 24)
MaxPooling2D	2x2	(None, 29, 29, 24)
Conv2D	5x5	(None, 25, 25, 24)
MaxPooling2D	2x2	(None, 12, 12, 24)
Conv2D	5x5	(None, 8, 8, 48)
MaxPooling2D	2x2	(None, 4, 4, 48)
Flatten	---	(None, 768)
Dense	---	(None, 48)
Dropout	0.5	(None, 48)
Dense	---	(None, 48)
Dense (Sigmoid)	---	(None, 1)

Dataset: The dataset consists of 1081 real images and 960 fake images collected from the web. The "fake_face" class is labeled with the value one (1), while the "real_face" class is labeled with the value zero (0). All images have been resized to 128x128 pixels to ensure consistent dimensions throughout the dataset.

2.2.2 FACE LIVENESS DETECTION USING BLINKING EYE ANALYSIS

The use of blink analysis is presented as a technique for detecting facial impersonation. The goal is to identify the state of eye opening and closing at any given moment. Eye tracking or blink analysis is proving fundamental in the study of human-machine interactions [30] (Ezzat et al., 2023). It is also used for facial verification and authentication in surveillance systems based on facial recognition [31] (Potdar et al., 2022). These systems mainly aim to assess facial liveness to determine the presence or absence of facial spoofing [31] (Potdar, 2022, Akhdan, 2023). The detection model employed is a convolutional neural network composed of three convolution layers, three pooling layers, and fully-connected layers (table 2). The activation function utilized in this model is the ReLU function.

Table 2. The Convolution Neural Network structure

Layer (type)	Kernel-size	Output Shape
Conv2D	3x3	(None, 22, 22, 24)
MaxPooling2D	2x2	(None, 11, 11, 24)
Conv2D	3x3	(None, 9, 9, 24)
MaxPooling2D	2x2	(None, 4, 4, 24)
Conv2D	3x3	(None, 2, 2, 48)
MaxPooling2D	2x2	(None, 1, 1, 48)
Flatten	---	(None, 48)
Dense	---	(None, 48)
Dropout	0.5	(None, 48)
Dense (Sigmoid)	---	(None, 1)

Dataset: The dataset used contains 2423 subjects, of which 1192 subjects with both eyes closed are collected directly from the Internet, and 1231 subjects with eyes open selected from the Labelled Face in the Wild (LFW) database. The image format is 24x24 pixels. The class “open eye” is assigned the value one (1), while the value zero (0) is assigned the class “closed eye”.

2.2.3 EVALUATION METRICS

There are some key terms for evaluating the model including True Positive (TP), TN (True Negative), FP (False Positive), FN (False Negative), accuracy, precision, and recall. Accuracy (3): represents the proportion of correctly predicted instances relative to the total number of instances.

$$\text{accuracy}=\frac{\text{TF}+\text{TN}}{\text{TF}+\text{TN}+\text{FP}+\text{FN}} \quad (3)$$

True Positive (TP): the number of positive samples that are accurately labeled.

True Negative (TN): the number of negative samples that are accurately labeled.

False Positive (FP): the number of negative samples that are mislabelled as positive.

False Negative (FN): the number of positive samples that are mislabelled as negative.

Precision (4): represents the proportion of instances predicted as positive that is actually positive.

$$\text{precision}=\frac{\text{TP}}{\text{TP}+\text{FP}} \quad (4)$$

Recall (5): represents the proportion of positive instances actually detected by the model.

$$\text{recall}=\frac{\text{TP}}{\text{TP}+\text{FN}} \quad (5)$$

F1. score (6): is a combined measure of precision and recall, calculated as the harmonic mean of the two. It provides an overall measure of model performance.

$$\text{f1.score}=2*\frac{(\text{precision}*\text{recall})}{(\text{precision}+\text{recall})} \quad (6)$$

3 RESULTS

In this section, we present the main results of our work. The figures (figure 2. And Figure 4.) show the accuracy variation as a periodic function. The two other figures (figure 3. And Figure 5.) show the accuracy and model loss variations. The model’s accuracy refers to its ability to correctly identify whether a given image is a live face or a fake face. In this context, evolution refers to how the accuracy changes over time as the model is trained on more data. The figure shows a graph with time on the x-axis and accuracy on the y-axis. The graph may show how the accuracy improves as the model is trained on more data, or it may show how the accuracy plateaus after a certain number of training iterations.

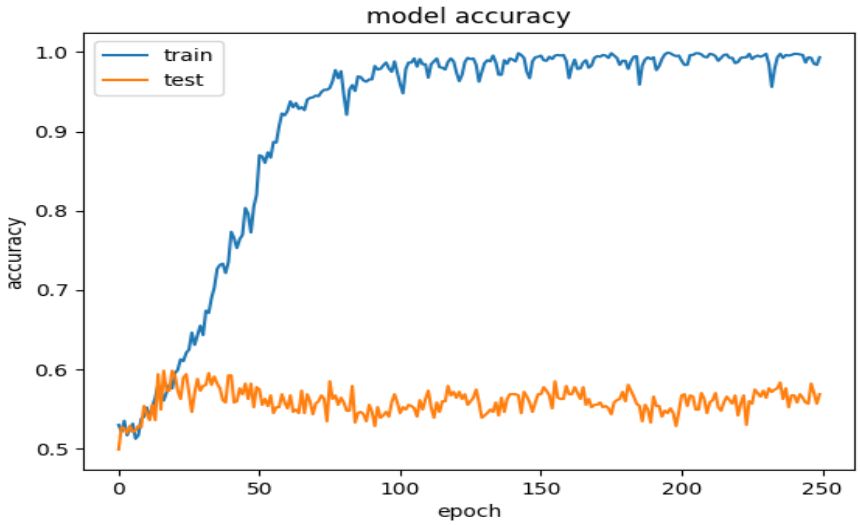


Fig. 2. Variation in the model's accuracy for face texture Analysis

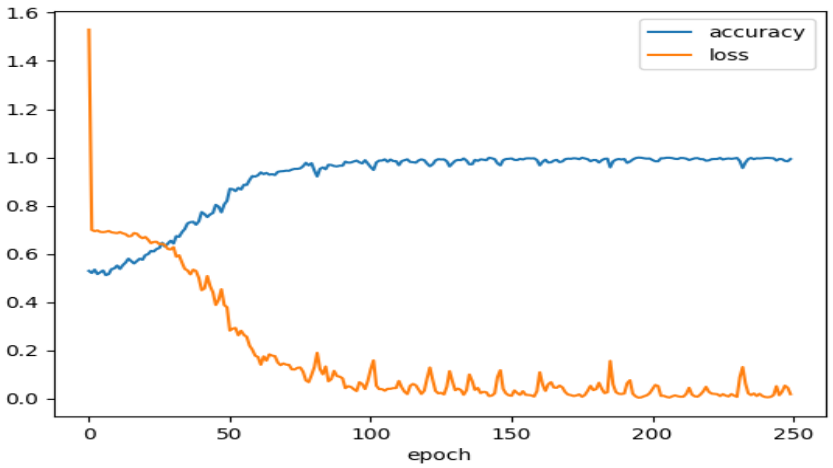


Fig. 3. Variations in accuracy and model loss for face texture analysis

The evaluation used includes accuracy, precision, recall, and f1-score. But we focused on precision and accuracy, which summarize the model's overall performance. In the case of the test data report (Table 3.) for the face texture analysis, the precision for class 0, which represents the "real_face" class, is 0.58, meaning that 58% of samples predicted as class 0 are actually class 0. For class 1 representing "fake_face", the precision is 0.55. This means that 55% of samples predicted as class 1 are actually class 1. The accuracy (overall precision) is 0.57, meaning that the model correctly classified 57% of all samples. The measurements provided allow us to evaluate the performance of the texture-based classification model on the dataset. They take into account both precision and recall for each class, as well as the overall accuracy of the model. The results indicate a fair performance of the model, which leads us to consider the use of a second method to optimize the system as a whole. It should be noted that the real and faked images were selected to present an increased resemblance, which could explain this result.

Table 3. Test data report for face texture analysis

	Precision	recall	f1-score	support
0	0.58	0.66	0.62	356
1	0.55	0.46	0.50	318
Accuracy			0.57	674
Macro avg	0.57	0.56	0.56	674
Weighted avg	0.57	0.57	0.56	674

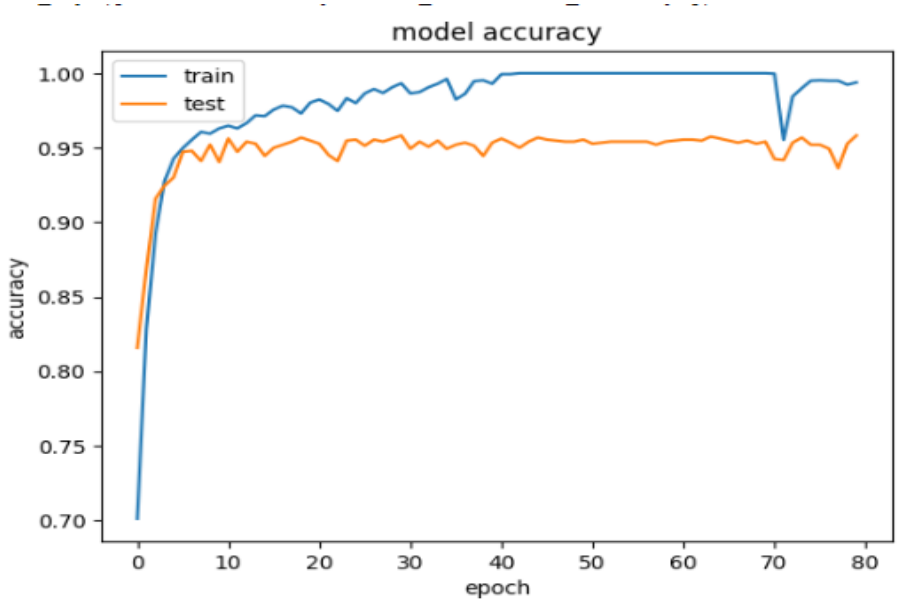


Fig. 4. Variation in the model's accuracy for blinking eye analysis

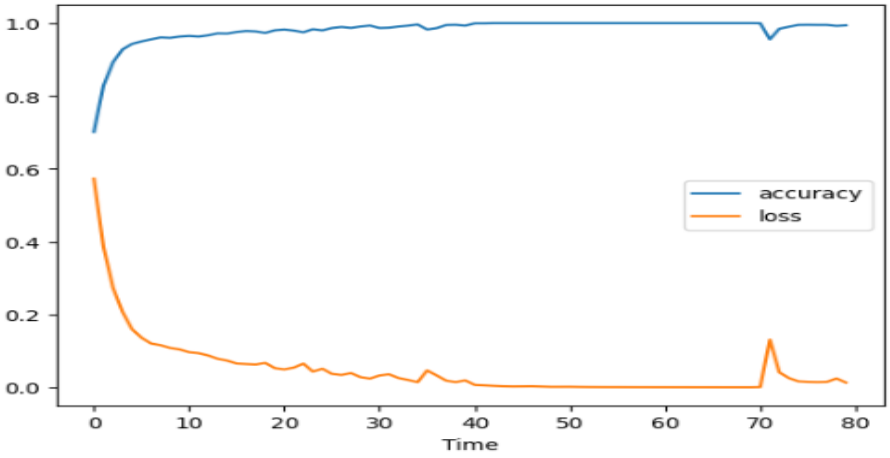


Fig. 5. Variations in accuracy and model loss for blinking eye analysis

The evaluation metrics include accuracy, precision, recall, and f1-score. However, our main focus was on precision and accuracy, as they provide an overview of the model's overall performance. In the case of the train data report (Table 4), the accuracy for class 0, i.e., the "closed eye" class, is 1.00. This indicates that 100% of samples predicted as class 0 are indeed class 0. For class 1 which represents "open eye", the precision is 1.00. This means that 100% of samples predicted as class 1 are actually class 1. The accuracy (overall precision) is 1.00, indicating that the model correctly classified 100% of all samples.

Table 4. Train data report for blinking eye analysis

	Precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	1682
1	1.00	1.00	1.00	1724
Accuracy			1.00	3406
Macro avg	1.00	1.00	1.00	3406
Weighted avg	1.00	1.00	1.00	3406

The evaluation metrics employed include accuracy, precision, recall, and f1-score. However, our main focus was on precision and accuracy, which provide a comprehensive summary of the model's overall performance. In the test data report (Table 5.), the accuracy for class 0, representing the "closed eye" class, is 0.95, meaning that 95% of samples predicted as class 0 are actually class 0. For class 1 denoting "open eye", the precision is 0.97. This indicates that 97% of samples predicted as class 1 are actually class 1. The accuracy (overall precision) is 0.96, signifying that the model correctly classified 96% of all samples.

Table 5. Train data report for blinking eye analysis

	Precision	recall	f1-score	support
0	0.95	0.96	0.96	712
1	0.97	0.95	0.96	748
Accuracy			0.96	1460
Macro avg	0.96	0.96	0.96	1460
Weighted avg	0.96	0.96	0.96	1460

4 CONCLUSION

This study focuses on facial liveness detection within the context of an online review monitoring system that utilizes facial recognition. We presented two different approaches to this detection: facial texture analysis and eye blinking detection. While the texture-based method showed an overall accuracy of 57%, we observed much more promising results with the eye-blinking-based method which achieved an accuracy of 96%. These results highlight the significance of considering facial liveness when implementing online review monitoring systems. Identifying fraudulent users and preventing facial impersonation fraud are essential elements in guaranteeing the integrity and validity of exams. Our future work aims to explore other techniques for detecting facial liveliness, including improving the performance of face matching detection.

REFERENCES

[1] S. Sapre, K. Shinde, K. Shetta, et V. Badgujar, « AI-ML based smart online examination framework », in Progresses in Artificial Intelligence & Robotics: Algorithms & Applications: Proceedings of 3rd International Conference on Deep Learning, Artificial Intelligence and Robotics, (ICDLAIR) 2021, Springer, 2022, p. 17-25.

[2] A. Nigam, R. Pasricha, T. Singh, et P. Churi, « A systematic review on ai-based proctoring systems: Past, present and future », *Education and Information Technologies,* vol. 26, nº 5, p. 6421-6445, 2021.

[3] M. M. Masud, K. Hayawi, S. S. Mathew, T. Michael, et M. El Barachi, « Smart online exam proctoring assist for cheating detection », in *Advanced Data Mining and Applications: 17th International Conference, ADMA 2021, Sydney, NSW, Australia, February 2–4, 2022, Proceedings, Part I,* Springer, 2022, p. 118-132.

[4] J. S. Ashwinkumar, H. S. Kumaran, U. Sivakarthikeyan, K. P. Rajesh, et R. Lavanya, « Deep learning based approach for facilitating online proctoring using transfer learning », in *2021 5th International Conference on Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP),* IEEE, 2021, p. 306-312.

[5] A. Nurpeisova *et al.,* « The Study of Mathematical Models and Algorithms for Face Recognition in Images Using Python in Proctoring System », *Computation,* vol. 10, nº 8, p. 136, 2022.

[6] W. Zhao, R. Chellappa, P. J. Phillips, et A. Rosenfeld, « Face recognition: A literature survey », *ACM Comput. Surv.,* vol. 35, nº 4, p. 399-458, déc. 2003, doi: 10.1145/954339.954342.

[7] S. V. N. V. S. Sudeep, S. Venkata Kiran, D. Nandan, et S. Kumar, « An Overview of Biometrics and Face Spoofing Detection », in *ICCCE 2020,* vol. 698, A. Kumar et S. Mozar, Éd., in Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 698., Singapore: Springer Nature Singapore, 2021, p. 871-881. doi: 10.1007/978-981-15-7961-5_82.

[8] M. Fang, M. Huber, et N. Damer, « Synthaspoof: Developing face presentation attack detection based on privacy-friendly synthetic data », in *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,* 2023, p. 1061-1070. Consulté le: 13 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023W/Biometrics/html/Fang_SynthASpoof_Developing_Face_Presentation_Attack_Detection_Based_on_Privacy-Friendly_Synthetic_CVPRW_2023_paper.html.

[9] J. Hernandez-Ortega, J. Fierrez, A. Morales, et J. Galbally, « Introduction to Presentation Attack Detection in Face Biometrics and Recent Advances », in *Handbook of Biometric Anti-Spoofing,* S. Marcel, J. Fierrez, et N. Evans, Éd., in Advances in Computer Vision and Pattern Recognition., Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, p. 203-230. doi: 10.1007/978-981-19-5288-3_9.

[10] H.-H. Chang et C.-H. Yeh, « Face anti-spoofing detection based on multi-scale image quality assessment », *Image and Vision Computing,* vol. 121, p. 104428, 2022.

[11] L. Birla et P. Gupta, « PATRON: Exploring respiratory signal derived from non-contact face videos for face anti-spoofing », *Expert Systems with Applications,* vol. 187, p. 115883, 2022.

[12] X. Ma, J. Zhang, Y. Zhang, et D. Zhou, « Exploring Masked Image Modeling for Face Anti-spoofing », in *Pattern Recognition and Computer Vision,* vol. 13534, S. Yu, Z. Zhang, P. C. Yuen, J. Han, T. Tan, Y. Guo, J. Lai, et J. Zhang, Éd., in Lecture Notes in Computer Science, vol. 13534., Cham: Springer International Publishing, 2022, p. 814-826. doi: 10.1007/978-3-031-18907-4_62.

[13] L. Li, Z. Xia, J. Wu, L. Yang, et H. Han, « Face presentation attack detection based on optical flow and texture analysis », Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, vol. 34, nº 4, p. 1455-1467, 2022.

[14] A. Alotaibi et A. Mahmood, « Face Liveness Detection–A Comprehensive Survey Based on Dynamic and Static Techniques », *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS),* vol. 13, nº 10, 2015.

[15] S. Hemalatha, « A systematic review on Fingerprint based Biometric Authentication System », in *2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE),* IEEE, 2020, p. 1-4.

[16] S. H. Shaker, F. Q. Al-Kalidi, et R. Ogla, « Identification Based on Iris Detection Technique », *International Journal of Interactive Mobile Technologies,* vol. 16, nº 24, 2022.

[17] M. M. Taher et L. E. George, « A digital signature system based on hand geometry-Survey », *Wasit Journal of Computer and Mathematic Science,* vol. 1, nº 1, p. 1-14, 2022.

[18] S. Narlagiri, V. Malathy, et A. Chakradhar, « Biometric authentication system based on face recognition », in *AIP Conference Proceedings,* AIP Publishing LLC, 2022, p. 030010.

[19] S. G. Rabiha, I. H. Kartowisastro, R. Setiawan, et W. Budiharto, « Survey of Online Exam Proctoring Model to Detect Cheating Behavior based on Face Recognition », in *2022 8th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI),* IEEE, 2022, p. 1-7. 12] I. Ahmad, F. AlQurashi, E. Abozinadah, et R. Mehmood, « A novel deep learning-based online proctoring system using face recognition, eye blinking, and object detection techniques», *International Journal of Advanced Computer Science and Applications,* vol. 12, nº 10, 2021.

[20] E. E. Istratova et D. A. Pustovskih, « Development and research of the biometric face recognition system based on the application of the deep learning method », *International Journal of Open Information Technologies,* vol. 10, nº 12, p. 66-74, 2022.

[21] S. Khairnar, S. Gite, K. Kotecha, et S. D. Thepade, « Face Liveness Detection Using Artificial Intelligence Techniques: A Systematic Literature Review and Future Directions », *Big Data and Cognitive Computing,* vol. 7, nº 1, p. 37, 2023.

[22] R. Koshy et A. Mahmood, « Enhanced Deep Learning Architectures for Face Liveness Detection for Static and Video Sequences », *Entropy,* vol. 22, nº 10, oct. 2020, doi: 10.3390/e22101186.

[23] Y. Akbulut, A. Şengür, Ü. Budak, et S. Ekici, « Deep learning based face liveness detection in videos », in *2017 international artificial intelligence and data processing symposium (IDAP),* Ieee, 2017, p. 1-4.

[24] S. Shekhar, A. Patel, M. Haloi, et A. Salim, « An Ensemble Model for Face Liveness Detection », arXiv.org. Consulté le: 8 août 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://arxiv.org/abs/2201.08901v1.

[25] Y. Zhang, L. Zheng, V. L. Thing, R. Zimmermann, B. Guo, et Z. Yu, « FaceLivePlus: A Unified System for Face Liveness Detection and Face Verification », in *Proceedings of the 2023 ACM International Conference on Multimedia Retrieval,* 2023, p. 144-152.

[26] S. Z. Rufai, A. Selwal, et D. Sharma, « On analysis of face liveness detection mechanisms via deep learning models », in *2022 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS),* IEEE, 2022, p. 59-64.

[27] N. Ebrahimpour, M. A. Ayden, et B. Altay, « Liveness control in face recognition with deep learning methods », *The European Journal of Research and Development,* vol. 2, nº 2, p. 92-101, 2022.

[28] Z. Boulkenafet, J. Komulainen, et A. Hadid, « Face spoofing detection using colour texture analysis », *IEEE Transactions on Information Forensics and Security,* vol. 11, n° 8, p. 1818-1830, 2016.

[29] L. Li, Z. Xia, J. Wu, L. Yang, et H. Han, « Face presentation attack detection based on optical flow and texture analysis », *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences,* vol. 34, n° 4, p. 1455-1467, 2022.

[30] M. Ezzat, M. Maged, Y. Gamal, M. Adel, M. Alrahmawy, et S. El-Metwally, « Blink-To-Live eye-based communication system for users with speech impairments », *Scientific Reports,* vol. 13, n° 1, p. 7961, 2023.

[31] A. Potdar, P. Barbhaya, et S. Nagpure, « Face Recognition for Attendance System using CNN based Liveliness Detection », in *2022 International Conference on Advances in Computing, Communication and Materials (ICACCM),* IEEE, 2022, p. 1-6.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 598-605
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Optimising urban traffic management: A dynamic approach to traffic lights using artificial intelligence

Mory Richard BATIEBO, Tiemoman KONE, Behou Gerard N'GUESSAN, and Serge Stephane AMAN

Informatiques et Sciences du Numérique, Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (UVCI), Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This paper presents a novel approach to improving urban road traffic control using artificial intelligence (AI) for dynamic traffic light management. We begin by describing the current context of urban traffic management and the challenges facing traffic light infrastructures. We then explain how AI can be integrated into this context for more effective regulation.
We have chosen to use a basic model based on convolutional neural networks (CNN) to model road traffic in real time. This model collects real-time data from traffic cameras and other sensors, pre-processes it and then analyses it to make intelligent decisions about traffic light control. By using historical data and adapting to changing conditions, our model has been able to reduce waiting times at intersections, minimise congestion and improve traffic flow.
This research paves the way for more intelligent and adaptive traffic management in urban environments. The practical implications of our approach include more efficient urban mobility, reduced greenhouse gas emissions and improved road safety. Future prospects lie in the continued optimisation of the AI model and its integration with other intelligent transport systems, contributing to more sustainable and liveable cities.

KEYWORDS: Urban Road Traffic Control, Convolutional Neural Networks (CNN), Dynamic Traffic Management, Waiting Time Optimisation, AI Model Adaptability, Intelligent Road Traffic.

1 INTRODUCTION

Urban traffic management is a major challenge in today's ever-expanding cities. The ever-increasing number of vehicles on our roads leads to congestion problems, major delays for motorists, increased greenhouse gas emissions and a declining quality of urban life. At the heart of urban traffic regulation are traffic lights, essential devices that determine the pace of traffic flow.

However, the traditional operation of traffic lights, based on fixed timers or inductive loops, is proving increasingly inadequate to cope with the complexity of contemporary urban traffic. Vehicle flows vary considerably throughout the day, depending on peak times, special events, accidents and other unpredictable factors. As a result, static traffic light control is becoming less and less effective at keeping traffic flowing and minimising waiting times.

It is in this context that artificial intelligence (AI) is emerging as a promising solution for rethinking the management of traffic lights in urban environments. AI offers the ability to analyse traffic data in real time, learn complex patterns, and adapt traffic light regulation to the specific needs of each intersection. In other words, it enables dynamic traffic management, reacting in real time to changing conditions.

This paper explores this innovative perspective in depth, looking at the current challenges of urban traffic management and proposing an AI-based approach to traffic light control. We will show how the integration of AI in this context can significantly improve traffic flow, reduce waiting times and help to reduce road congestion.

To support our argument, we will draw on recent research that has explored the benefits of AI in traffic light management. Among these researchers, Elise van der Pol et al (2016) [1] in "Coordinated Deep Reinforcement Learners for Traffic Light Control" proposed the combination of the popular Deep Q-learning algorithm with a coordination algorithm for a scalable approach to coordinated traffic light control. This approach reduces vehicle travel time. Similarly, Muresan, Fu, and Pan (2019)

[2] in "Adaptive Traffic Signal Control with Deep Reinforcement Learning - An Exploratory Investigation" highlighted the potential of deep reinforcement learning as a signal control optimisation method. In addition, Hu, X., Zhao, C., & Wang, G. (2020) [3]. in "A traffic light dynamic control algorithm with deep reinforcement learning based on GNN prediction. arXiv preprint arXiv: 2009.14627" proposed GPlight, a deep reinforcement learning (DRL) algorithm integrated with graphical neural network (GNN), to alleviate traffic congestion for a multi-intersection intelligent traffic control system.

This exploration will enable us to demonstrate how artificial intelligence offers a promising solution to the complex challenges of urban traffic regulation, paving the way for more efficient and sustainable transport systems in our modern cities.

2 MODELING THE TRICOLORE LIGTH SYSTEM

PART 1: DESCRIPTION OF THE EXISTING SYSTEM: ANALYSIS OF TRADITIONAL TRAFFIC LIGHT OPERATIONS AND IDENTIFICATION OF LIMITATIONS

The traditional traffic light control system relies on fixed timers or inductive loops built into the pavement to detect the presence of vehicles at an intersection. These timers are pre-programmed to determine the duration of each phase of the traffic light, generally according to the traffic forecast at peak times. However, this static system has several crucial limitations:

- **Lack of adaptability**: Traffic lights operate according to a predefined timetable, which means they cannot react effectively to unpredictable fluctuations in traffic. For example, in the event of an accident or roadworks, the traditional system cannot automatically adjust cycle times to minimise delays.
- **Excessive waiting times**: Fixed timers can lead to excessive waiting times at intersections, even when traffic is light. This can lead to inefficient use of road.
- Resources and contribute to congestion.
- **Energy inefficiency:** Traffic lights often run continuously, even when there are no vehicles waiting. This wastes energy and causes unnecessary carbon dioxide emissions.
- **Costly infrastructure**: Inductive loop detection systems can be expensive to install and maintain, and are subject to wear and tear, requiring frequent repairs.
- **Unresolved traffic conflicts**: Traditional systems struggle to manage traffic conflicts effectively, such as vehicles turning left or pedestrians crossing the road. This can lead to dangerous situations and delays.
- **Difficulty of optimisation:** Manual adjustments to cycle times and the synchronisation of traffic lights are often necessary, requiring considerable time and resources from traffic engineers.

Given these limitations, it is becoming imperative to rethink traffic light control by adopting more intelligent and adaptive approaches. This is precisely where artificial intelligence comes in, offering the possibility of creating traffic light management systems capable of learning from real-time data, adapting to changing conditions, and proactively optimising traffic flow. This development marks a significant advance in research aimed at improving urban traffic management and reducing the negative impact of road congestion.

PART 2: CRITICAL PARAMETERS INFLUENCING TRAFFIC REGULATION

Having examined traditional traffic signal operation and identified its limitations in the first part of this section, it is essential to understand the critical parameters that have a significant influence on traffic control. Taking these parameters into account is essential to designing a more efficient and adaptive traffic signal management system. The following is an in-depth analysis of the key parameters:

- Traffic volume: The volume of vehicles travelling on a road at any given time is one of the most critical parameters. It determines road capacity and the likelihood of congestion. Traffic lights must be able to adjust in real time to the volume of traffic to avoid congestion.
- Peak times: Peak hours, generally in the morning and evening, are periods of heavy traffic. Traffic light control must be optimised to manage these traffic peaks effectively and minimise waiting times.
- Types of vehicle: Different types of vehicle, such as cars, lorries, buses and bicycles, have different control needs. For example, traffic lights need to give more time to pedestrians and cyclists to ensure their safety.
- Traffic fluctuations: Road traffic is subject to unpredictable fluctuations due to accidents, roadworks, special events, weather conditions, etc. The traffic light control system must be able to adapt quickly to these changes. Traffic light control must be able to adapt quickly to these changes.
- Specific requests from users: Some road users, such as public transport users, may have specific requests to minimise their waiting times at traffic lights. Regulation must take these needs into account to improve the efficiency of public transport.

- Road safety: Road safety is a major priority. Traffic lights must be designed to minimise the risk of accidents by regulating interactions between vehicles, pedestrians and cyclists.

To address these critical parameters, research conducted Kashyap, A. A., Raviraj, S., Devarakonda, A., Nayak K, S. R., KV, S., & Bhat S. J. (2022) [4]. "Traffic flow prediction models-A review of deep learning techniques. Cogent Engineering, 9 (1), 2010510" in their study showed how deep learning techniques can be used to model traffic complexity by taking these parameters into account. Using real-time data, deep learning algorithms can learn to optimise traffic light control to take account of these dynamic variables.

By incorporating these critical parameters into the design of traffic light control, we can develop smarter, more responsive systems that help to improve the flow of urban traffic and reduce waiting times.

- **Real-time data collection**: Road surveillance cameras and other sensors continuously collect data on traffic, including the number of vehicles, speed, the presence of pedestrians and cyclists, weather conditions, etc
- **Data pre-processing:** Raw data is pre-processed to extract relevant information and prepare it for input into the model. This includes data normalisation, object detection (vehicles, pedestrians, etc.), and the creation of heat maps for congestion zones.
- **CNN model:** The CNN model is designed to take pre-processed data as input and learn from this data to optimise traffic light control. The network is configured to take into account critical parameters such as traffic volume, peak times, vehicle types, etc. It learns to predict regulation needs based on these parameters and real-time data.
- **Real-time reaction:** The CNN model reacts in real time to changes in traffic. It can recommend adjustments to traffic light cycle times, intersection timing and priorities to minimise waiting times and improve traffic flow.

By adapting the principles of AI, in particular convolutional neural networks, to traffic light control, our basic model aims to create a system capable of learning complex traffic patterns, adapting to traffic fluctuations and contributing to more efficient urban traffic management.

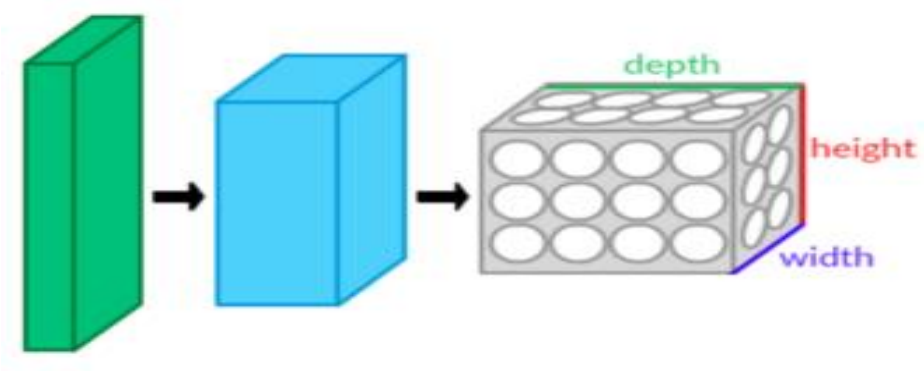


Fig. 1. Convolutional neural network (Source Wikipedia)

A layer of the CNN in 3 dimensions (green = input volume, blue = receiver field volume, grey = CNN layer, circles = independent artificial neurons).

Research such as that conducted by **Zhao, T., Wang, P., & Li, S. (2019, December) [5]** in their study "Traffic Signal Control with Deep Reinforcement Learning" has demonstrated the effectiveness of deep learning-based approaches for traffic control. Our baseline model continues this line of research by using advanced AI techniques to address the challenges of traffic signal control in a dynamic urban context.

The basic model we propose is based on a convolutional neural network (CNN), an architecture commonly used in computer vision and image processing. Although CNNs have mainly been developed for image classification, here we adapt them to traffic control using information from road surveillance cameras and other sensors.

This model consists of the following components:

- **Convolution Layer: ** This layer is responsible for detecting spatial features in images captured by traffic cameras. It uses filters to extract important traffic information, such as the presence of vehicles, movements and traffic patterns.
- **Pooling layer: ** After convolution, a pooling layer reduces the size of the extracted features while preserving their essential information. This reduces the complexity of the model and speeds up processing.

- **The extracted features are then routed to an artificial neural network (ANN) layer. This layer is responsible for learning and making decisions based on real-time traffic data.
- **The output layer generates recommendations for the dynamic adjustment of traffic lights according to traffic information and regulation objectives. These recommendations are transmitted to the traffic light management system for immediate action.

The basic model is designed to continuously learn and adapt to new traffic data, enabling it to optimise traffic light control in real time. It takes into account factors such as traffic volume, peak times, weather conditions and traffic patterns to make intelligent decisions and minimise waiting times at intersections.

3 INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

PART 1: SELECTED AI TECHNIQUES: EXPLANATION OF SPECIFIC AI METHODS USED TO IMPROVE TRAFFIC LIGHT MANAGEMENT

To improve the management of traffic lights, we opted to use advanced artificial intelligence (AI) techniques to create an intelligent and adaptable system. Specifically, we chose to implement deep neural networks, a sub-category of deep learning, to model and optimise traffic control. Here's how this AI technology is applied:

- **Deep Neural Networks (DNN):** Deep neural networks are AI models inspired by the way the human brain works. They are made up of many layers of artificial neurons, enabling them to learn complex models from data. In our context, these networks are used to model traffic patterns and predict traffic light control needs in real time. The advantages of DNNs include their ability to process large amounts of data and to adapt to changes in the traffic environment.
- **Supervised and unsupervised learning:** We use a combination of supervised and unsupervised learning to train our neural networks. Supervised learning involves using labelled historical traffic data to teach the model how it should react in different traffic situations. Unsupervised learning, on the other hand, allows the model to discover hidden patterns in the unlabelled data, which can be particularly useful for detecting trends and anomalies.

TRAINING THE AI MODEL: DETAILS OF THE PROCESS OF TRAINING THE AI MODEL ON HISTORICAL TRAFFIC DATA

Training the AI model for traffic light management is based on an iterative approach that includes several crucial steps:

- **Data collection: First,** we collect a set of historical traffic data including information on vehicle volumes, peak times, days of the week, weather conditions and other relevant factors. This data is used as the basis for training the model.
- **Data pre-processing:** Raw data is cleaned, normalised and prepared to be compatible with the AI model. This includes handling missing values, normalising scales and creating relevant features.
- **Model construction:** We are designing a deep neural network that takes into account the specific characteristics of traffic light management. This involves defining the architecture of the network, including the number of layers, the number of neurons per layer, the activation functions, and the way in which data is propagated in the network.
- **Model training:** The model is trained using the pre-processed historical data. During this phase, the model learns from the data, adjusting its internal parameters to minimise the error between its predictions and the actual data. This allows the model to understand traffic patterns and become capable of predicting traffic signal control needs.
- **Validation and adjustment:** The model is evaluated using validation data to ensure its performance. If necessary, adjustments are made to the model architecture or training parameters to improve its accuracy.
- **Real-time deployment: Once** the model has reached a satisfactory level of performance, it is deployed in real time for the actual management of traffic lights. The model takes into account real-time traffic data to dynamically adjust the cycle times and phases of the traffic lights in order to optimise traffic flow.

This process of training and deploying the AI model ensures that traffic lights are managed adaptively and efficiently in response to changing traffic conditions, helping to improve traffic flow and reduce road congestion in urban areas.

Table 1. Representation of the CNN model integration process for traffic light control

Steps	Description
Real-time data collection	Real-time traffic data collection from surveillance cameras and sensors.
Data pre-processing	Pre-processing of data to remove noise and outliers and normalise the data.
Feeding data into the CNN model	The pre-processed data is fed into the CNN model for training.
Learning the CNN model	The CNN model learns from data to understand traffic patterns and behaviour.
Generation of recommendations for traffic lights	Based on the information learned, the model generates recommendations for the dynamic adjustment of traffic lights.
Integration into the traffic light management system	The model's recommendations are transmitted to the traffic light management system for immediate action.

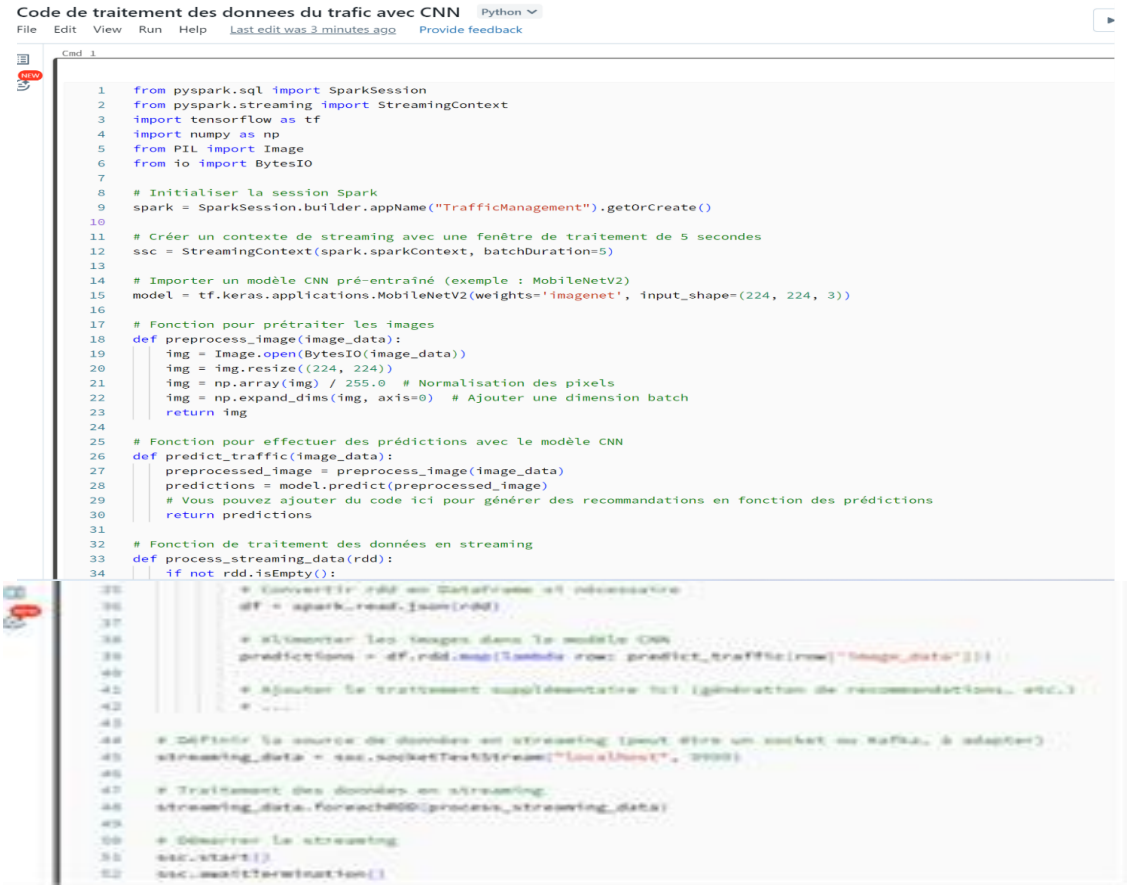


Fig. 2. Code for processing road traffic data using the CNN model

PART 2: TRAINING THE AI MODEL ON HISTORICAL TRAFFIC DATA

In this section, we detail the process of training the AI model, in this case the "Basic Model: Convolutional Neural Network for Traffic Light Control", using historical traffic data. This model is based on convolutional neural networks (CNNs) specially adapted for traffic light control. Here's how the process works:

- **Data collection and preparation:** The first crucial step is to collect historical traffic data specific to the region of interest. This includes information on traffic volumes, peak times, vehicle types, weather conditions and other relevant factors. The collected data is then pre-processed to eliminate outliers, handle missing values, and normalise scales, ensuring compatibility with the AI model.

- **Feature selection:** It is essential to carefully select the features that will be used to train the model. These features may include traffic volume at a given intersection, previous waiting times, days of the week, times of day, and other relevant variables. The choice of features is based on the specific objectives of traffic light control.
- **Creation of the training dataset: Based on** the historical data prepared and the characteristics selected, a training dataset is constructed. This dataset contains examples of past traffic situations, together with the appropriate control actions that should have been taken at those times.
- **AI model design:** The AI model is specially designed according to the characteristics of the training dataset and the specific needs of traffic light control. In this case, convolutional neural networks (CNNs) are chosen for their ability to extract complex patterns from multidimensional data, making them suitable for modelling road traffic.
- **Model training:** The AI model is trained using the training dataset. During this phase, the model learns from the example data by adjusting its internal parameters to minimise the error between its predictions and actual control actions. Training may require several iterations to achieve optimal performance.
- **Validation and adjustment:** To ensure that the model is capable of generalising to new traffic situations, it is evaluated using validation data that is not part of the training dataset. If the performance is not satisfactory, adjustments are made to the model architecture or to the training parameters.
- **Real-time deployment: Once** the model has reached an acceptable level of performance, it is deployed in real time for the actual management of traffic lights. The model takes account of real-time traffic data to dynamically adjust the cycle times and phases of traffic lights, optimising urban traffic flow.

This process of training the AI model based on convolutional neural networks makes it possible to create a traffic light control system capable of learning complex traffic patterns, adapting to traffic fluctuations, and optimising urban traffic management to improve fluidity and reduce road congestion.

```python
# Importer les bibliothèques nécessaires
import numpy as np
import tensorflow as tf
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler

# Charger les données historiques de trafic (Assurez-vous que vos données sont correctement formatées)
traffic_data = load_traffic_data()

# Prétraitement des données
# Supprimer les valeurs aberrantes, gérer les valeurs manquantes et normaliser les données
traffic_data_cleaned = preprocess_traffic_data(traffic_data)

# Sélection des caractéristiques (features) pertinentes
features = select_features(traffic_data_cleaned)

# Création du jeu de données d'entraînement et de validation
X = features  # Les caractéristiques sélectionnées
y = traffic_data_cleaned['action_regulation']  # Les actions de régulation
X_train, X_valid, y_train, y_valid = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Normalisation des caractéristiques
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_valid = scaler.transform(X_valid)

# Création du modèle CNN (vous devez définir l'architecture du modèle)
model = create_cnn_model()

# Compilation du modèle
model.compile(optimizer='adam', loss='mean_squared_error', metrics=['mae'])

# Entraînement du modèle
model.fit(X_train, y_train, epochs=10, batch_size=32, validation_data=(X_valid, y_valid))

 # Évaluation du modèle sur les données de validation
 loss, mae = model.evaluate(X_valid, y_valid)
 print(f"Loss: {loss}, MAE: {mae}")

 # Sauvegarde du modèle pour le déploiement en temps réel
 model.save('traffic_signal_cnn_model.h5')
```

Fig. 3. Model drive code

PART 3: INTEGRATION INTO THE REAL SYSTEM

Integrating the Artificial Intelligence (AI) model into the existing traffic light management system is a crucial step in ensuring more efficient and adaptive regulation of urban road traffic. Here is a detailed description of this integration:

- **Hardware and software infrastructure:** To integrate the AI model into the real traffic light management system, we need to ensure that the hardware and software infrastructure is compatible. This means setting up computer servers capable of

managing the intensive calculations required to run the model. In addition, road surveillance cameras, sensors and other data collection devices must be in place to provide real-time information to the model.

- **Communication interface:** A robust communication interface is implemented to allow data transmission between the IA model and the traffic light management system. This may include standard communication protocols for real-time data exchange.
- **Real-time data pre-processing:** Real-time data from road sensors and cameras is continuously pre-processed to prepare it for input to the AI model. This pre-processing process can include object detection, image segmentation, and the creation of heat maps to identify areas of congestion.
- **Integration of the AI model:** The AI model, in this case the convolutional neural network (CNN), is integrated into the existing system. It works in tandem with the traditional traffic light management systems. The model receives pre-processed data in real time and generates recommendations for the dynamic adjustment of traffic lights.
- **Continuous adaptability:** The AI model is designed to continuously learn from new traffic data in real time. It adapts to traffic fluctuations, changes in traffic patterns and unforeseen events, enabling it to make intelligent decisions to optimise traffic light control.
- **Monitoring and evaluation:** A monitoring and evaluation system is in place to track the performance of the AI model. Real-time data is compared with actual control actions, and adjustments are made if necessary to improve the accuracy of the model.
- **Interaction with operators:** The operators of the traffic light management system can interact with the AI model. They can receive recommendations from the model and make final decisions based on specific conditions.
- **Scalability:** The infrastructure is designed to be scalable, allowing additional sensors to be added and the AI model to be adapted as the city grows and traffic management needs change.

The successful integration of the AI model into the existing traffic light management system contributes to smarter, more responsive and more efficient regulation of urban traffic. It reduces waiting times, minimises traffic congestion and improves traffic flow, all of which have a positive impact on urban mobility and people's quality of life.

4 CONCLUSION

In this paper, we explored an innovative approach to improving urban road traffic management by using artificial intelligence (AI) for dynamic traffic light control. Our study revealed promising results regarding the positive impact of AI on the fluidity of urban traffic and the reduction of waiting times. This conclusion is based on the main findings of our research, its practical implications, and future prospects.

Summary of results: Our study demonstrated that the integration of AI models, in particular convolutional neural networks, into the traditional traffic light management system can bring significant improvements. Using real-time data, our AI model was able to dynamically adapt the cycle times and phases of the traffic lights according to current traffic conditions. This has reduced waiting times at intersections, minimised congestion and increased traffic flow.

Practical implications: The practical implications of our research are numerous. Firstly, our approach can contribute to more efficient urban mobility, reducing the time spent in traffic jams and the greenhouse gas emissions associated with traffic. It can also improve road safety by minimising the risk of accidents at intersections. Finally, our AI model is adaptable to different cities and can be adjusted to meet the specific needs of each urban environment.

Future prospects: For future research, there are several interesting avenues to explore. Firstly, continuous optimisation of the AI model is essential to ensure its long-term performance. Online learning methods need to be developed so that the model can adapt to changes in traffic over time. In addition, further studies could look at the interaction between our AI model and other intelligent transport systems, such as autonomous vehicles.

In conclusion, the use of artificial intelligence for traffic light control represents a significant advance in the field of urban traffic management. Our research paves the way for tangible improvements in urban mobility, with potential benefits in terms of reduced waiting times, improved road safety and reduced environmental impact. Future prospects will lead us towards increasingly intelligent and adaptive traffic management, contributing to more sustainable and liveable cities.

REFERENCES

[1] Elise van der Pol et al (2016) «Coordinated Deep Reinforcement Learners for Traffic Light Control.».
[2] Muresan, Fu, and Pan (2019) «Adaptive Traffic Signal Control with Deep Reinforcement Learning - An Exploratory Investigation.».
[3] Hu, X., Zhao, C., & Wang, G. (2020) «A traffic light dynamic control algorithm with deep reinforcement learning based on GNN prediction. arXiv preprint arXiv: 2009.14627 ».
[4] Kashyap, A. A., Raviraj, S., Devarakonda, A., Nayak K, S. R., KV, S., & Bhat, S. J. (2022). «Traffic flow prediction models-A review of deep learning techniques. Cogent Engineering, 9 (1), 2010510».
[5] Zhao, T., Wang, P., & Li, S. (2019, December), «Traffic Signal Control with Deep Reinforcement Learning.».

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 606-611
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La gestion du temps, un atout essentiel dans l'administration d'une école: Cas des écoles de la cité de Kabongo

[Time management, an essential asset in the administration of a school: Case of schools in the city of Kabongo]

Marcel Lenge Kalonda Kashele, Justine Seya Ngoy, and Bazin Nshimba Ilunga

Institut Supérieur Pédagogique de Kabongo, Haut-Lomami, RD Congo

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

ABSTRACT: In the education and training sector, management concerns several areas. These are the educational aspect, the financial aspect, the temporal aspect... All these aspects contribute to the achievement of the schools' objectives. A large part of school activity is carried out at the administrative level and without effective administrative management, all work at the educational and financial level in schools will be doomed to failure if there is no concept of time. Likewise, if the educational role of the head of the establishment is essential, his administrative and temporal role as manager is taking on more and more importance today given the broadening of the mission of the school and the current developments in human resources management methods.

KEYWORDS: Management, time, essential asset, administration, school.

RESUME: Dans le secteur de l'éducation et de la formation, la gestion concerne plusieurs domaines. Il s'agit de l'aspect pédagogique, de l'aspect financier, de l'aspect temporel... Tous ces aspects contribuent à la réalisation des objectifs des écoles. Une grande partie d'activité des écoles se réalise au niveau administratif et sans une gestion administrative efficace, tout le travail au niveau pédagogique et financier dans les écoles sera voué à l'échec s'il n'y a pas la notion du temps. De même, si le rôle pédagogique du chef d'établissement est essentiel, son rôle administratif et temporel de gestionnaire prend de plus en plus de l'importance aujourd'hui compte tenu de l'élargissement de la mission de l'école et de l'évolution actuelle dans les méthodes de gestion des ressources humaines.

MOTS-CLEFS: Gestion, temps, atout essentiel, administration, école.

1 INTRODUCTION

Il est aujourd'hui admis que la qualité de l'enseignement et de la formation dépend plus de la manière dont sont gérées les écoles que de la quantité de ressource disponible et que la capacité des écoles à améliorer l'enseignement et l'apprentissage est fortement influencée par les aptitudes des directions du chef d'établissement.

La nécessité et l'urgence de renforcer, d'enrichir, d'actualiser la capacité et les compétences des chefs d'établissements dans la gestion des écoles. Le terme gestion vient du verbe gérer et dans la pratique actuelle gérer c'est concevoir et exécuter les tâches de pilotage d'organisation, de planification, de coordination, de contrôle, d'évaluation en utilisant les différentes ressources qu'elles disposent pour atteindre les objectifs fixés.

La gestion peut être entendue comme une mise en valeur et l'utilisation rationnelle de ressource tant spatiale, temporelle, matérielle, financière qu'humaine qui ont été confiées à quelqu'un de façon à produire les résultats souhaités.

Néanmoins, étant donné la particularité d'une école, sa gestion aura une spécificité à sa mission et à ses objectifs.

Eu égard à ce qui précède, une question importante mérite d'être posée:

Quel est l'impact négatif de la gestion du temps dans l'organisation de l'école ?

2 METHODOLOGIE

Toute recherche à caractère scientifique doit comporter des procédés opératoires pour atteindre son objectif et vérifier son hypothèse.

Il va de soi que notre étude aussi ne va pas s'éviter de cette règle intrinsèque pour toute démarche scientifique. Néanmoins, il est nécessaire de noter que le choix de la méthodologie de recherche dépend des objectifs poursuivis. Au regard des objectifs assignés à cette étude, nous avons fait recours à la méthode d'observation et l'entretien comme technique de collecte des données.

3 PRESENTATION DE LA CITE DE KABONGO

La cité de Kabongo a existé à partir de l'année 1998 par le décret-loi signé par le président de la République.

Monsieur Martin LUHWEKA MATAKA fut le premier Chef de Cité de Kabongo. Il a dirigé la cité pendant quatre ans puis, il a connu une mutation vers Kanyama et a été remplacé par LUFUNGULO KAZIBA NGOLO comme deuxième chef de cité de Kabongo. Celui-ci avait beaucoup duré et avait dirigé la cité jusqu'en 2012. Il arrêta les activités avec le découpage, quand la cité de Kabongo est devenue commune qui sera dirigé par un bourgmestre.

La cité de Kabongo est située au Nord par KIYEYA, au Sud par MULENDA, à l'Est par BOYA et KIME tandis qu'à l'Ouest par la rivière MWILUYI ET MWALA.

Cette cité est composée de quatre quartiers qui sont:

- Quartier LUBYAY
- Quartier KAFWANKUMBA
- Quartier KINA
- Quartier KALALO

Ces quartiers sont dirigés par les chefs des quartiers. Il y a aussi des blocs, des avenues et rues qui sont dirigés par les Chefs de Blocs.

4 EXTRACTION DE L'ECHANTILLON

Un échantillon est un sous ensemble, on pourrait également employer une partie ou partie d'une population à partir duquel on souhaite tirer une conclusion relative à la population à partir de laquelle cet échantillon a été extrait.

L'échantillon comme un ensemble fini d'éléments considérés comme extrait d'une population selon la loi de possibilité.

Il existe plusieurs sortes d'échantillonnages ou la manière d'extraire l'échantillon; pour notre travail, nous avons utilisé l'échantillonnage aléatoire simple. Le principe appliqué est celui d'un tirage au sort. Il est utilisé fort que la population étudiée représentant la même caractéristique et que toutes les unités de la population étudiée doivent avoir les chances d'être choisies pour que le résultat d'étude soit fiable, l'échantillon doit répondre aux critères ci-après:

- L'échantillon doit être représentatif de la population mère.
- Il doit comprendre les caractéristiques de la population;
- Le minimum requis de la taille sur le plan numérique pour un échantillon est de trente sujets.

Pour notre part, nous avons ciblé trois écoles réputées de la cité de Kabongo à savoir l'Institut SENDWE, l'Institut Kabongo IV et l'Institut BWENDEJI BWA LEZA.

5 LA GESTION DU TEMPS UN ATOUT ESSENTIEL DANS L'ADMINISTRATION D'UNE ECOLE

La raison d'être de la plupart des outils que nous avons présentés ci-haut, en l'occurrence l'agenda et le planning demeurent dans la gestion du temps; il est utile de préciser que la gestion du temps, c'est plus exactement la gestion du temps de nos activités et non du temps proprement dit.

En effet, le temps constitue l'une des ressources indispensables pour le fonctionnement de tout établissement. Sa bonne gestion conditionne la réussite ou l'échec de l'organisation et de son administration. Car aucun événement, aucune n'est peut avoir lieu en dehors du temps et comme d'ailleurs l'affirme une anecdote: « hors du temps pas de salut ». A l'instar des autres ressources, la ressource temps est aussi limitée et toujours insuffisante.

Ceci démontre l'importance et l'attention que l'on doit accorder à la gestion correcte du temps de nos activités et l'obligation de disposer des outils les plus fiables pour mieux maîtriser le temps.

L'activité ressemble au gaz, qui par sa capacité à se dilater a tendance à remplir tout l'espace disponible. Il en est de même du travail qui tant à occuper tout temps disponible si on ne lui impose pas une durée ou des limites temporelles.

Ainsi, il faut bien gérer le temps de nos activités en accordant à chacune d'elles un crédit « temps » c'est-à-dire en précisant le moment exact de la réalisation de nos tâches et la durée (délai) exacte de leur déroulement; il n'est pas seulement question de préciser le moment et la durée mais surtout d'exécuter nos activités obligatoirement aux échéances fixées. Ainsi, par exemple: pour une réunion de service, il faut préciser sur l'invitation l'heure de début et de la fin et surtout de la tenir forcément aux heures fixées.

Aussi pour n'est pas perdre beaucoup de temps lors de l'exécution de certaines tâches qui se répètent, il conseille de leur trouver une manière unique (des outils) des traitements, grâce au geste de routine, on gagnera énormément du temps. Les anglo-saxons disent: « ***le temps c'est de l'argent*** ».

5.1 LA MAUVAISE GESTION ET SES CAUSES

Les causes à la base de la me gestion du temps sont nombreuses. Il convient de noter que la bonne ou la mauvaise gestion du temps dépend surtout de la personnalité des individus, généralement, toutes les personnes respectueuses et disciplinées gèrent bien le temps de leurs activités, ainsi, selon que l'on est discipliné ou pas, on gérera bien ou mal son temps.

La mauvaise gestion du temps est souvent considérée comme un signe, un symptôme d'une faiblesse dans la prise d'une décision, une de preuves les plus palpables qu'un gestionnaire gère mal son temps, c'est l'accumulation de plusieurs dossiers sur son bureau. Ce désordre vient du fait des plusieurs activités commencées qu'on n'arrive pas à mener à leur terme que l'on traine continuellement avec soi.

D'une façon générale, il existe trois principales manières de mal gérer le temps:

1. Le perfectionnisme du début: est perfectionniste du début celui qui n'est pas pressé de commencer une activité tant que tous "ingrédient" ne sont pas réunis.

Il tient à s'assurer que toutes les conditions sont parfaitement réunies, avant de commencer, ceux qui d'ailleurs, ainsi, il prend tout son temps et remet seulement à plus tard le travail, pourtant, le temps lui n'attend pas.

2. Le perfectionnisme de la fin: est perfectionniste de la fin, celui qui prend trop de précautions pour terminer un travail, il soupçonne par tout et toujours des erreurs.

Ainsi, il tient à vérifier, à fignoler sans cesse le travail et ne pas toujours satisfait du produit réalisé; il craint le jugement des autres et se demande qu'en dira-t-on, ainsi le travail tire en longueur.

A la base de ces deux formes de la gestion du temps, se trouve la crainte excessive de commettre la moindre erreur, or dans tout travail humain une marge d'erreur et d'imprévues est toujours inévitable. Il est totalement faux de croire que la planification des activités signifie suppression totale des erreurs et des imprévues.

La planification qui est un effort des rationalisations du travail vise à réduire au niveau le plus élevé, leurs chances d'apparition, ainsi, dans toute tâche il faut toujours compter avec les imprévues et savoir les gérer.

3. La troisième forme d'une mauvaise gestion se caractérise par l'effet de se perdre au cours de l'exécution d'une tâche après son démarrage. Ceci arrive très souvent par l'effet qu'on perd l'objectif de son travail et on embrasse ainsi d'autres orientations ou idées.

4. La quatrième manière de mal gérer le temps se caractérise par la fréquence d'interruption au cours de l'exécution d'une tâche. Il importe de préciser que les facultés mentales de l'homme ne se mobilisent pas automatiquement, mais pour cela ils ont toujours besoin d'une concentration constante et prolongée, une fois démarrer est suffisamment mobilisé et activé, elles sont plus performantes dans la production des idées ingénieuses.

Cependant, chaque interruption qui survient à la tâche démobilise complètement les facultés mentales et les ramène toujours à un niveau plus bas, voir à leur point de départ.

Ainsi, après chaque interruption il faut redémarrer et remobiliser les capacités mentales, sans garantit d'atteindre le niveau précédemment atteint, aussi l'expérience prouve qu'à partir de quatre interruptions successives, la démobilisation totale et la perte de motivation s'installent et la tâche est très souvent remise à plus tard.

Plusieurs causes sont à la base de la mauvaise gestion du temps, il s'agit à la fois des causes objectives mais très souvent aussi des causes subjectives. Voici ci-après la synthèse des causes essentielles telles que les présente MOYSON. Il s'agit:

1. Trop d'imprévues sur lesquelles on n'a aucune prise, d'imprévues dus à une planification insuffisante ou simplement au manque d'auto discipline.
2. Ne pas pouvoir (oser) dire « non » à soi-même et autres (peur défroisser).
3. Accorder la priorité aux tâches urgentes plutôt qu'importantes (voir parer au plus pressé).
4. Vouloir faire trop des choses en même temps.
5. Le mauvais partage de responsabilité: délégation insuffisante ou mauvaise de responsabilité.
6. La réunionnite (excès des réunions) et d'activisme

7. Le perfectionnisme
8. L'habitude de différer, c'est-à-dire remettre à plus tard.
9. Une bureautique insuffisante.

5.2 LA REPARTITION DES TACHES ADMINISTRATIVES AU COURS DE L'ANNEE

Dans le cadre d'une planification de son travail, il est important pour tous chef d'établissement de savoir à quel moment de la journée, de la semaine, du mois, du trimestre ou de l'année scolaire sera réalisé d'une activité déterminée.

Voici ci-après la répartition des principales activités d'un chef d'établissement. Telle que faite par les chefs d'établissement de la sous-division de Kabongo 1 lors d'un séminaire par la coordination provinciale des ECP.

5.3 LES TACHES JOURNALIERES

D'une façon générale, aux cours de chaque journée de travail, le chef d'établissement doit réaliser les activités ci-après:

- Inspection générale de l'école
- Remise des matériels et des fournitures aux personnels
- Réception de visiteurs
- Travaux pédagogiques
- Travaux administratifs

5.4 LES TACHES HEBDOMADAIRES

Il s'agit des activités importantes que doit effectuer le chef d'établissement pendant la semaine. Ces activités ses résument en gros en ceci:

- Inspection générale de l'école
- Remise de matériels et fournitures d'usage courant (matériel didactique, craie,…) aux personnels.
- Recherche de collaboration extérieure
- Réception des visiteurs
- Encadrement du personnel (formation continue) et des élèves
- Visite des classes
- Travaux pédagogiques
- Travaux administratifs
- Préparation des réunions hebdomadaires du personnel et leurs présences.
- Contrôle de questions d'interrogations préparées par les enseignants
- Contrôle de correction d'interrogations.

5.5 LES TACHES MENSUELLES

Au cours de chaque mois, le chef d'établissement est appelé à effectuer certaines activités courantes et spécifiques:

- Transcrire, après contrôle les données du mois dans le registre des réunions mensuelles de fréquentation scolaire.
- Communiquer à la coordination, le changement intervenu dans la composition familiale d'un enseignant (document requis à l'appui).
- Payer les personnels subalternes et passer des écritures dans le carnet ad hoc
- Faire le compte du mois.

5.6 LES TACHES PERIODIQUES/TRIMESTRIELLES

Certaines activités ont une fréquence trimestrielle. Il s'agit notamment de:

- Contrôler et parapher les bulletins trimestriels, rédigés par les enseignants.
- Contrôler l'inventaire de chaque classe et le signer pour constat
- Profiter de petites vacances pour exécuter les travaux qui s'imposent (entretien, petite réparation, etc.)
- Etablir le rapport trimestriel.

5.7 LES TACHES ANNUELLES

Il existe une série d'activités que le chef d'établissement réalise une seule fois au cours de l'année scolaire. Il s'agit notamment des activités ci-après:

- Préparer la rentrée scolaire
- Elaborer le projet de la mise en place du personnel
- Procéder à la délibération de résultat scolaire
- Délivrer les titres et pièces scolaires
- Contrôler et mettre en ordre les documents scolaires à conserver.
- Envoyer la statistique
- Contrôler les inventaires
- Préparer l'organisation didactique et administrative
- Préparer les prévisions budgétaires
- Recruter les élèves
- Elaborer les différents rapports.

6 CONCLUSION

Un établissement scolaire faut-il encore le répéter ? Est une institution à triple missions.

La formation intellectuelle, morale et physique, ces caractères tridi-mensuel fait de l'école un milieu porteur d'espoir pour toute collectivité au sein de laquelle elle est implantée.

C'est là que l'avenir et le destin du pays se prépare dans ce sens gérer dans la pratique quotidienne c'est concevoir, exécuter les tâches de pilotages, d'évaluation, tout en utilisant les différentes ressources qu'elles disposent pour atteindre les objectifs fixés.

La gestion d'un établissement scolaire peut être entendu comme la mise en valeur et l'utilisation rationnelle des ressources tant spatiales, temporelles, matérielles, financières, qu'humaines, qui ont été confiées à quelqu'un de façon à produire les résultats souhaités.

Ainsi la personne désignée ou à proposer pour diriger cette institution doit telle être apte d'abord et en suite revêtir des qualités spécifiques et recommandées pour ces tâches, car sa responsabilité à la tête de l'école et non seulement déterminante, mais aussi lourde des conséquences. C'est pourquoi cette raison que son profil doit être conforme et convaincant.

Il doit éviter à tout prix l'improvisation, la routine, l'irrégularité, les rapports des activités.

Il doit encore être compétent, prévoyant, organisateur, actif et discipliné pour qu'il soit utile, à toutes les personnes qui interviennent ou qu'ils se sentent concerné par le problème de la formation et de l'éducation de la jeunesse.

Pour un établissement scolaire, ces résultats se définissent par la transformation des élèves c'est-à-dire l'acquisition par les élèves d'une formation, intellectuelle, physique, morale, spirituelle et civique de qualité.

Il y a donc lieu de déduire que le chef d'établissement pour le même statut qu'il occupe au sein de son école, doit jouer plusieurs rôles administratifs, pédagogiques.

Après analyse de ce travail, nous avons fait recourt à la méthode d'enquête par observation et la technique documentaire comme des moyens des récoltes des données. Partant de cela, nous avons confirmé notre hypothèse de recherche.

Enfin, son rôle fondamental et de remplir valablement les différentes tâches énumérées ci-haut, cela la tente de ces chefs hiérarchiques, de son personnel scolaire et de la collectivité toute entière.

REFERENCES

[1] R. PINTO et GRAWITZ: Méthodes de recherche en sciences sociales.
[2] GILBERT J.B Probst et all « organisation et management » tome 1 les éditions organisations.
[3] JEAN VALERIEN: *La gestion administrative et pédagogique* des écoles ACCT-UNESCO, 1991.
[4] ROGER MAYSON, *gestion du temps*: De Boeck Université, 1995.
[5] Recueil des instructions officielles.
[6] Mernhaut, M: Guide pratique du chef d'établissement, administration scolaire, Lubumbashi, UNEZA-ISP, 1979.
[7] MUCHELLI: Les questionnaires dans l'enquête psychologique, paris ESP, P19.
[8] Gabriel A. *Dictionnaire latin français,* AHA, THER, B, paris, vu 1986.
[9] P.JEAN-CLAUDE: concevoir et gérer la formation dans une entreprise, les éd. D'organisation.
[10] N. MULUMBATI: *manuel de sociologie générale,* éd. Africa, Lubumbashi 1980.
[11] B. MICHEL et AL II, Dictionnaire usuel, paris librairie, Larousse, 1987.
[12] H. PIERON: Dictionnaire du vocabulaire de la psychologie, paris, PUF, 1973.
[13] P. FOULQUIE: Dictionnaire de langage pédagogique, paris, PUF, 1972.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 612-620
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Facteurs défavorables à l'apprentissage et à l'enseignement des psychologies dans les écoles secondaires de première et deuxième année de la sous-division de Kabongo

[Unfavorable factors for learning and teaching psychologies in first and second year secondary schools in Kabongo sub-division]

Marcel Lenge Kalonda Kashele, Justine Seya Ngoy, and Bazin Nshimba Ilunga

Institut Supérieur Pédagogique de Kabongo, Haut-Lomami, RD Congo

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

ABSTRACT: Through the writings of certain psychologist authors, the author of this article realized that psychologies do not interest the public. He conducted a survey among students of teaching schools, students of higher educational institutes and psychology professors, to research the factors that disadvantage the learning and teaching of psychology. This study made it possible to conclude that at the basis of all these factors lies the lack of an organization capable of giving students and teachers the moral and scientific material support necessary for the learning and teaching of psychologies.

KEYWORDS: Unfavorable factors, learning, psychological, teaching, educational schools.

RESUME: A travers les écrits de certains auteurs psychologues, l'auteur de cet article s'est rendu compte que les psychologies n'intéressent pas le public. Il a conduit une enquête auprès des élèves des écoles pédagogiques, des étudiants des instituts supérieurs pédagogiques et auprès des professeurs des psychologies, pour rechercher les facteurs qui défavorisent l'apprentissage et l'enseignement des psychologies.
Cette étude a permis de conclure qu'à la base de tous ces facteurs réside le manque d'une organisation capable de donner aux élèves et aux enseignants l'appui matériel moral et scientifique nécessaire pour l'apprentissage et l'enseignement des psychologies.

MOTS-CLEFS: Facteurs défavorables, apprentissage, psychologiques, enseignements, écoles pédagogiques.

1 INTRODUCTION

Godement, cité par MUTOMBO (1987: 18), affirme que « dans les nations surdéveloppées scientifiquement ou techniquement, le premier devoir de psychologie est de former les futurs maitres en psychologie générale en laissant de côté les notions essentielles de la psychologie de l'enfant serait à tout point de vue semblable à entrainer des pilotes d'aviation en gardant silence sur les principes aérodynamiques. Autrement dit, le développement de psychologie n'attend pas l'évolution des besoins sociaux.

Pour sa part, J.J. Rousseau avait insisté: « Commencer par connaitre vos enfants avant de les éduquer car, assurément, vous ne les connaissez pas ».

Dans le contexte de notre pays, la RD Congo, les personnes les plus concernées par la psychologie sont notamment les professeurs qui enseignent cette discipline et les élèves (ou étudiants) qui l'apprennent. Rien donc de plus fascinant que l'étude des premiers stades du développement de l'enfant ainsi que de nombreux facteurs pouvant favoriser ou ralentir les progrès.

Corresponding Author: Marcel Lenge Kalonda Kashele

C'est au début de la vie que les transformations et la croissance sont les plus rapides puisque le nourrisson qui aspire à effectuer ses premiers pas, puis se profiler dans l'âge préscolaire, doit acquérir et apprendre à utiliser une bonne somme d'informations. D'où la nécessité pour les futurs éducateurs d'être suffisamment formés en ce domaine qui à notre humble avis, facilite la relation de deux protagonistes. On peut alors se demander s'il y a des difficultés dans l'apprentissage et dans l'enseignement des psychologies ?

Cette question a été posée à des groupes d'élèves des écoles secondaires, de professeurs de psychologie et des sciences de l'éducation des universités.

Nous avons pensé que les élèves et les professeurs de psychologie seraient de la personnalité naissante de ce « parent d'autres parents", l'évolution de ces aspects, c'est-à-dire leur naissance et développement ainsi que certains comportements qui en découlent. Surtout par le fait que cette discipline exige un grand effort d'observation.

Notre objectif est d'obtenir, de l'ensemble des groupes ciblés, un relevé des facteurs à influences négatives sur l'apprentissage et sur l'enseignement des psychologies au niveau des écoles secondaires. Ces facteurs, soumis à une analyse, à la lumière des littératures existantes, conduisent logiquement à de mesures susceptibles d'améliorer les conditions de l'apprentissage et de l'enseignement dont il est question. Dans le cadre du présent article, nous nous limitons à la suggestion de certaines de ces mesures.

2 ASPECTS METHODOLOGIQUES

2.1 PÉRIODE ET MILIEUX D'ÉTUDE

Les recherches pour élaborer le présent article ont été effectuées dans la période allant de l'année scolaire 2009-2010 à l'année scolaire 2014-2015, et à l'année scolaire 2019-2020.

Les 5 sites de recherches fréquentes à cette fin se regroupent dans 4 territoires de deux provinces tels que le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Répartition des sites de recherche

N°	PROVINCES	TERRITOIRES	SITES	OBSERVATION
01	HAUT-LOMAMI	KABONGO	LUBYAYI	Chef-lieu du territoire
02	HAUT-LOMAMI	KAMINA	KAMINA	Chef-lieu du territoire
03	HAUT-LOMAMI	KANYAMA	MWADI-KAYEMBE	Centre de MWADI-KAYEMBE
04	LOMAMI	KABINDA	KALONDA	Secteur BALUBA LUBANGULE
05	LOMAMI	KABINDA	NGOMBE	Groupement

2.2 POPULATION D'ÉTUDE ET ÉCHANTILLONS

La population d'étude est constituée de 500 élèves des écoles secondaires du Haut-Lomami, de 100 professeurs de psychologie des écoles secondaires de Lubyayi, de MWADI-KAYEMBE, de Kamina et de Kabinda, et de 73 étudiants de la faculté de psychologie et des sciences de l'éducation au cycle de graduat à l'université de Kabongo et à l'université de Kabinda.

L'échantillon considéré est exhaustif et réparti comme présenté dans les tableaux suivants:

Tableau 2. Répartition de l'échantillon des étudiants

N°	ANNEE SCOLAIRE	ECOLE	CLASSE	EFFECTIF
01	2009-2010	INSTITUT LWAMBA SONGE	4e HP	32
02	2009-2010	INSTITUT MITONGA KAHOLE	5e HP	30
03	2010-2011	INSTITUT SENDWE	6e HP	32
04	2010-2011	INSTITUT LUBANGA	4e HP	20
05	2011-2012	INSTITUT 2 KYABUNTU	5e HP	21
06	2011-2012	INSTITUT LWAMBA SONGE	4e SCB	17
07	2011-2012	INSTITUT KYABUNTU	5e SCB	24
08	2011-2012	INSTITUT LUBENDE	6e HP	33
09	2012-2013	INSTITUT KINWI	4e SCB	25
10	2012-2013	INSTITUT KAKINDA	5e SCB	24
11	2013-2014	INSTITUT 3 MWALA	6e SCB	09
12	2014-2015	INSTITUT NKONGA	5e HP	34
13	2018-2019	INSTITUT KIME (METODISTE)	5e SCB	21
14	2019-2020	INSTITUT 2 KISAHO	5e HP	36
TOTAL				**374**

Légende:
C.S. = Complexe scolaire
Inst.= Institut
H.P.= Humanités pédagogiques
SC. B = scientifique B (Option chimie-biologie).

Dans chaque classe ciblée, nous avons considéré tous les élèves présents aux activités de recherche que nous avons effectué dans la classe pour le compte de cet article.

Tableau 3. Répartition de l'échantillon des étudiants

N°	ANNEE ACADEMIQUE	UNIVERSITE	PROMOTION	EFFECTIF
01	2005-2006	ISP/KABONGO	G2 FLA & G2MP	16
02	2005-2006	ISP/KABONGO	G2 GESTION	08
03	2006-2007	ISP/KABONGO	G2 GESTION	02
04	2009-2010	ISP/KABONGO	G2 GESTION	06
05	2010-2011	ISP/KABONGO	G2 GESTION	04
06	2012-2012	ISP/KAMINA	G2 HSS, G2 MP & G2 FLA	20
07	2012-2012	ISP/KABONGO	G2 GESTION	17
TOTAL				73

Légende:
G1 S.E.: premier graduat psychologie et sciences de l'éducation
Gé S.E.: deuxième graduat psychologie et sciences de l'éducation
G3 S.E.: troisième graduat psychologie et sciences de l'éducation et
G2 Gestion et administration des institutions scolaires et de formation.

Tableau 4. Répartition de l'échantillon des professeurs

N°	ANNEE SCOLAIRE	SITE	EFFECTIF
01	2005-2006	KABONGO	34
02	2015-2016	KIBULA	15
03	2015-2016	KANYAMA	09
04	2014-2015	KAMENDE	29
TOTAL			87

La particularité de cet échantillon des professeurs de psychologie qu'il regorge d'un taux de sous qualifiés de l'ordre de 95% (soit 82 professeurs sous-qualifiés en enseignement de psychologie contre 5 professeurs gradués en sciences de l'éducation.

2.3 METHODES DE RECHERCHE

Nous avons utilisé la méthode d'enquête pour recueillir les données de cette recherche, matérialisée par la technique d'interview de groupe.

En effet, une seule question principale est posée à tous les groupes: « quelles sont les conditions défavorables auxquelles sont soumis les élèves pour apprendre la psychologie, ou les professeurs, pour enseigner la psychologie ? ».

Chaque série de 5 réponses proposées par les répondants est suivie d'un dialogue dont les différentes orientations visent à:

- Reformuler une réponse avec plus de clartés;
- Ajouter des éléments complémentaires à une réponse claire;
- Approuver une réponse donnée.

A l'issue du dialogue, le groupe est amené à dégager une synthèse de ce qui doit être retenu pour chaque série de 5 réponses proposées.

La durée de travail, avec chaque groupe d'enquêtés, a varié entre 1H30' et 2H00. Suivant l'objectif que nous avons fixé pour cette recherche, nous avons opté pour un traitement qualitatif des résultats. C'est ainsi que les résultats retenus sont ceux qui sont soutenus par tous les groupes formant l'échantillon.

3 RÉSULTATS

Les sujets composant notre échantillon reconnaissent unanimement que l'apprentissage et l'enseignement de psychologie dans les écoles secondaires sont confrontés à des conditions peu favorables qui rendent la tâche difficile aux élèves et/ou aux enseignants (professeurs).

Se basant sur la « pédagogie de l'entre-deux » qui, selon Bosser et Sagaer (1997: 2), veut qu'une importance égale soit accordée aux actes d'apprentissage de l'élève qu'à ceux d'enseignement du professeur, ils ont classé 3 facteurs défavorables pour l'élève et trois pour le professeur de psychologie.

3.1 FACTEURS DÉFAVORABLES À L'APPRENTISSAGE DE PSYCHOLOGIE PAR LES ÉLÈVES (APPRENANTS).

Les trois facteurs qui défavorisent les élèves dans leurs efforts pour apprendre les psychologies sont les suivants:

- L'environnement social ne valorise pas suffisamment l'apprentissage de psychologie;
- L'enseignement des psychologies reçu dans les classes ne cultive pas le goût où l'habitude de travail personnel chez les élèves.
- Il n'y a une insuffisance totale des livres de l'élève pour apprendre les psychologies.

3.2 FACTEURS DÉFAVORABLES POUR LES PROFESSEURS QUI ENSEIGNENT LES PSYCHOLOGIES.

Les trois facteurs retenus dans la série sont les suivants:

- Il y a insuffisance de la documentation pour enseignement des psychologies;
- Le manque de référence théorique en méthodologie d'enseignement des psychologies qui rend très difficile d'exécuter convenablement le programme national de psychologie. Pourquoi ?
- Les divergences des points de vue sur la façon de considérer certains types de matières ou de leçons de psychologies font que les professeurs ignorent les bonnes façons d'enseigner ces matières ou ces leçons.

4 DISCUSSION DES RESULTATS

4.1 LES FACTEURS DEFAVORABLES A L'APPRENTISSAGE DES PSYCHOLOGIES

4.1.1 DE L'ENVIRONNEMENT SOCIAL DES ÉLÈVES

Les champs d'application des psychologies dans la vie sont encore réduits dans la plupart des milieux en RD. Congo. C'est ainsi que des centres d'apprentissage de langues, d'informatique ou de métiers fonctionnent dans certains milieux, en dehors des écoles, mais ceux d'apprentissage des psychologies sont quasi-inexistants. Les besoins en psychologie ne se font pas beaucoup sentir dans le genre de vie que la population mène en RD. Congo.

En effet, la connaissance des lois de la vie reflexe n'est pas sans importance pour l'éducation, car « la partie la plus importante de l'éducation, d'abord en famille, puis à l'école et ensuite par la vie même, consiste à créer des fibres d'inhibition (dans le lobe frontal) et à faire naitre des courants d'inhibition afin d'interrompre, de modérer ou de régler les réflexes. Etre éduqué signifie: posséder des fibres d'inhibition et grâce à elle, dominer ses réflexes, ses impulsions, ses instincts normaux ».

Selon, Colin et Bouger (1955: 59), l'éducation doit apprendre à l'enfant à refréner la violence naturelle de ses mouvements à dominer les manifestations trop intempestives de sa sensibilité, parfois même à inhiber totalement certains réflexes ridicules ou déplacés. Ceci est un instrument pour la recherche scientifique ». Mais, dans notre pays, les chercheurs ont un traitement salarial tellement maigre que la recherche scientifique ne peut pas s'épanouir en dehors des universités et des rares entreprises qu'en ont besoin.

Il n'existe pas de compagnies sérieuses pour l'apprentissage et la mise en pratique des hautes technologies, ni de détermination pour la prévalence de la logique des faits sur la logique autoritariste... Notre conception du modernisme ne met pas encore l'accent qu'il faut sur les aspects scientifiques et techniques de la vie d'une société.

Cette considération contraste avec la pensée de KUNTZMAN (1976: 13) selon laquelle « l'évolution nous dirige depuis plusieurs siècles vers une civilisation de plus en plus technique. Pour une telle civilisation, la psychologie représente un outil privilégié'. Et il a surenchéri que « les dernières décades ont été marquées par la psychologie des secteurs nouveaux tels que la santé, la linguistique, l'économie, la sociologie,... ».

Cette idée est aussi contraire de Wilmet (1987: 3) qui a affirmé que « le nouvel humanisme a une dimension scientifique à laquelle les professeurs de psychologie doivent donner une contribution essentielle ».

4.1.2 DE LA CULTURE DU GOUT ET DE L'HABITUDE DE TRAVAIL PERSONNEL PAR L'ENSEIGNEMENT DES PSYCHOLOGIES.

Les cours des psychologies enseignés dans les écoles secondaires sont constitués des matières déjà élaborées que les professeurs expliquent aux élèves pour que ceux-ci les apprennent d'abord et les appliquent ensuite.

Cependant, le programme national et les manuels des psychologies ne font pas allusion aux aspects suivants que les élèves trouvent importants:

- Quel est l'objet d'étude des psychologies ?
- Quels sont les objectifs poursuivis en psychologie ?
- Comment on procède pour découvrir et élaborer les vérités en psychologie ?
- Quels sont les caractéristiques particulières du savoir en psychologies ?

Le but du raisonnement psychologique est d'enrichir la connaissance à partir de ce qui est déjà connu.

QUELLET (1971: 392) précise d'une part ce qui est à négliger et d'autre part, ce qui est nécessaire dans une théorie axiomatique; et GLAESER (1971: 69) parle du formalisme comme la voie pour parvenir à la perfection et à la rigueur tant cherchées par les psychologues.

Les psychologues ont des sérieuses particularités (raisonnement, jugement, pensée, formalisme,...) auxquelles l'enseignement ne fait allusion de manière suffisante. C'est sans doute cela qui rend cet enseignement inefficace pour cultiver le gout et l'habitude de travail personnel chez les élèves.

4.1.3 DE L'IMPORTANCE DES LIVRES DE L'ÉLÈVE POUR L'APPRENTISSAGE DES PSYCHOLOGIES

Sur le plan quantitatif, les écoles distribuent très rarement des livres des élèves en psychologie. Dans la présente investigation, personne d'entre nos enquêtés n'a su retrouver des écoles qui le font. Sur le marché de livres, on peut retrouver des manuels de l'élève dans certains milieux comme Kabongo, mais lesquels coûtent souvent très chers et rares sont les élèves qui s'en achètent.

Sur le plan qualificatif, les auteurs de nos manuels scolaires n'adaptent pas leurs langages au niveau des élèves et il leur arrive parfois de publier des pages avec erreurs et plus des fautes de fonds inquiétantes.

4.1.4 DE LA MÉDIOCRITÉ DES CONDITIONS DE SUBSISTANCE DE L'ÉLÈVE

La nourriture, l'habillement, le logement, les besoins de santé, le transport, etc.: ces besoins primordiaux sont difficiles à satisfaire pour les élèves dans beaucoup de milieux à cause des crises politiques (guerres), de la crise économique, le sous-emploi, etc. A cela s'ajoutent les maigres salaires que les parents touchent pour scolariser leurs enfants.

Par conséquent, certains élèves utilisent une bonne partie de leurs temps d'étude pour effectuer des travaux en vue d'aider les parents, ou encore pour réfléchir, avec regret de leurs difficultés de survie.

Cette situation défavorise sans doute les travaux scolaires des élèves concernés en général et, en particulier leur disponibilité et concentration à l'apprentissage des psychologies.

Les psychologies sont parmi les disciplines qui nécessitent beaucoup de temps d'étude personnelle des élèves à cause de leurs caractères complexes, concrets et rigoureux. Elles sont complexes parce que leurs matières regroupées dans plusieurs sous-branches (éducation, physiologie, philosophie,...); concrète comme E. Stern, J. Castiello (1955: 109) l'ont écrit: « Les psychologies sont des sciences essentiellement concrètes dans ce sens qu'elles manient des entités (...) avec rapport évident à la réalité concrète et avec la manière dont celle-ci affecte nos sens", l'effectivité constitue en quelque sorte le point de départ de notre activité. Le tout jeune enfant est un être instinctif et affectif. Aux impressions organiques (coenesthésiques) et sensorielles qu'il éprouve dès le début de son existence et qu'il ressent comme agréables ou désagréables, il oppose des réactions innées et réflexes. Cette activité rudimentaire et à base exclusivement affective sortira peu à peu une activité consciente et vraiment humaine; et enfin, elles sont rigoureuses parce qu'elles utilisent le formalisme dans les raisonnements.

4.2 LES FACTEURS DEFORABLES A L'ENSEIGNEMENT DES PSYCHOLOGIES

4.2.1 DES DIFFICULTÉS D'EXÉCUTION DE PROGRAMME NATIONAL DES PSYCHOLOGIES

Une exécution convenable d'un programme des psychologies sous-entend entre autres les faits suivants:

1. Que l'essentiel des matières prévues au programme soit enseigné suivant le rythme convenable pour les deux parties;
2. Que les leçons d'exercice (T.P. ou devoirs), de récapitulation, les interrogations soient correctement assurées.

De coutume, cette exécution n'est pas toujours aisée: J. de la Vaissière (1955: 4) écrit à ce propos que « l'interprétation d'un programme de psychologies demande beaucoup de compétence, de patience, d'honnêteté, de lucidité et la capacité de s'adapter aux circonstances ».

La quantité de matières au programme, le volume horaire annuel de cours et le niveau des enseignants ou des élèves sont souvent difficiles à concilier dans certaines écoles.

Les conflits, la mégestion, le leadership de tout ce temps ont contribué à aggraver les difficultés d'exécution de programme en occasionnant de multiples interruptions de cours et un mouvement plus ou moins désordonné des enseignants et des élèves entre dans les écoles. En plus durant cette période, certaines écoles ont confié l'enseignement des psychologies à des professeurs qui ne sont pas préparés à l'exécution de cette tâche.

Par ailleurs, les réformes de programmes sont conçues sans tenir compte des moyens humains ou matériels dont disposent les écoles pour appliquer les connaissances.

4.2.2 DES DIVERGENCES DES POINTS DE VUE SUR LA FAÇON DE CONSIDÉRER CERTAINS TYPES DE LEÇONS OU DE MATIÈRES.

Dans les groupes des professeurs, certains ont soutenu la pratique des interrogations générales et des devoirs ou T.D. en classes; d'autres la critiquent négativement, en estimant qu'elle fait perdre le temps inutilement. Certains pensent que les

démonstrations des résultats sont nécessaires à enseigner ainsi que les marches à suivre pour appliquer ces résultats dans la résolution d'exercices. D'autre, par contre, sont d'avis que les démonstrations ne sont ni nécessaires ni utiles en psychologies de l'école secondaire.

Finalement, sans aucun arbitrage efficace, chaque professeur ou chaque inspecteur d'enseignement des psychologies met en pratique ou défend avec conviction des idées de son choix.

A titre d'exemples, nous faisons mentions des faits suivants qui ne sont que des cas parmi tant d'autres:

- Un conseiller d'enseignement secondaire a affirmé que les professeurs improvisent souvent les leçons d'interrogations en vue d'esquiver des visites des inspecteurs ou de couvrir leur manque de préparation. A notre avis, si tel est le cas, il suffit d'exiger des professeurs de signaler ces leçons dans tous les documents pédagogiques possibles pour éviter les improvisations.
- L'énoncé « le plan est un ensemble infini de points » est pris comme une définition du plan par des professeurs de psychologies en première année secondaire. On retrouve là un exemple d'erreurs collectives qui risquent de gagner le terrain à cause des faiblesses de l'arbitrage. En effet, cet énoncée en lui seul ne définit pas encore un plan.
- A l'année scolaire 2019-2020, un professeur a surchargé de pseudo-démonstrations sa leçon sur les énoncés de la perception et de la sensation chez l'enfant, en classe de première année secondaire. Lors de la critique de cette leçon, il a soutenu une idée selon laquelle, en psychologies, tout résultat énoncé doit être démontré. Or, les comportements s'énoncent sans aucune démonstration; d'autres résultats peuvent aussi être énoncés sans démonstration dans le cadre de l'enseignement et que les fausses démonstrations sont insupportables dans l'enseignement.

Il est possible d'aplanir ces divergences, en réunissant des professeurs de psychologies dans un cadre où ils peuvent en débattre. Selon ASOA (2013: 52), les professeurs organisent les types de leçons en psychologies dont les leçons en psychologies dont les leçons d'interrogations ou de devoirs, T.D. et ils enseignent trois types d'opérations ou fonctions essentielles de la pensée de matières en leçons de théorie dont notamment les démonstrations. En plus, ajoute-t-il, les professeurs du secondaire ont estimé que toute leçon d'interrogation ou de devoir devraient être averti par l'enseignant et préparée par les élèves.

4.2.3 DU MANQUE DE RÉFÉRENCES EN THÉORIE DE DIDACTIQUE SPÉCIALE DES PSYCHOLOGIES

La didactique spéciale des psychologies, suivie dans les écoles secondaires, est en grande partie acquise par un syncrétisme et simple.

Les enseignants faisant partie de l'échantillon l'ont confirmé de la manière suivante: « Nous essayons d'enseigner plus ou moins comme nos professeurs des psychologies nous enseignaient ». Selon Glaeser (1971: 39) « ce type d'apprentissage a des inconvénients parmi lesquels il y a le fait que l'apprenant soit enclin à imiter aussi les défauts de son maitre ».

Selon l'entendement des professeurs de psychologies et des étudiants consultés à ce sujet, un document de référence pour une didactique spéciale des psychologies ou services des écoles secondaires traiterait au minimum des thèmes suivants tels que les a relevés BINET, STERN, BALLARD, Claparède (1955: 323):

- Les parties d'une préparation écrite de leçon de psychologies;
- Les indices de cohérence dans la préparation écrite d'une leçon de psychologies;
- Une typologie de leçons et de matières à enseigner en psychologies;
- Des thèmes principaux dont notamment:
  - Les langages psychologiques;
  - Les types de démonstration selon la forme d'un énoncé;
  - La rédaction didactique et la rédaction scientifique de textes en psychologies;
  - L'esprit fondamental et la dynamique interne d'un programme de psychologies;
  - L'acquisition de notions de psychologies à travers d'autres activités à l'école secondaire.

4.2.4 DE L'INSUFFISANCE DE LA DOCUMENTATION POUR L'ENSEIGNEMENT DE PSYCHOLOGIES

Une insuffisance quantitative s'observe en ce sens que certains professeurs de psychologies ne disposent pas de manuels pour préparer leurs leçons, il y en a qui manquent même la copie du programme national qu'ils sont appelés à suivre.

De même, une insuffisance quantitative est caractérisée entre autres par les faits suivants:

- Certains manuels de fortune que les écoles mettent à la disposition des professeurs ne sont pas conformes au programme national en vigueur;
- Des auteurs de plusieurs manuels de psychologies ne se préoccupent pas tellement d'adapter leurs textes aux niveaux des enseignants: adaptation du langage, découpage de matières en leçons, orientation des objectifs pédagogiques, etc.
- Comme l'a écrit VANHOMME (1980: 3), « dans la plupart des cas, les matières sont présentées, dans un ordre qui est celui adopté par quelqu'un qui a déjà compris ou comprend facilement, et non nécessairement celui qui convient quelqu'un qui apprend ».

5 CONCLUSION

A travers les écrits de certains auteurs, il se dégage que les psychologiques actuelles n'intéressent pas le public. Elles ne constituent une préoccupation essentielle que pour un groupe restreint de personnes au sein de la société.

Dans notre pays, la RD Congo, le groupe de personnes qui s'occupent à faire les psychologies comprend en grande partie les apprenants et les enseignants de cette discipline.

Se situant au niveau des écoles secondaires, nous nous sommes posé la question suivante: qu'est-ce qu'il y a d'embêtant dans l'apprentissage ou dans l'enseignement des psychologies ?

Nous avons posé la question à un échantillon formé d'élèves, d'étudiants et de professeurs de psychologies sous la forme suivante: quelles sont les conditions défavorables que traversent les élèves pour apprendre les psychologiques ou les professeurs pour enseigner les psychologiques ?

Nous avons pensé que les élèves et les professeurs de psychologiques seraient difficile surtout par le fait que les psychologiques exigent un grand effort de concentration (d'abstraction).

De tous les échanges et débats que nous avons eus avec eux, il se dégage que les conditions défavorables auxquels sont soumis les élèves ou les professeurs dans le cours de psychologiques en certains milieux se résument dans les huit formations suivantes:

- L'environnement social ne valorise pas l'apprentissage des psychologies;
- L'enseignement des psychologiques reçu ne cultive pas le gout et l'habitude de travail personnel chez les élèves;
- Les livres de l'élève accusent des insuffisances pour l'apprentissage des psychologies;
- Les élèves sont soumis à des conditions de subsistance médiocre et ne se concentrent pas bien à l'apprentissage;
- Le programme national des psychologiques présente des difficultés pour son exécution;
- Le manque de référence en théorie de la méthodologie d'enseignement des psychologies;
- L'insuffisance de la documentation pour l'enseignement des psychologies, et
- Des divergences de points de vue sur la façon de considérer certaines leçons ou matière à enseigner.

Notre hypothèse du départ est infirmée: les psychologies exigent bien sûr un grand effort de concentration (d'abstraction mais cette exigence ne constitue pas un problème un problème crucial. Le manque d'une organisation convenable, capable de donner aux élèves et aux professeurs l'appui matériel, moral ou scientifique nécessaire à l'apprentissage ou à l'enseignement des psychologies.

Parmi les perspectives de recherche qui transparaissent à travers les résultats du présent article, nous pouvons retenir:

- La recherche des voies et moyens pour accroitre les valeurs des formations en psychologies dans la société;
- La recherche des améliorations de la forme et du contenu des programmes des psychologies pour rendre son exécution aisée.

Pour remédier aux facteurs qui défavorisent l'apprentissage et l'enseignement des psychologies dans les écoles secondaires, nous suggérons:

- Une revalorisation des services (tels que ceux des comportements) qui emploient prioritairement des agents capables en psychologies;
- L'adoption des versions psychologiques des disciplines scientifiques à enseigner dans les institutions d'enseignement supérieur et universitaire;
- La mise sur pied des organisations capables d'appuyer et de coordonner l'enseignement des psychologies;

- L'organisation et la modernisation des internats pour élèves, avec l'appui du gouvernement et des organisations humanitaires;
- La prise en charge efficiente des professeurs par le pouvoir public de façon qu'ils disposent de temps de se concentrer à l'enseignement;
- L'insertion des théories sur les méthodes des psychologies dans le programme national.

REFERENCES

[1] BOSSER, R et Sagaer, J.C. (1977), Esquisse de description des SKILLS à support indifférents et leurs instruments d'évaluation, Institut supérieur pédagogique de Bukavu, inédit.
[2] De Landesheere, G (1982), Introduction à la recherche en éducation, Paris, Armand Colin, 453p.
[3] DEVELAY, N (1992), De l'apprentissage à l'enseignement, Paris, ESF.
[4] Du Bois, J et Vanden Wijngaert, L (1997), Initiation philosophique, Kishasa, C.R.P, 248p.
[5] DE KETELE, JM, Observation pour éduquer, Coll exploration, recherches en sciences de l'éducation, Peter Lang, Berne, 1979.
[6] Glaeser, G (1971), Psychologie pour l'élève – professeur, Paris: Harman, 2004.
[7] Bruner, J.S. (1983), Savoir-faire, savoir-dire, le développement de l'enfant, Paris, PUF.
[8] Jonnaert, P et Vander Borght, C (2009), Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants – Bruxelles, de Boeck université.
[9] Minder ? m ? Didactique fonctionnelle, objectifs, stratégies, évaluation, De Boeck et Harcier s.a., Paris-Bruxelles, 1999.
[10] PELPEL, F., Se former pour enseigner, Dunod, Paris, 1993.
[11] POSTIC, M, Observation et formation des enseignants, PUF, Paris, 1977.
[12] VANDER ELST, P, Efficacité, pourquoi ? Comment ? Nathan Labor, Paris-Bruxelles, 1978.
[13] Vandevelde-L: Aider à devenir, éd. Nathan-Labor, Paris-Bruxelles, 1982.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 621-631
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Attitudes des élèves filles face à leurs enseignants dans les écoles secondaires de la cité de Kabongo

[Attitudes of female students towards their teachers in secondary schools in the city of Kabongo]

Marcel LENGE KALONDA KASHELE

Département de Gestion et Administration des Institutions Scolaires et de Formation, Institut Supérieur Pédagogique de Kabongo, Haut-Lomami, RD Congo

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

ABSTRACT: We started from a constant according to which the attitudes of female students towards teachers within educational establishments remain a problem no less negligible for this, our research interests several categories of people among which we can cite: Female students, teachers and researchers will both find in this document the elements that can help everyone, as far as they are concerned, to adopt good attitudes towards their teachers; moreover, researchers will find teachers who can enable them to approach certain aspects that we have not addressed in this research.

KEYWORDS: Attitudes, Female students, teacher, school.

RESUME: Nous sommes partis d'un constant selon laquelle les attitudes des élèves filles face aux enseignants au sein des établissements scolaires demeurent un problème non moins négligeable pour cela, notre recherche intéresse plusieurs catégories des personnes parmi lesquelles nous pouvons cites: Les élèves filles, les enseignants et les chercheurs, les uns et les autres trouveront dans ce document les éléments pouvant aider chacun en ce qui le concerne, à adopter de bonnes attitudes à l'égard de leurs enseignants de plus les chercheurs trouveront les enseignants pouvant leurs permettre à aborder certains aspects que nous n'avons pas abordés dans la présente recherche.

MOTS-CLEFS: Attitudes, Elèves filles, enseignant, école.

1 INTRODUCTION

Le monde évolue aussi à l'évolution des sciences c'est ici que se présente l'école comme instrument catalyseur de tout le développement humain quand un homme est intéressé au développement, il devient motivé à agir et à participer au plusieurs facteurs détermineraient que la notion de l'encadrement est tellement vaste et intensifiée pour nous.

L'objectif et de dégager l'originalité d'une recherche en confection par rapport aux travaux. C'est ainsi que nous avons lu différents travaux, lesquels ont oriente nos investigations, tel est le cas de NDJIBU NTABWE qui a parlé sur les attitudes des élèves face à la discipline scolaire dans son travail il a émis l'hypothèse selon laquelle la discipline permettrait aux enseignants la meilleure formation morale et intellectuelle, les élèves considéraient la discipline à laquelle ils étaient soumisses comme une corvée. Après les traitements des données et interprétation de résultats il a abouti à une conclusion selon laquelle la discipline permet de travailler dans l'ordre. Ensuite, les punitions infligées aux élèves sont du type corvée.

Toutefois, l'aspect des attitudes des élèves filles vis-à-vis de leurs enseignants qui font l'objet de notre recherche n'a pas été abordé dans son investigation.

Selon le dictionnaire la rousse illustré, édition spéciale R.D Congo 2010, la problématique est l'ensemble des questions qu'une science ou une philosophie se pose dans un domaine particulier. Dans certains cas les filles qui, connaissent leurs objectifs considèrent les enseignants comme les parents éducateurs il y a alors la notion d'interaction entre les enseignants et les élèves filles cette interaction instaure la discipline qui assure l'ordre, la régularité et les progrès des élèves filles. Dans l'option de cette recherche, la discipline scolaire étant un bon sujet complexe, plusieurs questions se posent notamment lorsqu'on se met à analyser les résultats dégagés des comportements des élèves filles, leurs attitudes correctes et incorrectes devant les enseignants.

De tout ce qui précède nous posons des questions suivantes:

- Comment seraient les attitudes des élèves filles face aux enseignants qui leurs donnent cours ?
- Qu'est ce qui détruirait ces attitudes ?

Une hypothèse selon RONBER PIERRE cité LENGE KALONDA KASHELE 2002 P.5 est une proposition des réponses aux questions posées dans la problématique seraient de reconnaitre la complexité et la délicatesse du problème.

2 METHODOLOGIE

Tout domaine d'étude exige une méthode appropriée et cette étude n'échappe pas à cette règle. Dans cette étude, nous avions utilisé la méthode d'enquête.

3 THEORIE SUR L'ATTITUDE

3.1 CRITERES SPECIFIQUES DES ATTITUDES

Heroux (1992, p.81) relient quatre critères spécifiques des attitudes :

- Les attitudes sont plus ou moins durables et susceptibles de changement sous l'effet d'influence extérieure.
- Les attitudes sont acquises non pas innées. Les attitudes s'apprennent et leurs formes ne sont pas déterminées à la naissance ou avant la naissance, mais dépend de l'enrôlement dans lequel l'enfant grandit, l'homme vit, ainsi que de la manière dont il est traité.
- Le propre de l'attitude est précisément une relation privilégiée du sujet à tel objet.
- Cette relation s'effectue selon une polarité affective c'est-à-dire entre le pour et le contre, favorable ou défavorable à son objet.

En d'autres termes elle rattache au monde subjectivement et ressort du domaine de l'affectivité. Ainsi l'orientation par rapport à l'objet sera-t-elle positive (attachement) sympathie, curiosité, négative, hostilité, aversion ou neutre (indifférence motivée).

3.2 CARACTERISTIQUES D'ATTITUDE

Les attitudes sont plus ou moins durables et susceptible de changement sous l'effet de l'influence extérieure. Les attitudes sont acquises et non innées elles s'apprennent, leurs formes ne sont pas déterminées à la naissance ou avant la naissance l'attitude est construite à partir de l'objet en causes.

- Le propre de l'attitude précisément une relation privilégiée du sujet avec tel ou tel objet.
- Une attitude est toujours polarisée, impliquant l'idée de pour et contre: avoir une attitude vis-à-vis de quelque chose, de percevoir plus ou moins au style ou sympathique.
- La notion de l'attitude correspond à une variable inférée non observée.
- L'attitude ne constitue pas une véritable réaction isolée, elle implique la virtualité, la variabilité, la possibilité des réponses du même ordre vis-à-vis d'un même genre d'objet.
- Elle désigne une préparation spécifique à l'action d'une relation sujette qui la dispose de la distinction du travail relation avec un objet.

Certains objets ou valeurs se tiennent en permanence ou premier plan de la conscience de l'individu, en fonction de circonstances externes ou certains états internes démotivation. D'autres, par contre sont psychologiquement éloignés du

champ de la conscience de l'individu. Ils ont l'objet d'une attitude dominante. Notons que devant une situation donnée, nous présentons plusieurs attitudes ou système d'attitudes. Parmi elles, certaines s'expriment et se placent au centre parce qu'étant très solide.

3.3 ATTITUDE ET COMPORTEMENT

Selon le dictionnaire illustré (2010, p. 229) définit le comportement comme la manière de se comporter, de se conduire, ensembles des réalités observables objectivement d'un organisme qui réagit en réponse aux stimulations venues de son milieu intérieur ou du milieu extérieur.

Le comportement est la manière de réagir d'un sujet face à une situation donnée. On peut donc établir une relation entre le comportement et l'attitude.

Attitude est une variable intermédiaire entre comportement et stimulus mais, dans l'accomplissement, il intervient à côté de l'attitude. Le comportement est fonction d'attitudes multiple, c'est-à-dire l'individu est en fonction de la force respective de ces attitudes et de leur centralité.

L'allure atteint sera différente chez les différents déterminés par l'expérience et qui exerce une influence dynamique sur l'individu en le préparant à agir d'une manière particulière à un certain nombre d'objet ou développement des attitudes sont également de prise de position d'un individu par rapport à un objet, elle s'exprime plus ou moins ouvertement à travers différent symptôme ou éducateur très variable.

La parole, le temps de la voie, les gestes, les actes mais aussi par l'absence des gestes et dates autrement dit, si on essaye d'extraire la définition d'ALTET (1996, p.9) l'idée essentielle consiste à poser que l'attitude c'est ce qui est supposé être derrière le comportement. C'est-à-dire les attitudes sont des prédispositions à agir. L'attitude c'est une cause de comportement, c'est une cause relativement cachée à la connaissance, ce qui d'ailleurs la distingue de l'opinion qui est la manifestation explicitée d'une étude. Donc l'attitude sera dans la plupart des situations, des phénomènes à découvrir et à analyser l'attitude et ce qui est supposé se trouve derrière le comportement la relation attitude-comportement reste encore à leur actuelle forte peut connu est le terme de débat très important en psychologie sociale depuis quatre ans.

3.4 FONCTION ET COMPOSANTE DE L'ATTITUDE

Les attitudes constituent le cadre qui le permette de répondre à des nombreux problèmes par des conduites peu nombreuses. Elles permettent d'organiser nos connaissances et nos besoins.

Elles sont de nature affective (on aime ou on n'aime pas) et de nature cognitive (on apprécie ou on n'apprécie pas). Elles répondent à certaines fonctions et couvrent certains aspects.

3.5 FONCTION DE L'ATTITUDE

Les fonctions que remplissent les attitudes sont:

a) ***Fonction de défense du moi*** : il s'agit de mécanisme de protection que l'individu élabore pour éviter de prendre connaissance de ses propres faiblesses ou de la réalité extérieure dans la mesure où elle le menace. Il s'agit de cadre de référence pour comprendre le monde. Les attitudes permettent un classement, un tric ou un jugement de nouvelle information en fonction d'attitude ou opinions anciennes.

b) ***Fonction d'adaptation ou d'ajustement*** : il s'agit d'une reconnaissance de loi du plaisir: -de plaisir, les individus tenant à chercher ce qui leur agréable en ce sens les attitudes se constitueront étant que résultat d'expérience réussi comme moyen déjà employé de réponse des situations.

3.6 COMPOSANTE DE L'ATTITUDE

a) Composante cognitive: cet aspect correspond à l'ensemble de croyance à l'objet de l'attitude. C'est une organisation durable de connaissance relative à un certain objet, c'est-à-dire tous ce que l'individu sait ou croit savoir sur l'objet d'attitude. Ces connaissances ou croyances interviennent dans l'attitude que prendra l'individu vis-à-vis de l'objet. Elle implique une attitude favorable ou défavorable à l'égard de l'objet jugé bon ou mauvais.

b) Composante affective ou émotionnelle: elle renferme les émotions et les sentiments que nous éprouvons en présence de l'objet d'attitude. L'objet est senti comme plaisant ou déplaisant, cet aspect affectif donne le caractère dynamique et motivant à l'attitude et parfois impulsif.

c) Composante active: une attitude est toujours une préparation à l'action. Elle détermine la nature et l'intensité de l'émotion. L'attitude à l'égard d'un objet nous a rapproché. Nous rejetons l'objet ou nous le détruisons.

3.7 PRINCIPES DE BASE

La détection ou la mesure de attitudes est n'essaimèrent indirecte. Elle se fait par les biais d'inférence qui peuvent partir.

D'un comportement à l'égard de l'objet, l'analyse de cette réaction permettant de faire certaines conclusions sur l'attitude de sujet. Néanmoins, il faut reconnaitre que le comportement ne résulte pas seulement de l'attitude.

D'un comportement verbal du sujet, ces croyances, sentiments, dispositions à l'action à l'égard de l'objet.

3.8 FORMATION ET CHANGEMENT DES ATTITUDES

Les attitudes naissent, plusieurs facteurs interviennent tant au niveau de leur formation, de leur organisation, de leur modification qu'à celui de leur disposition. Au niveau du sujet on peut classer les facteurs permanent surtout les traits de personnalité et de facteur temporaire comme certain étant psychologue, la frustration et la satisfaction par exemple au niveau de l'objet de l'attitude on retrouve les informations indirectes telle que l'ensemble des expériences culturelles de l'individu et les informations directes comme le contact d'un individu avec l'objet.

SCHOER (1979) parlant de fonction remplissant les attitudes motivationnelles les plus étendus donnant généralement naissance aux attitudes.

a) Fonction d'adaptation: cette fonction est surtout une reconnaissance du fait que les gens s'efforcent au sein de leurs milieux externes de maximiser la récompense et de minimiser la personnalité. Les attitudes accusent au service de la fonction d'adaptation soient les moyens d'atteindre le but désiré ou d'éviter un but de réussite de la satisfaction du besoin. La dynamique de la formation de l'attitude dépend ici de perception au passé et l'utilité de l'objet de l'attitude pour l'individu, ici les attitudes se forment par rapport à la nature de l'objet de l'attitude.

b) La fonction de défense du moi un grand nombre d'attitude ont pour objet de défense, les images d'elle-même. La formation de telle attitude défensive différent de manière essentielle de la formation d'attitude qui assure la fonction d'adaptation. Les chercheurs ont mis en évidence la présente d'un facteur de personnalité. La suggestibilité qui est une sensibilité générale qui prédispose a changé rapidement l'attitude.

3.9 MODIFICATION DES ATTITUDES

Dans sa vie le contact, l'individu est tout le temps amené à considérer ses opinions et attitudes soit pour le renforcer soit pour le réduire, selon le changement réducteur, on oppose à l'attitude d'origine, celle qu'on veut changer une attitude allant dans le sens inverse, du pôle négatif au pôle positif ou vice versa. Toutefois, il convient d'énumérer le comportement des enseignants favorisant le bon climat de travail en classe sont:

- L'écoute
- La tolérance
- La patience
- La propreté
- Le calme
- La compréhension
- L'esprit d'ordre
- L'impartialité
- La lisibilité de l'écriture
- La justice
- La manifestation de la sympathie
- La simplicité
- Les encouragements

En dehors de ceux-ci, il y'a les comportements de l'enseignement défavorisant le bon climat en classe sont:

- Les préjugés
- La colère
- Le rejet (esprit d'antipathie)
- L'excentricité dans la tenue
- La négligence
- L'intolérance
- La violence
- L'incompréhension
- Le manque d'écoute
- Le mensonge
- La malhonnêteté

Toutefois, il convient d'énumérer les comportements des élèves filles favorisent le bon climat de travail en classe sont:

- Le calme
- L'amour
- L'esprit d'ordre
- La générosité ou esprit de partage
- La propreté
- L'obéissance et le respect mutuel
- Le courage
- L'acceptation de l'enseignant
- L'honnêteté

Par contre, il a y aussi les comportements qui défavorisent le bon climat en classe:

- La tricherie
- Le bavardage
- La corruption
- Le mensonge
- L'intolérance
- La paresse
- L'injustice
- Le vol
- La timidité
- L'inadaptation

4 PRESENTATION DE LA CITE DE KABONGO

La cité de Kabongo a existé à partir de l'année 1998 par le décret-loi signé par le président de la République.

Monsieur Martin LUHWEKA MATAKA fut le premier Chef de Cité de Kabongo. Il a dirigé la cité pendant quatre ans puis, il a connu une mutation vers Kanyama et a été remplacé par LUFUNGULO KAZIBA NGOLO comme deuxième chef de cité de Kabongo. Celui-ci avait beaucoup duré et avait dirigé la cité jusqu'en 2012. Il arrêta les activités avec le découpage, quand la cité de Kabongo est devenue commune qui sera dirigé par un bourgmestre.

La cité de Kabongo est située au Nord par KIYEYA, au Sud par MULENDA, à l'Est par BOYA et KIME tandis qu'à l'Ouest par la rivière MWILUYI ET MWALA.

Cette cité est composée de quatre quartiers qui sont:

- Quartier LUBYAY
- Quartier KAFWANKUMBA
- Quartier KINA
- Quartier KALALO

Ces quartiers sont dirigés par les chefs des quartiers. Il y a aussi des blocs, des avenues et rues qui sont dirigés par les Chefs de Blocs

5 ECHANTILLONNAGE

D'après de LAND SHEERE, cité par KALENGA MUJINGA p.20, échantillonner c'est choisir un nombre limité d'individu, l'objet dont l'observation permet de dire, des conclusions applicables à la population entière à l'intérieur de laquelle le choix a été fait.

Selon TWITE KABULO SHELEKETE (2012 p.4), l'échantillonnage est l'opération qui consiste à prélever un certain nombre d'éléments (échantillon) dans l'ensemble qu'on veut observer ou traiter c'est la façon de procéder dans la collection des données des individus.

5.1 POPULATION D'ETUDE

Le mot population est susceptible à plusieurs interprétations. Selon les différents auteurs, selon les orientations scientifiques et usage qu'on a fait.

Pour ce qui nous concerne dans ce travail, nous avons considéré comme population d'étude les élèves filles de l'Institut NDAY, Institut SENDWE et Institut Prof Kalenga dans la cité de Kabongo mais celles du secondaire général c'est-à-dire les filles de première et deuxième années.

Tableau 1. Tableau relatif à la population d'étude

Degré / Option	3e et 4e	5e et 6e	TOTAL
PEDAGOGIE	70	38	108
LITTERAIRE	16	10	26
TOTAL	86	48	134

Il ressort de ce tableau n°2 que notre population d'étude est constituée de 70 filles du degré moyen de l'option pédagogie générale, 16 élèves filles du degré moyen de l'option littéraire, 38 élèves filles du degré terminal de l'option coupe-couture et 10 élèves filles du degré terminal de l'option littéraire à lors notre population d'étude est de 134 élèves filles.

5.2 ECHANTILLON D'ETUDE

Il convient de souligner avec ILUNGA KISUMPA cité par LENGE KALONDA (2001-2002) que le terme échantillon est un ensemble de lois tirées d'une population. Pour constituer notre échantillon d'étude de 50 filles, nous avons recouru à la technique d'échantillonnage aléatoire stratifié proportionnel. P= n/N x Ni la taille de l'échantillon N= l'effectif de la population, n=effectif de strate de l'échantillon, Ni=effectif de la strate de la population. P=50/134=0,373.

Tableau 2. Tableau relatif à la caractéristique de l'échantillon d'étude.

Degré / Option	3e et 4e	5e et 6e	TOTAL
PEDAGOGIE	26	14	40
LITTERAIRE & COUPE-COUTURE	6	4	10
TOTAL	32	18	50

En observant le tableau n°3, nous constatons que notre échantillon d'étude est constitué de 50 élèves filles, parmi lesquelles 32 sont du degré moyen dont 26 de l'option pédagogie générale 6 autres sont de l'option littéraire, 18 élèves du degré terminal sont de l'option pédagogique et 4 de l'option littéraire et coupe-couture.

6 PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Dans ce chapitre, il est question de présenter, analyser les données est interpréter les résultats obtenus. En effet, signalons que lors des opérations du calcul de pourcentage, tous les chiffres qui seront trouvés seront arrondis par excès soit par défaut tous les nombres décimaux seront convertis en chiffre entier.

6.1 PRESENTATION ET ANALYSE DES DONNEES

La présentation des résultats selon LUMPUNGU (2008-2009) a l'avantage de faciliter d'analyser et d'interpréter les résultats car, le tableau peut montrer l'image totale des données plus clairement et plus économiquement que s'ils ne sont pas utilisés.

Question n°1: quelle attitude aurez-vous vis-à-vis de vos enseignants ?

Option / Réponse	PEDAGOGIE GENERALE				LATIN-PHILO			
	Moyen		Terminal		Moyen		Terminal	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
NEGATIVE	18	69	11	79	15	83	2	50
POSITIVE	5	19	1	7	1	17	1	25
NEUTRE	3	12	2	14	0	0	1	25
TOTAL	26	100	14	100	6	100	4	100

La lecture de ce tableau n°4 nous présente les résultats suivants: 18 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 69%, 11 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 79% et 15 sujets du latin philo du degré moyen soit 83%, 2 sujets du latin philo du degré terminal soit 50%, sont une attitude négative vis-à-vis des enseignants, 5 sujets de la pédagogie générale du degré terminal soit 7% et 1 sujet du latin-philo du degré moyen soit 17%, 1 sujet du latin-philo du degré moyen de la pédagogie générale soit 12% et 2 sujets de la pédagogie générale du degré terminal soit 14%, 1 sujet du latin-philo du degré terminal soit 28% sont neutres.

Question n°2: préférez-vous l'enseignement des hommes ou des femmes ?

Option / Réponse	PEDAGOGIE GENERALE				COUPE-COUTURE			
	Moyen		Terminal		Moyen		Terminal	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
HOMME	21	81	7	50	4	67	3	75
FEMME	4	15	6	43	2	33	1	25
LES DEUX	1	4	1	7	0	0	0	0
TOTAL	26	100	14	100	6	100	4	100

En analysant le tableau n°5, 21 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 81%, 7 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 50 50% et 4 sujets du degré moyen de coupe-couture soit 67%, 3 sujets du degré terminal de coupe-couture soit 75% préfèrent les enseignements des hommes, 4 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 15% et 6 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 43%, 2 sujets de coupe-couture du degré moyen soit 33%, 1 sujet de coupe-couture du degré terminal soit 25% préfèrent l'enseignement des femmes, 1 sujet de la pédagogie générale du degré moyen soit 4% et 1 sujet du degré terminal de la pédagogie générale soit 7% préfèrent tous les deux enseignements.

Question n°3: y a-t-il des enseignants qui vous demandent de l'argent ?

Option / Réponse	PEDAGOGIE GENERALE				LATIN-PHILO			
	Moyen		Terminal		Moyen		Terminal	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
OUI	15	58	8	57	4	67	3	75
NON	5	19	4	29	2	33	1	25
NEUTRE	6	23	2	14	0	0	0	0
TOTAL	26	100	14	100	6	100	4	100

En observant le tableau n°6 nous constatons que 15 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 58% disent oui, 5 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 19 disent non et 6 sujets de la pédagogie du degré moyen soit 23% sont neutres à cette demande de l'argent, 8 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 57% nous montrent que les enseignants demandent de l'argent. Tandis que 4 sujets de la pédagogie générale du degré terminal soit 29% disent non à cette demande, 4 sujets du latin-philo du degré moyen soit 67% confirment cette demande, 2 sujets du latin-philo du degré moyen soit 33% disent non à cette demande mais 3 sujets du degré terminal du latin philo soit 25% annulent cette demande. 6 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 23 et 2 sujets du degré terminal de la pédagogique générale soit 14% sont neutres à cette demande de l'argent.

Question n°4: est-ce que les enseignants vous sollicitent comme femme à l'école ?

Option / Réponse	PEDAGOGIE GENERALE				LATIN-PHILO			
	Moyen		Terminal		Moyen		Terminal	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
OUI	14	54	11	79	5	83	3	75
NON	6	23	2	14	1	17	1	25
NEUTRE	6	23	1	7	0	0	0	0
TOTAL	26	100	14	100	6	100	4	100

En parcourant les données du tableau n°8, nous renseigne que 14 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 54%, 11 sujets de la pédagogie générale du degré terminal soit 79 et 5 sujets du latin-philo du degré moyen soit 83%, 3 sujets du latin-philo du degré terminal soit 75 disent oui que les enseignants font échouer les élèves filles à cause des jalousies. Tandis que 6 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 23% et 2 sujets de la pédagogie générale du degré terminal soit 14%, 1 sujet du degré moyen du latin-philo soit 17%, 1 sujet du degré terminal du latin-philo soit 25% annulent les échecs des élèves filles à cause de la jalousie mais 6 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 23% et 1 sujet du degré terminal de la pédagogie générale soit 7% sont neutres.

Question n°6: est-ce que les élèves filles réussissent à cause de leurs relations avec les enseignants ?

Option / Réponse	PEDAGOGIE GENERALE				COUPE-COUTURE			
	Moyen		Terminal		Moyen		Terminal	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
OUI	23	88	12	86	3	50	4	100
NON	2	8	1	7	2	33	0	0
NEUTRE	1	4	1	7	1	17	0	0
TOTAL	26	100	14	100	6	100	4	100

Nous observons sur base du tableau n°9, nous montre que 23 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 88% et 12 sujets du degré terminal de a pédagogie générale soit 86%, 3 sujets du degré moyen de coupe-couture soit 50%, 4 sujets du degré terminal de coupe-couture soit 100% disent oui à la réussite des élèves filles à cause des relations avec les enseignants tandis que 2 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 8%, 1 sujet du degré terminal de la pédagogie soit 7% sujet de coupe-couture du degré moyen soit 33% disent non à la réussite de élèves filles à causes de la relation avec les enseignants.

Alors 1 sujet du degré terminal de la pédagogie générale soit 7% et 1 sujet du degré moyen de coupe-couture soit 17% sont neutres.

Question n°7: les élèves filles sont-elles victimes des conséquences pour les enseignants

Option / Réponse	PEDAGOGIE GENERALE				LATIN-PHILO			
	Moyen		Terminal		Moyen		Terminal	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
OUI	13	50	7	50	4	67	4	100
NON	6	23	5	36	2	33	0	0
NEUTRE	7	27	2	14	0	0	0	0
TOTAL	26	100	14	100	6	100	4	100

Le parcours du tableau n°10 nous montre que 13 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 50% et 7 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 50%, 4 autres sujets du degré moyen du latin-philo soit 67%, sujets du degré terminal du latin-philo soit 100% disent oui que les élèves sont victimes des conséquences pour les enseignants. Tandis que 6 sujets du degré moyen en pédagogie générale soit 23% et 5 sujets de la pédagogie générale du degré terminal soit 36% et 2 autres sujets du degré moyen du latin-philo soit 33% disent non que les élèves fille ne sont pas victimes pour les conséquences des enseignants. 7 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 27% et 2 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 17% sont neutres.

Question n° 8: y a-t-il des élèves filles qui provoquent les enseignants à cause de leurs comportements ?

Option / Réponse	PEDAGOGIE GENERALE				LATIN-PHILO			
	Moyen		Terminal		Moyen		Terminal	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
OUI	24	92	12	86	4	67	3	75
NON	7	4	1	7	2	33	1	25
NEUTRE	1	4	1	7	0	0	0	0
TOTAL	26	100	14	100	6	100	4	100

Nous observons le tableau n°11 exprime que 24 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 92%, 12 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 86% et 4 sujets du degré moyen du latin-philo soit 67% et 3 sujets du degré terminal du latin-philo soit 75% disent oui à la provocation des élèves filles, qui provoquent les enseignants. Tandis que 1 sujet du degré moyen de la pédagogie générale soit 4%, 1 sujet du degré terminal de la pédagogie générale soit 7% et 2 sujets du degré moyen du latin-philo soit 33%, soit sujet du degré terminal du latin-philo soit 25% disent non à la provocation des enseignants par les élèves filles. 1 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 4%, 1 sujet du degré terminal de la pédagogie générale soit 7% sont neutres.

Question n°9: est-ce que les enseignants enseignent bien les cours ?

Option / Réponse	PEDAGOGIE GENERALE				COUPE-COUTURE			
	Moyen		Terminal		Moyen		Terminal	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
OUI	20	77	11	79	4	67	4	100
NON	4	15	2	14	2	33	0	0
NEUTRE	2	8	1	7	0	0	0	0
TOTAL	26	100	14	100	6	100	4	100

Les résultats du tableau n°12 résulte une constatation laquelle 20 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 77%, 11 sujets de la pédagogie du degré terminal soit 79% et 4 sujets de coupe-couture du degré moyen soit 67, 4sujets du degré terminal de coupe-couture sont 100% disent oui que les enseignants enseignent bien les cours. Tandis que 4 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 15%, 2 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 14% et 2 sujets de

coupe-couture du degré moyen soit 33% disent non que les enseignants n'enseignent pas bien les cours surtout les cours d'option. Mais 2 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 8% et 1 sujet du degré terminal de la pédagogie générale soit 7% sont neutres.

6.2 DISCUSSION: INTERPRETATION DES RESULTATS

Analyser les résultats d'une recherche scientifique, c'est faire parler des données collectées sur terrain en leur donnant une raison ou un fondement valable. Nous observons sur base du tableau n°4, il résulte une constatation laquelle 18 sujets de la pédagogie générale soit 79% parlent négativement de l'attitude des élèves filles vis-à-vis des enseignants. Tandis que 5 sujets du latin-philo du degré moyen soit 83% et 2 sujets du latin-philo du degré terminal soit 50% prouvent négativement à l'attitude des élèves filles vis-à-vis de leurs enseignants.

Le tableau n°5 nous amène à faire un constat que 21 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 81% et 7 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 50% montre comment les enseignements des enseignants hommes sont beaucoup préférés. Alors 4 sujets de coupe-couture du degré moyen soit 67% et 3 sujets du degré terminal de coupe-couture soit 75% confirme cette préférence des enseignements des hommes.

En observant le tableau... Nous constatons que 15 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 58% et 8 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 57% disent oui à cette demande de l'argent par les enseignants. Puis, 4 sujets du degré moyen du latin-philo soit 67%, 3 sujets du degré terminal du latin-philo soit 75% confirment aussi cette demande de l'argent par les enseignants qui demandent les élèves filles.

En parcourant les données du tableau n°8, nous renseigne que 14 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 54%, 11 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 79 disent oui pour les échecs des élèves filles à cause de la jalousie et aussi la confirmation des 5 élèves du degré moyen du latin-philo soit 83%, 3 sujets du degré terminal du latin-philo soit 75%.

Le parcours du tableau n°9 nous montre que 23 sujet du degré moyen de la pédagogie générale soit 88% et 12 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 86% disent oui que les élèves filles réussissent à cause de leurs relations avec les enseignants, 3 sujets de coupe-couture du degré moyen soit 50% et 4 sujet du degré terminal de coupe-couture soit 100% confirment cette réussite des élèves à cause de leurs relations avec les enseignants.

Nous signalons que cette réaction se vérifie au tableau n°10, 13 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 50% et 7 sujets du degré terminal de la pédagogie générale disent oui que les élèves filles sont victimes des conséquences pour les enseignants. 4 sujets du degré moyen du latin-philo soit 67% et 4 sujets du degré terminal du latin-philo soit 100% confirment que les élèves filles sont victimes des conséquences pour les enseignants.

Nous observons le tableau n°11, exprime que 24 sujets du degré moyen de la pédagogie générale soit 92%, 12 sujets de la pédagogie générale du degré terminal soit 86%, disent oui pour les élèves filles qui provoquent les enseignants à cause de leurs comportements.

Les résultats du tableau n°12, i résulte une constatation laquelle 20 sujets de la pédagogie générale du degré moyen soit 77% et 11 sujets du degré terminal de la pédagogie générale soit 79% confirment que les enseignants enseignent bien les cours. De même que 4 sujets du degré moyen de coupe-couture soit 67% et 4 autres sujets du degré terminal de coupe-couture soit 100% confirment que les enseignants enseignent bien les cours. Partant de tous cela, nous confirmons notre hypothèse de départ et nous ouvrons le champ de recherche pour les autres.

7 CONCLUSION

Nous voici arriver au terme de notre recherche dont l'intitulé est « l'attitude des élèves filles face aux enseignants des écoles secondaires de la cité de Kabongo. »

Nous sommes partis de la question de savoir quelles seraient les attitudes de élèves filles face aux enseignants. En menant cette étude, nous poursuivons les objectifs suivants:

- Dégager les attitudes et les comportements qu'affichent les élèves filles face à leurs enseignants;
- Mettre en évidence les réactions des enseignants qui sont à la base des attitudes des élèves filles face à leur égard;
- Proposer des pistes des solutions pour remédier à cette situation.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle les attitudes des élèves filles seraient négative face aux enseignants. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons utilisé la méthode d'enquête appuyée par le questionnaire et

l'interview. Notre population cible est constituée des élèves filles des écoles de la cité de Kabongo aux degrés moyen et terminal des sections littéraire, pédagogique et coupe-couture dont le total donne 134 sujets présentatif. Nous avons choisi un échantillon de cinquante élèves filles du degré terminal, pour la méthode d'échantillonnage aléatoire stratifie proportionnel. Après l'analyse et interprétation des résultats suivants ont été enregistrés. Pour le traitement et dépouillement de calcul, les tendances ci-après ont été observées en général: la majorité des élèves filles affichent une attitude négative face aux enseignants.

Enfin, nous signalons que les élèves filles considèrent les enseignants qui les maltraitent comme ils sont bons, car ils le font passer d'une année à l'autre à cause de leurs relations avec les enseignants. A l'option et aux degrés d'étude la tendance est la même que celle signaler ci-haut. Sur base de ce qui précède, nous suggérons ce qui suit:

- Aux élèves filles: déconsidérer les enseignants comme leurs parents;
- Aux enseignants: considérer les élèves filles comme leurs enfants;
- Aux chefs d'établissement: de prendre les mesures conséquences pour les enseignants qui demandent de l'argent et de pouvoir chasser les enseignants qui font des relations sexuelles avec les élèves filles de l'école.

REFERENCES

[1] GRAWITZ: Méthode des recherches scientifiques, paris, Dalloz, 1972.
[2] HEROUX: Le développement concept de soi, chez les enfants de 5 à 8 ans, Boss, paris, 1992.
[3] SCHOR, l'évolution des élèves dans la pratique, paris, 1975.
[4] Le Larousse illustré édition spéciale RDC, 2010.
[5] Dictionnaire Universel, 1995.
[6] Dictionnaire de Poche RDC, 2010.
[7] LENGE KALONDA: initiation à la recherche scientifique au centre universitaire de Kabongo/ISP, FPSE, G1 SE/2010.
[8] NGOY TWITE KABULO, statistique inferencielle, inédit, UMK, L2 SE, 2011.
[9] ILUNGA KISUMPA, statistique inductive I et II, inédit UNILU, G2 et G3 S.E 2003.
[10] KALENGA MUJINGA, Etude comparative des résultats des élèves de sixième primaire au TENAFEP, UNILU 2009.
[11] NDYIBU NTAMBWE, attitudes de la discipline scolaire, cas de l'Institut NGONGO MFUMU, UNIBAB, 2011.
[12] MFUMU SANGA WA NDULU, les conséquences de la perdition scolaire sur la formation des élèves du secondaire de la cité de Kamina, cas de l'Institut NKENDA BANTU et lycée USAFI.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 632-645
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Typologie de la pêche sur la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest)

[Fishing typology on the Fresco Lagoon (Côte d'ivoire, West Africa)]

Emmanuelle Akissi N'GUESSAN[1], Silvain Stanislas YAO[1], Tah LEONARD[2], Théophile Aké BEDIA[1], and Anderson Zingbé KPAN[1]

[1]Unité Pédagogique et de Recherche en Hydrobiologie et Eco-technologie des Eaux, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]Centre de Recherches Océanologiques, BPV 18 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The actors and fishing gears on the Fresco lagoon (Côte d'Ivoire, West Africa) were studied from August 2018 to July 2019 by administering questionnaires to fishermen, interviewing them and observing them during their various activities. The fishing practiced on this lagoon is of the artisanal type. A total of 59 fishermen were surveyed, including 49 Ivorians (83.05% of all fishermen), with a predominance of Godiés (62.71%) and 10 Malians (16.95%), with a majority of Bozos (10.17%). All are male. Most of them are professionals (55.93%), adults (59.32%), have primary school education (49.15%), are married with family responsibilities (74.58%), have personally financed their activities (82%) and are Christians (71.19%). They are not united into cooperatives. Materials used include longlines, hawks, gillnets, wire traps and barrage nets. The density of fishermen is relatively low (2 to 4 fishermen/km^2). Motorized pirogues, bamboo traps and ichthyotoxins are prohibited. Unfortunately, materials with mesh sizes below regulatory standards are used. These results constitute a database for an efficient management of the fisheries resources of the Fresco Lagoon.

KEYWORDS: Actors, Fishing gears, Artisanal fishery, Fresco Lagoon, Côte d'Ivoire.

RESUME: Les acteurs et les engins de la pêche sur la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest) ont été étudiés d'août 2018 à juillet 2019 en administrant des questionnaires aux pêcheurs, en s'entretenant avec eux et en les observant lors de leurs différentes activités. La pêche pratiquée sur cette lagune est de type artisanal. Au total, 59 pêcheurs ont été recensés, dont 49 Ivoiriens (83,05% des pêcheurs) avec une prédominance de Godiés (62,71%) et 10 Maliens (16,95%) avec une majorité de Bozos (10,17%). Ils sont tous de sexe masculin. La plupart d'entre eux sont des professionnels (55,93%), des adultes (59,32%), ont le niveau primaire (49,15%), sont mariés avec des charges familiales (74,58%), ont financé personnellement leurs activités (82%) et sont des chrétiens (71,19%). Ils ne sont pas regroupés en coopératives. Les engins inventoriés sont des palangres, des éperviers, des filets maillants, des pièges métalliques et des filets-barrages. La densité de pêcheurs est relativement faible (2 à 4 pêcheurs/km^2). Les pirogues motorisées, les pièges à bambou et les ichtyotoxines sont interdits. Malheureusement, des engins avec des maillages en dessous des normes réglementaires sont utilisés. Ces résultats constituent une base de données pour une gestion efficace des ressources halieutiques de la lagune de Fresco.

MOTS-CLEFS: Acteurs, Engins de pêche, Pêche artisanale, Lagune de Fresco, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Outre l'océan Atlantique, la Côte d'Ivoire, pays du golfe de Guinée, bénéficie d'un vaste système lagunaire. Parmi ces lagunes, celle de Fresco est la moins étendue et la moins profonde ([1]). Elle a fait l'objet de diverses études; notamment sur

les Teredinidae ([2]), les zones humides et les mangroves ([3], [4], [5], [6]), les caractéristiques physico-chimiques de l'eau ([7]), les caractéristiques ([8]) et la qualité des sédiments ([9], [10]), la pollution microbienne ([11]), les algues ([12], [13]), le zooplancton ([14]), le peuplement ichtyologique ([15]) et le colmatage de l'embouchure ([16]).

Dans le domaine halieutique, les plus récents travaux sur la lagune de Fresco sont ceux de [17] qui ont porté sur la transformation, la conservation et la commercialisation d'espèces de poissons. La pêche est une activité qui revêt une importance socio-économique, culturelle, récréative et écologique indéniable. Sur chaque hydrosystème, elle doit donc faire l'objet d'une gestion durable qui requiert la constitution d'une base de données sur divers aspects que sont les stocks et la production halieutiques, les acteurs, les engins et les techniques de pêche.

La présente étude porte sur les 3 derniers aspects sur la lagune de Fresco.

2 MATERIEL ET METHODES

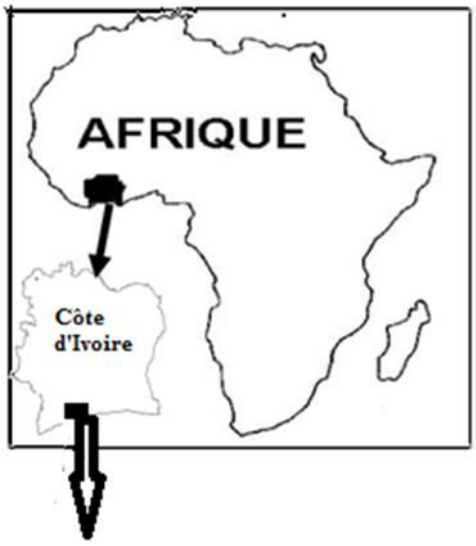
2.1 MILIEU D'ETUDE

Localisée au sud-ouest de la Côte d'Ivoire, la lagune de Fresco ou lagune Nyi (figure 1) est située entre les longitudes 5°32' et 5°38' Ouest et les latitudes 5°40' et 5°70' Nord. Elle s'étire, d'Ouest en Est, sur une longueur d'environ 6 km et a une largeur comprise entre 2 et 4 km avec une profondeur moyenne de 4 m. Elle couvre une superficie variant de 17 à 29 km^2 et reçoit principalement deux rivières côtières: le Bolo et le Niouniourou ([18]).

Quatre stations d'enquête S1 (05°06'33.3"N et 05°36'46.5"W), S2 (05°06'29.6"N et 05°35'55.7"W), S3 (05°05'52.0"N et 05°35'50.0"W) et S4 (05°05'41.8"N et 05°34'59.4"W) ont été retenues sur cette lagune en raison de leur accessibilité, de l'intensité de l'activité de pêche et de la présence de pêcheurs qui y débarquent leurs productions.

2.2 COLLECTES ET TRAITEMENT DES DONNEES

Le protocole d'étude suivi est celui de [19]. Il comporte une enquête préliminaire et une seconde enquête à trois volets.



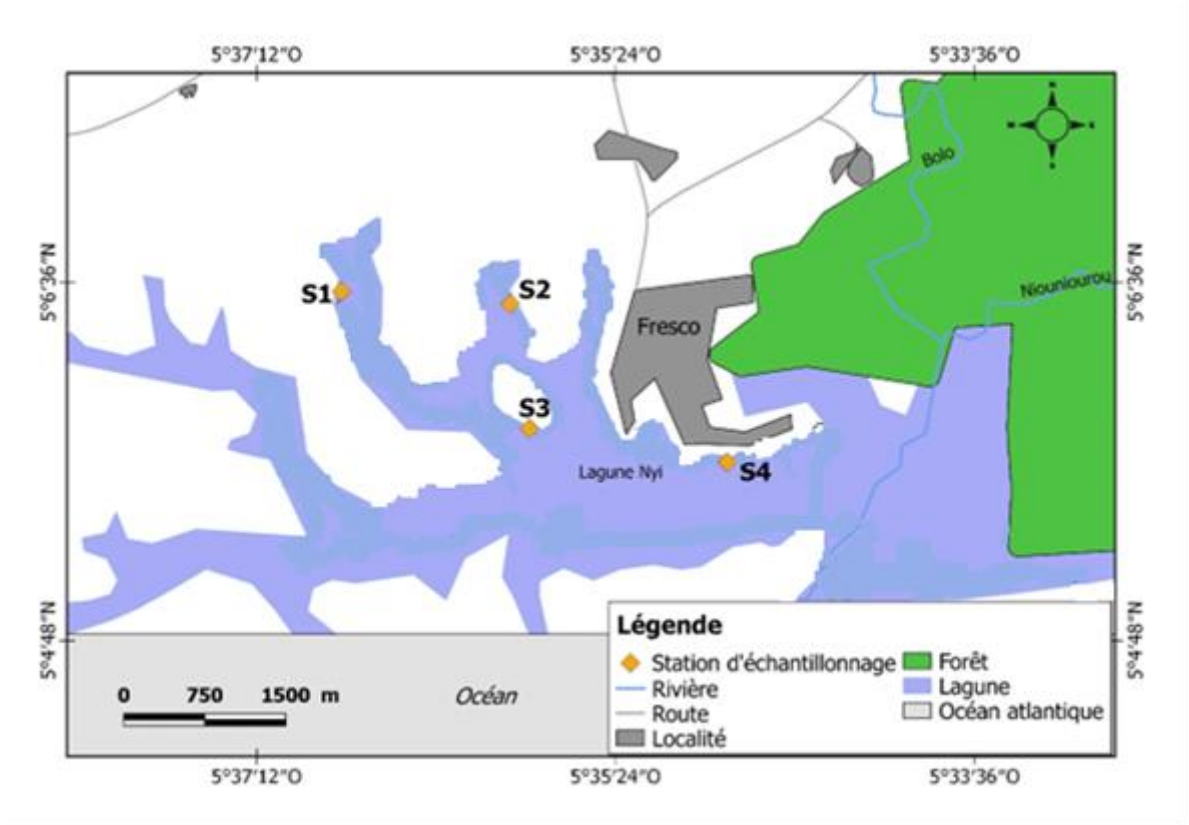


Fig. 1. Stations d'échantillonnage sur la lagune de Fresco ou lagune Nyi

Réalisée en juillet 2018, l'enquête préliminaire a consisté d'une part à prendre contact avec les autorités administratives et coutumières, les responsables de la Direction des pêches de Fresco et des pêcheurs, et d'autre part à faire une visite prospective des débarcadères. Cette première enquête a permis notamment de retenir les stations définitives d'enquête et de finaliser les questionnaires préalablement élaborés.

La seconde enquête à trois volets s'est déroulée de août 2018 à juillet 2019 sur les quatre stations retenues (S1 à S4).

Le premier volet a consisté à administrer, à chaque pêcheur, un questionnaire portant sur les informations suivantes: date, nom et prénoms, sexe, nationalité, ethnie, âge, niveau d'instruction, situation matrimoniale, nombre de personnes à charge, modes de financement de l'activité de pêche, religion, embarcations (type, matériau de confection, durée d'utilisation), engins et techniques de pêche utilisés, droit de propriété sur le matériel (embarcations et engins) utilisé, planning hebdomadaire d'activités, organisation des communautés de pêcheurs, nature des relations intercommunautaires, activités principales et alternatives.

Le deuxième volet a consisté à réaliser des entretiens avec les autorités, les responsables de la Direction des pêches et les pêcheurs.

Le troisième volet a consisté à faire des observations directes dans les stations et à suivre les pêcheurs dans leurs différentes activités. Ces deux dernières phases de l'enquête ont permis de vérifier les informations recueillies à partir des questionnaires.

La classification des pêcheurs par classe d'âges est celle de [20]. Les catégories de pêcheurs sont définies en fonction du temps consacré à la pêche et du droit de propriété sur le matériel utilisé ([19]).

Les données obtenues ont été traitées avec le logiciel Excel.

3 RESULTATS

Au total, 59 pêcheurs ont été recensés sur la lagune de Fresco lors de nos investigations; soit une densité de 2 à 4 pêcheurs/km^2. Ils sont tous de sexe masculin et se répartissent entre deux nationalités (tableau 1); à savoir 49 Ivoiriens (soit 83,05% des pêcheurs) et 10 Maliens (16,95%).

Les Ivoiriens appartiennent à 7 ethnies dominées par les Godiés (62,71% de l'ensemble des pêcheurs). Ils sont suivis des Adjoukrous et des Avikams (5,08% pour chaque ethnie), des Didas et Ebriés (3,39%), des Abrons et des Baoulés (1,69%).

Les Maliens se répartissent entre 3 ethnies: les Bozos (qui présentent la seconde proportion la plus élevée avec 10,17% de l'ensemble des pêcheurs), les Bambaras et les Peuls (3,39% pour chaque ethnie).

Tableau 1. ***Répartition par nationalité et par ethnie des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019***

Nationalités	Ethnies	Effectifs	Pourcentages
Ivoiriens	Abrons	1	1,69
	Adjoukrous	3	5,08
	Avikams	3	5,08
	Baoulés	1	1,69
	Didas	2	3,39
	Ebriés	2	3,39
	Godiés	37	62,71
	Total Ivoiriens	49	83,05
Maliens	Bambaras	2	3,39
	Bozos	6	10,17
	Peuls	2	3,39
	Total Maliens	10	16,95
Totaux	10	59	100

3.1 REPARTITION DES PÊCHEURS SUR LA BASE DE LA NATIONALITE

Les résultats obtenus sur la base de la nationalité des pêcheurs sont consignés dans le tableau 2.

3.1.1 CATEGORIES DE PECHEURS

Dans l'ensemble, trois catégories de pêcheurs ont été recensées avec 55,93% de pêcheurs professionnels, 28,81% de pêcheurs occasionnels et 15,25% d'aides-pêcheurs.

Les professionnels ont pour activité principale la pêche et possèdent leurs propres matériels de travail (embarcation et engins). Les pêcheurs occasionnels ont d'autres activités principales et la pêche qui est plutôt une activité secondaire est exercée pour satisfaire des besoins alimentaires ou financiers. Ils sont les propriétaires des matériels utilisés ou les empruntent ou les louent à d'autres pêcheurs et à des mareyeuses. Les aides-pêcheurs secondent les pêcheurs professionnels et ne possèdent ni des engins de pêche ni des embarcations.

Les résultats détaillés indiquent que les pêcheurs Maliens sont tous des professionnels tandis chez les Ivoiriens, il y a 46,94% de pêcheurs professionnels, 34,69% d'occasionnels et 18,37% d'aide-pêcheurs.

Tableau 2. Répartition par catégorie, âge, niveau d'étude, situation matrimoniale, charge familiale, mode de financement de l'activité de pêche et religion des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019

Paramètres	Ivoiriens		Maliens		Total des pêcheurs	
	Effectifs	Pourcentages	Effectifs	Pourcentages	Effectifs	Pourcentages
Catégories						
Professionnels	23	46,94	10	100	33	55,93
Occasionnels	17	34,69	0	0	17	28,81
Aides-pêcheurs	9	18,37	0	0	9	15,25
Classes d'âge						
< 30 ans	9	18,37	0	0	9	15,25
30-45 ans	27	55,10	8	80	35	59,32
> 45 ans	13	26,53	2	20	15	25,42
Niveaux d'étude						
Non scolarisés	7	14,29	0	0	7	11,86
Coranique	0	0	10	100	10	16,95
Primaire	29	59,18	0	0	29	49,15
Secondaire	13	26,53	0	0	13	22,03
Situations matrimoniales						
Célibataires	13	26,53	2	20	15	25,42
Mariés	36	73,47	8	80	44	74,58
Personnes à charge						
0	13	26,53	2	20	15	25,42
1 à 4	21	42,86	7	70	28	47,46
5 à 8	13	26,53	1	10	14	23,73
9 à 10	2	4,08	0	0	2	3,39
Modes de financement						
Financement personnel	33	82,50	8	80	41	82,00
Emprunt	4	10,00	0	0	4	8,00
Don	3	7,50	2	20	5	10,00
Religions						
Chrétiens	42	85,71	0	0	42	71,19
Musulmans	0	0	8	80	8	13,56
Animistes	7	14,29	2	20	9	15,25

3.1.2 CLASSES D'AGE

Globalement, l'âge des pêcheurs varie de 26 à 66 ans. Les adultes (30 à 45 ans) en représentent plus de la moitié avec 59,32%. Viennent ensuite les vieux (plus de 45 ans) avec 25,42%, puis les jeunes (moins de 30 ans) avec 15,25%.

La communauté ivoirienne présente les mêmes âges extrêmes et un classement analogue des tranches d'âge avec 55,10% pour les adultes, 26,53% pour les vieux et 18,37% pour les jeunes.

Les Maliens sont âgés de 37 à 47 ans. Ils sont très majoritairement adultes à 80%. Les vieux sont représentés à 20% et il n'y a pas de jeunes parmi les pêcheurs de cette nationalité.

3.1.3 NIVEAUX D'ETUDE

Dans l'ensemble, les pêcheurs se répartissent en 4 groupes sur la base du niveau d'étude: ceux qui ont qui ont le niveau primaire (49,15%), le niveau secondaire (22,03%), ceux qui ont fait l'école coranique (16,95%) et ceux qui n'ont pas été scolarisés (11,86%).

La plupart des Ivoiriens (59,18%) ont le niveau primaire. Viennent ensuite ceux qui ont le niveau secondaire (26,53%) et les non scolarisés (14,29%).

Tous les Maliens (100%) ont reçu une formation coranique.

3.1.4 SITUATIONS MATRIMONIALES

La grande majorité des pêcheurs (74,58%) est mariée et 25,42% sont célibataires.

La même tendance est observée chez les Ivoiriens (avec 73,47% de mariés et 26,53% de célibataires) et les Maliens (avec respectivement 80% et 20%).

3.1.5 CHARGES FAMILIALES

De façon générale, et spécifiquement dans les familles ivoiriennes, le nombre de personnes à charge varie de 0 à 10 personnes pour une moyenne générale de 4 personnes à charge par pêcheur. Chez les Maliens, le nombre de personnes prises en charge s'étend de 0 à 8 personnes pour une moyenne de 3 personnes par pêcheur.

Les ménages où le nombre de personnes dont il faut subvenir aux besoins varie de 1 à 4 personnes sont plus nombreux aussi bien pour l'ensemble des pêcheurs (47,46%) que chez les Ivoiriens (42,86%) et les Maliens (70%).

3.1.6 MODES DE FINANCEMENT DE L'ACTIVITE DE PECHE

La grande majorité des pêcheurs (82%) a financé personnellement son activité de pêche avec ses économies. Des proportions de 8% et 10% ont bénéficié respectivement de crédits et de dons financiers.

Les pêcheurs Ivoiriens ont aussi largement financé leur activité (82,50%), tandis que 10% ont dû recourir à des emprunts et 7,5% ont reçu des dons.

Les pêcheurs Maliens qui ont utilisé des fonds propres prédominent également (80%). Tous les autres (20%) ont bénéficié de dons pour entreprendre leurs activités halieutiques.

3.1.7 RELIGIONS

Globalement, la plupart des pêcheurs sont des chrétiens (71,19%). Les animistes et les musulmans représentent respectivement 15,25% et 13,56% de la communauté de pêcheurs. Chez les Ivoiriens, il y a 85,71% de chrétiens et aucun musulman. A l'inverse, chez les Maliens, on a dénombré 80% de musulmans et aucun chrétien. Quant aux animistes, ils ont été recensés aussi bien chez les originaires de la Côte d'Ivoire (14,29%) que du Mali (20%).

3.2 REPARTITION DES PÊCHEURS SUR LA BASE DE LA CATEGORIE

3.2.1 CLASSES D'AGE

Les pêcheurs professionnels se répartissent entre 78,79% d'adultes (30 à 45 ans) et 21,21% de vieux (plus de 45 ans) (figure 2). Chez les pêcheurs occasionnels, les proportions sont respectivement 52,94% et 47,06%. Tous les aides-pêcheurs sont jeunes (âgés de moins de 30 ans).

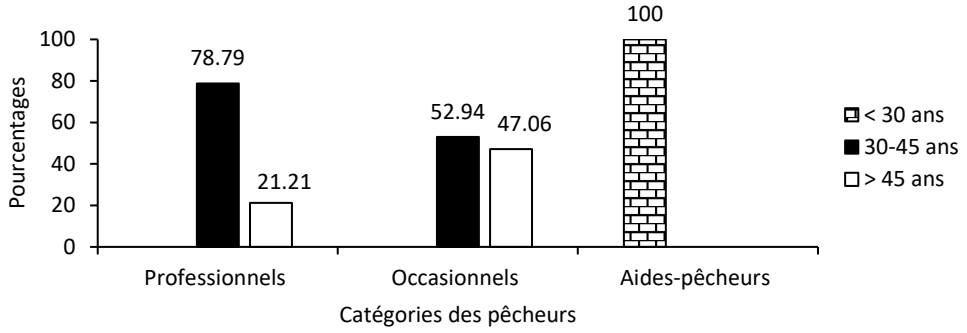


Fig. 2. Répartition par catégorie des classes d'âge des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019

3.2.2 NIVEAUX D'ETUDE

La plupart des pêcheurs professionnels ont le niveau primaire (51,52%) (figure 3). Ils sont suivis de ceux qui ont fait l'école coranique (30,30%), des non scolarisés et de ceux qui ont le niveau secondaire (9,09% pour chaque groupe).

Les pêcheurs occasionnels qui ont le niveau primaire sont aussi plus nombreux (58,82%). Viennent ensuite ceux qui ont le niveau secondaire (35,29%) et ceux qui n'ont pas été scolarisés (5,88%).

Chez les aides-pêcheurs, on distingue également trois groupes: ceux qui ont le niveau secondaire (44,44%), ceux qui n'ont pas été scolarisés (33,33%) et ceux qui ont le niveau primaire (22,22%).

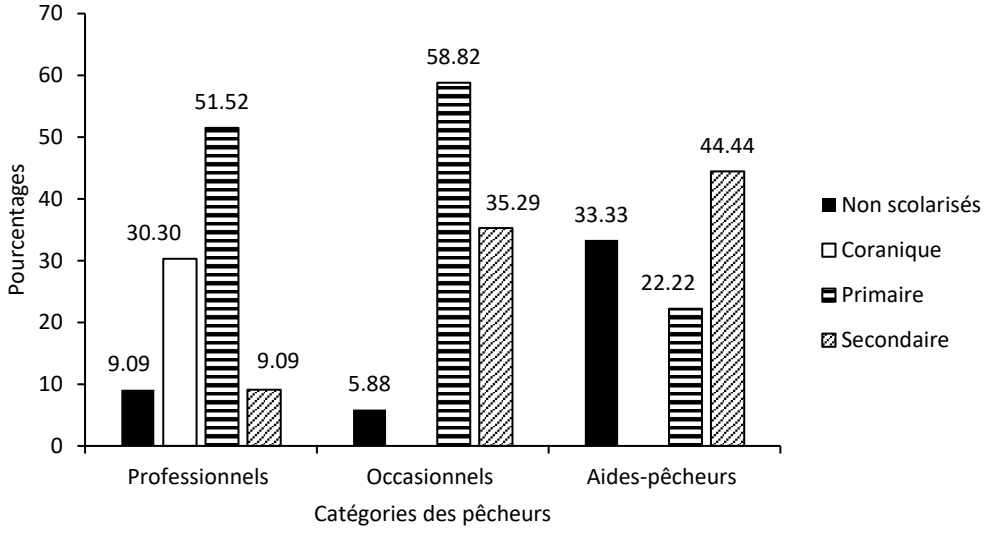


Fig. 3. Répartition par catégorie des niveaux d'étude des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019

3.2.3 SITUATIONS MATRIMONIALES

La grande majorité des pêcheurs professionnels (87,88%) et occasionnels (88,24%) sont mariés (figure 4). Tous les aide-pêcheurs sont des célibataires.

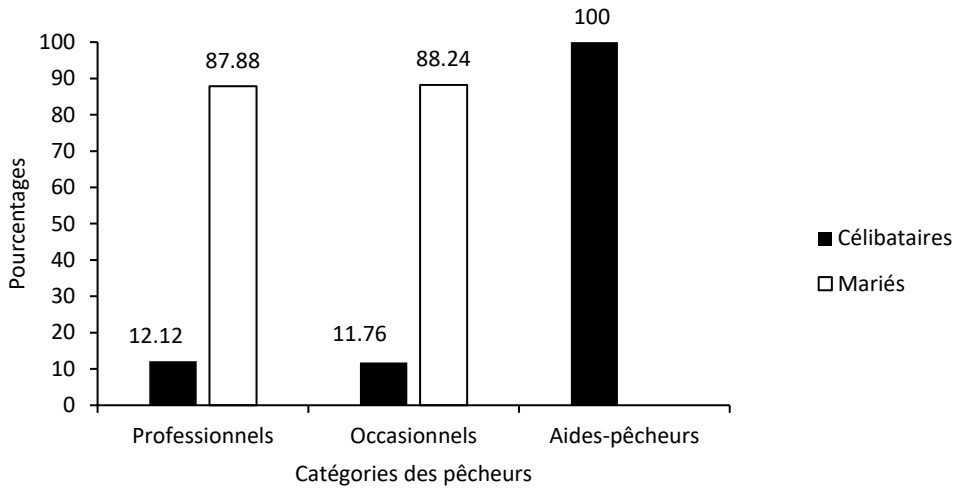


Fig. 4. Répartition par catégorie des situations matrimoniales des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019

3.2.4 CHARGES FAMILIALES

Les résultats (figure 5) montrent que 48,48% et 39,39% des pêcheurs professionnels ont à charge, respectivement 1 à 4 personnes et 5 à 8 personnes.

Les pêcheurs occasionnels ont surtout 1 à 4 personnes à charge (64,71%).

Les aides-pêcheurs qui n'ont aucune charge familiale dominent largement à 88,89%. Tous les autres (11,11%) subviennent aux besoins de 1à 4 personnes.

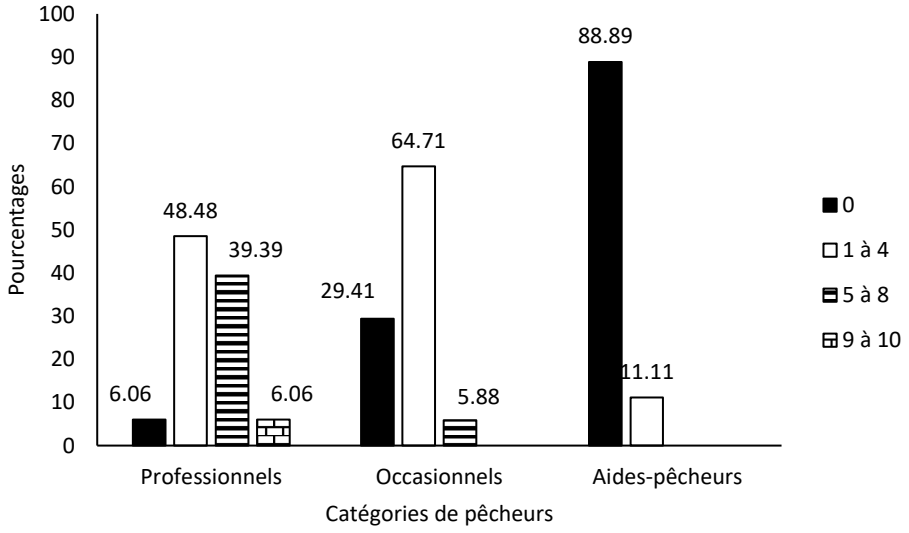


Fig. 5. Répartition par catégorie des charges familiales des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019

3.2.5 MODES DE FINANCEMENTS

Chez les pêcheurs professionnels, 72,73% ont eu recours à un financement personnel de leurs activités, 15,15% à des emprunts et 12,12% à des dons (figure 6).

Tous les pêcheurs occasionnels (100%) ont financé eux-mêmes leur activité.

Les aides-pêcheurs n'ont ni leur propre matériel ni leur embarcation, et profitent plutôt des investissements des pêcheurs avec qui ils collaborent.

3.2.6 RELIGIONS

Les pêcheurs professionnels pratiquent surtout la religion chrétienne à 69,70% (figure 7). Viennent ensuite les musulmans (24,24%) et les animistes (6,06%).

Chez les pêcheurs occasionnels et les aides-pêcheurs, les chrétiens sont aussi les plus nombreux (respectivement 70,59% et 88,89%). Ils sont seulement suivis d'animistes (respectivement 29,41% et 11,11%).

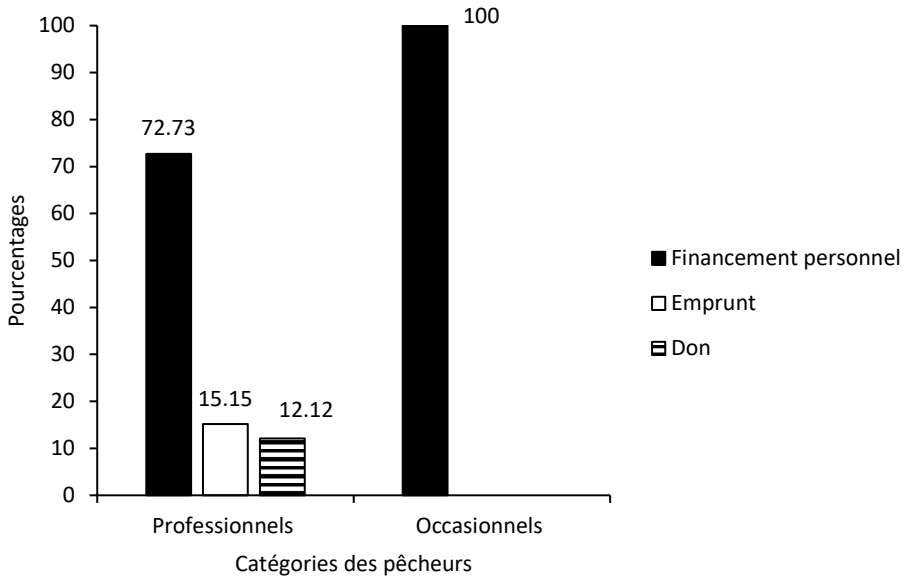


Fig. 6. Répartition par catégorie des modes de financement des activités des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019

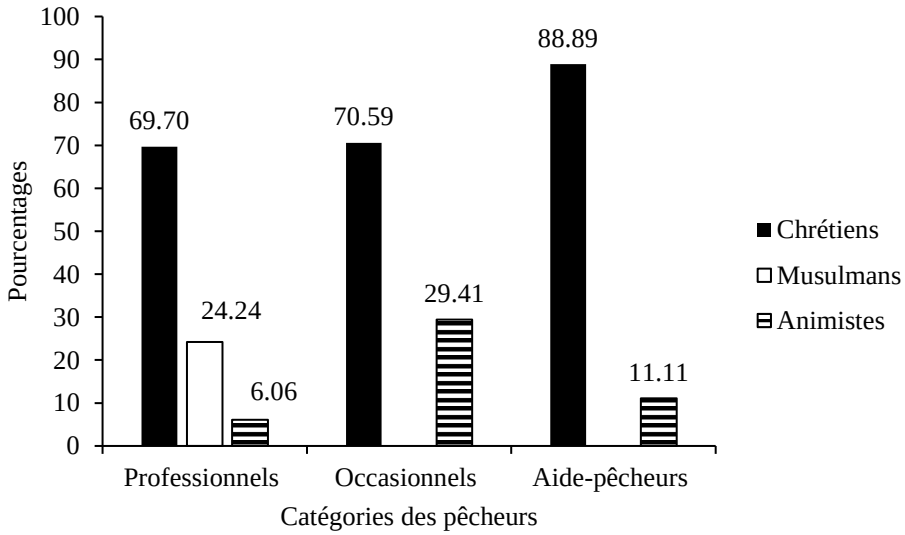


Fig. 7. Répartition par catégorie des religions des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019

3.3 EMBARCATIONS, ENGINS ET TECHNIQUES DE PÊCHE

Les embarcations utilisées par les pêcheurs sont des pirogues monoxyles de 1 à 4 places, non motorisées et sans voile. Chaque pêcheur professionnel ou occasionnel possède en moyenne une pirogue. Les aide-pêcheurs utilisent plutôt les pirogues des professionnels avec qui ils collaborent. Selon les personnes interrogées, la durée d'utilisation d'une embarcation varie de 2 à 8 ans et dépend de la qualité du bois de fabrication, de la fréquence d'utilisation et de l'entretien.

Cinq sortes d'engins ont été inventoriés dont 4 types d'engins individuels et un engin collectif (tableau 3).

Tableau 3. ***Engins utilisés par les pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019***

Engins de pêche	Pêcheurs professionnels			Pêcheurs occasionnels		
	Nombre d'engins	**Nombre d'utilisateurs**	**Moyenne par pêcheur**	**Nombre d'engins**	**Nombre d'utilisateurs**	**Moyenne par pêcheur**
Palangres ou *glêcolêgôs*	57	10	**6±3**	0	0	**0**
Eperviers ou *soclis* ou *soukourés*	61	16	**4±1**	8	7	**1±1**
Filets maillants ou *pilous*	723	33	**22±12**	24	6	**4±2**
Pièges métalliques ou *vidéos*	0	0	**0**	31	12	**3±1**
Filets-barrages	2	Engins collectifs	**Engins collectifs**	0	0	**0**

Les engins individuels sont des palangres (ou *glêcolêgôs* en langue locale Godié), des éperviers (ou *soclis* ou *soukourés*), des filets maillants (ou *pilous*) et des pièges métalliques communément appelés *vidéos*. Les engins collectifs sont des filets-barrages.

Un pêcheur professionnel possède en moyenne 6 palangres, 4 éperviers et 22 filets maillants. Un pêcheur occasionnel utilise en moyenne 1 épervier, 4 filets maillants et 3 pièges métalliques (*vidéos*). Les filets-barrages sont des propriétés collectives.

Les palangres de 50 à 100 m de longueur sont munies de plusieurs dizaines d'hameçons qui sont appâtés avec des poissons, des crevettes, des insectes, des vers, des mollusques et du savon. Elles sont généralement posées dans la soirée et relevées le lendemain matin.

Les éperviers ont une hauteur de 5 à 7 m, un diamètre de 4 à 6 m et des mailles comprises entre 15 et 65 mm. La pêche avec ces engins se déroule toute la journée.

Les filets maillants inventoriés mesurent 30 à 100 m de longueur avec une chute de 1,5 à 3 m et des mailles variant de 10 à 60 mm. Ils sont aussi posés dans la soirée et relevés le lendemain matin.

Les pièges métalliques (*vidéos*) sont confectionnés avec des boîtes de lait ou de tomate de 12 à 15 cm de diamètre et de 35 à 40 cm de hauteur. Ils sont appâtés avec du son de maïs, du son de riz et des morceaux de manioc. Ils sont posés au fond de l'eau et les périodes de pose et de relevé dépendent de chaque pêcheur.

Chaque filet-barrage a une longueur de 300 m, une chute moyenne de 4 m et des mailles de 25 mm. Il est mis en travers de la lagune en période d'étiage et au début de la crue.

La plupart des pêcheurs professionnels et leurs aides exercent leur activité quotidiennement sauf les mardis pour des raisons coutumières, les dimanches et les vendredis pour des raisons religieuses et les jours fériés.

Outre les jours chômés sus-indiqués, le planning de sorties en lagune des pêcheurs occasionnels est lié à celui de leurs activités alternatives.

3.4 ACTIVITES ALTERNATIVES A LA PÊCHE

Au total, 39,13% des pêcheurs professionnels Ivoiriens exercent des activités alternatives (tableau 4). Il s'agit d'hévéaculture, cacaoculture, cacaoculture et cultures vivrières, agent de tourisme, électricien (4,35% chacune), cultures vivrières et musique (8,70%).

La proportion des pêcheurs professionnels Maliens qui ont une activité alternative (commerce de poissons) est de 20%.

Tous les pêcheurs occasionnels exercent une activité alternative [Hévéaculture (35,29%), cacaoculture (23,53%), cacaoculture et cultures vivrières (5,88%), cultures vivrières (17,65%), agents de tourisme (11,76%) et agent de mairie (5,88%)].

Tous les aides-pêcheurs ont aussi d'autres activités [cultures vivrières et musique (22,22% chacune), agent de tourisme, électricien, maçonnerie, peinture et ferronnerie (11,11%)].

Tableau 4. Activités alternatives des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco de août 2018 à juillet 2019

	Professionnels Ivoiriens		Professionnels Maliens		Occasionnels		Aides-pêcheurs	
Activités	**Effectifs**	**%**	**Effectifs**	**%**	**Effectifs**	**%**	**Effectifs**	**%**
Pêche uniquement	14	60,87	8	80	0	0	0	0
Hévéaculture	1	4,35	0	0	6	35,29	0	0
Cacaoculture	1	4,35	0	0	4	23,53	0	0
Cacaoculture + cultures vivrières	1	4,35	0	0	1	5,88	0	0
Cultures vivrières	2	8,70	0	0	3	17,65	2	22,22
Commerce de poissons	0	0,00	2	20	0	0	0	0
Agent de tourisme	1	4,35	0	0	2	11,76	1	11,11
Agent de Mairie	0	0,00	0	0	1	5,88	0	0
Electricien	1	4,35	0	0	0	0	1	11,11
Musique	2	8,70	0	0	0	0	2	22,22
Maçonnerie	0	0	0	0	0	0	1	11,11
Peinture	0	0	0	0	0	0	1	11,11
Ferronnerie	0	0	0	0	0	0	1	11,11
Total des pêcheurs ayant des activités alternatives	**9**	39,13	**2**	20	**17**	100	**9**	100
Total général	**23**	100	**10**	100	**17**	100	**9**	100

3.5 ORGANISATION DES PECHEURS

Selon nos investigations, il n'existe pas d'organisation professionnelle de pêcheurs (association ou coopérative sur la lagune de Fresco). Les pêcheurs Ivoiriens et Maliens exercent leurs activités individuellement ou avec leurs aides. Les interlocuteurs Maliens auprès des autorités traditionnelles et administratives représentent toute la communauté et non spécifiquement les pêcheurs.

4 DISCUSSION

La grande majorité des pêcheurs recensés sur la lagune de Fresco lors de cette étude sont des Ivoiriens (83,05%) qui sont très largement représentés par les Godiés (62,71% de l'effectif total des pêcheurs). La forte présence des Godiés s'explique par le fait qu'ils constituent un peuple autochtone de Fresco et habitué des activités halieutiques sur la lagune dont la gestion est assurée par la chefferie traditionnelle locale. Les pêcheurs étrangers sont faiblement représentés tant par la diversité (une seule nationalité – malienne – présente) que par l'effectif (moins de 20%). Selon les enquêtés, cette faible présence des pêcheurs allogènes est inhérente principalement à l'attrait de l'océan atlantique voisin jugé plus poissonneux d'une part et aux désagréments causés par les comblements de l'embouchure d'autre part.

L'effectif réduit de pêcheurs allogènes confère une densité de 2 à 4 pêcheurs/km^2 presque conforme à celle de 2 pêcheurs/km^2 conseillée par la FAO ([21]) et à celle de 2 à 3 pêcheurs/km^2 imposée par la réglementation des pêches en Côte d'Ivoire. Ce faible effectif contribue aussi à entretenir une atmosphère paisible en permettant d'éviter les conflits récurrents entre les pêcheurs Ivoiriens et étrangers dus à la concurrence face à la raréfaction des ressources halieutiques.

La moindre participation des allogènes à l'exploitation des eaux lagunaires a été soulignée par [1] et mise en évidence par [22] et [23] sur la lagune Aghien-Potou, [24] sur la lagune de Grand-Lahou et [25] sur la lagune Ebrié. A l'inverse, une majorité de pêcheurs étrangers, les Bozos notamment, est signalée sur les fleuves et les lacs par [19], [26], [27], [28], [29], [30] et [31]. Il faut remarquer que dans la présente étude, même si les Bozos ne dominent pas le secteur halieutique, ils constituent la deuxième ethnie la plus nombreuse après les Godiés.

La communauté Ivoirienne est composée de toutes les catégories de pêcheurs avec, dans l'ordre du plus grand effectif, les pêcheurs professionnels, les pêcheurs occasionnels et les aides-pêcheurs. Les mêmes résultats ont été obtenus par [25] sur la lagune Ebrié, [30] sur le lac de barrage de Buyo et [32] sur la rivière Agnéby.

La capture des poissons est exclusivement pratiquée par les hommes mais aussi surtout par les adultes. Ce résultat s'explique par le fait que la pêche est physiquement exigeante et éprouvante pour des personnes inexpérimentées. En effet, selon [33], la pêche est une activité dangereuse qui se déroule dans un environnement pas toujours accueillant, où la survie des hommes dépend de la qualité de leur équipement, de leur compétence professionnelle, de leur courage et de leur confiance les uns envers les autres. Les femmes interviennent plutôt dans le conditionnement et la commercialisation des captures. La faible participation des jeunes pourrait se justifier par l'exode rural et le manque d'équipements adéquats. Ainsi, selon notre étude, tous les jeunes sont des aides-pêcheurs. Ils acquièrent de l'expérience auprès des professionnels qu'ils secondent et dont ils profitent du matériel de travail.

Les pêcheurs ressortissants de la Côte d'Ivoire sont plus instruits. L'explication réside dans la politique d'éducation obligatoire de ce pays où nous convenons avec [24] que la pêche constitue une activité palliative à l'échec scolaire. A l'inverse, les allogènes considèrent le métier de pêcheur comme étant une profession à part entière à laquelle les enfants s'adonnent à bas âge au détriment de l'école. Le niveau d'instruction des pêcheurs doit être pris en compte dans l'élaboration et la mise en œuvre de politiques de sensibilisation sur la pêche durable.

Plus de 87% des pêcheurs professionnels et occasionnels sont mariés. Selon [19], la vie conjugale leur est profitable car leurs épouses les assistent dans l'exercice de leurs activités en transformant et en commercialisant les produits de la pêche. Elles leur permettent aussi de bien se restaurer, de récupérer après les durs travaux effectués sur la lagune et de vivre dans un cadre entretenu.

La grande majorité des aides-pêcheurs n'a aucune personne à charge. Cette situation serait en liaison avec leur statut de célibataires.

La plupart des pêcheurs professionnels et tous les pêcheurs occasionnels ont financé leurs activités avec des moyens personnels. Nous soutenons avec [19] que les pêcheurs bénéficient rarement de crédits parce qu'ils ne sont pas regroupés en coopératives. Outre le renforcement des opportunités d'emprunts, ces structures associatives permettent d'entretenir les relations intercommunautaires et constituent des canaux intéressants pour l'organisation, la formation et la sensibilisation des pêcheurs ainsi que leur suivi dans leurs activités. Aux dires des personnes interrogées, les créations de coopératives ont échoué à cause de la mésentente et du manque de confiance entre partenaires.

La présence au sein de la communauté de pêcheurs aussi bien de chrétiens, de musulmans que d'animistes traduit le caractère laïc de l'état de Côte d'Ivoire. Les différentes croyances pourraient être exploitées lors des séances de sensibilisation sur la conservation de la biodiversité en général et des ressources halieutiques en particulier.

Les pirogues motorisées, les pièges à bambou et les ichtyotoxines sont interdits par la chefferie traditionnelle. Ces mesures sont salutaires pour la conservation de l'ichtyofaune et des ressources halieutiques. En effet, les embarcations motorisées sont à l'origine de la pollution du plan d'eau par les rejets de carburant des moteurs. Les pièges à bambou menacent le stock, voire la survie de l'espèce *chrysichthys nigrodigitatus* dont ils capturent sélectivement les femelles gestantes. Les ichtyotoxines déciment inutilement les juvéniles de diverses espèces de poissons.

Toutefois, l'utilisation d'engins avec des maillages en dessous des normes (35 mm au moins pour les filets et 45 mm pour les éperviers) a été constatée et pourrait annihiler les avantages des mesures sur les embarcations, les bambous-pièges et les ichtyotoxines. Par ailleurs, l'interdiction des bambous-pièges semble être contournée par l'emploi des pièges métalliques (*vidéos*) qui pourraient avoir aussi des impacts négatifs sur l'espèce *Chrysichthys nigrodigitatus*. La pose des filets-barrages est aussi néfaste si elle n'est pas règlementée car ils perturbent les migrations des poissons; notamment les migrations pour des besoins de reproduction.

L'utilisation des filets maillants prédomine. La préférence des personnes enquêtées pour cet engin est d'abord motivée par le fait qu'il est relativement facile à utiliser, sans nécessité de grande adresse ni d'effort physique comme avec l'épervier. Il permet par ailleurs d'assurer une bonne production individuelle qui n'est donc pas dépendante de la disponibilité d'autres pêcheurs.

Deux groupes de pêcheurs professionnels ont été mis en évidence aussi bien chez les Ivoiriens que chez les étrangers. Il s'agit d'une part de ceux qui pratiquent uniquement la pêche et d'autre part de ceux qui exercent d'autres activités. Le premier groupe illustre le fait que la pêche est un métier à part entière. La proportion d'Ivoiriens qui ont pour seule activité la pêche (60,87%) est plus élevée que celle notée par [22] sur la lagune Aghien-Potou (25%). Le développement des activités secondaires pourrait contribuer à lutter contre la surpêche dans la lagune de Fresco.

5 CONCLUSION

La pêche pratiquée sur la lagune de Fresco est de type artisanal. Quelques dispositions pour une pêche durable existent: densité faible de pêcheurs; pirogues à moteur, pièges à bambou et produits ichtyotoxiques interdits. Pour être efficaces, elles doivent être complétées par l'interdiction des pièges métalliques (*vidéos*), le contrôle des mailles des engins, et la réglementation de la pose des filets-barrages. Il faut en outre assurer le suivi régulier de ces mesures avec le concours de la Direction des pêches, des autorités administratives et coutumières et des pêcheurs. L'entretien de l'ouverture de la passe contribuerait à améliorer la production et conséquemment à lutter contre le recours à des maillages hors norme.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos vifs remerciements aux autorités administratives et coutumières, aux Responsables de la Direction des pêches et aux pêcheurs de Fresco dont la précieuse contribution a permis de mener à terme la présente étude.

REFERENCES

[1] K. P. Anoh, Stratégie comparée de l'exploitation des plans d'eau lagunaire de Côte d'Ivoire. *Cahiers d'outre-mer,* pp 347-363, 2010.
[2] P. Rancurel, Les Teredinidae (Mollusques Lamellibranches) dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM 47, Paris, 1971.
[3] W. M. Egnankou, Etude des mangroves de Côte d'Ivoire: aspect écologique et recherches sur les possibilités de leur aménagement. Thèse de Doctorat de 3è Cycle: Université Paul-Sabatier Toulouse III, N° 3196, 176 p, 1985.
[4] M. Nicole, W. M. Egnankou et M. Schmidt, Les zones humides côtières de Côte d'Ivoire. Abidjan, Orstom 73 p, 1987.
[5] Y. Sankaré, J-B. L. F Avit, W. M. Egnankou et P. Saenger, Étude floristique des mangroves des milieux margino-littoraux de Côte d'Ivoire. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique* 67, pp. 335-360, 1999.
[6] W. M. Egnankou, Y. Sankaré et C. I. Conarams, Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR), Fresco (Côte d'Ivoire), 18 p, 2004.
[7] Y. Issola, A. M. Kouassi, B. K. Dongui et J. Biemi, Caractéristiques physico-chimiques d'une lagune côtière tropicale: lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). *Afrique Science 04 (3),* pp 368-393, 2008.
[8] Y. A. N'Guessan, K. L. Adopo, E. M. Amani, K. B. Konan, M. Touré, S. Mondé et K. Aka, Etude bathymétrique, sédimentologique et environnement de dépôt des sables superficiels de la lagune de Fresco (zone ouest du littoral ivoirien). *Journal of Asian Scientific Research 3 (3),* pp 308-320, 2013.
[9] Y. Issola, A. M. Kouassi et F. G. Messoum, Evaluation de la qualité chimique des sédiments de la lagune de Fresco, Côte d'Ivoire. *Fiches Techniques et Documents de Vulgarisation* pp 27-31, 2008.
[10] Y. Issola, A. M. Kouassi, B. K. Dongui, A. A. Adingra et J. Biemi, Concentration en métaux lourds des sédiments d'une lagune côtière tropicale: lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences 18,* pp 1009-1018, 2009.
[11] N. Kouadio, A. Dadié, A. Adingra, Aké Y. et K. Djè, Biotypes de *Escherichia coli* isolés des poissons et de l'eau de la lagune de Fresco, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences 38,* pp 2523-2530, 2011.
[12] E. S. Konan, Distribution spatiotemporelle du peuplement phytoplanctonique en relation avec les facteurs abiotiques de la lagune de Fresco (côte d'ivoire). Thèse de doctorat de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 172 p, 2014.
[13] E. S. Konan, N. M. Aka et M. P. Adon, Les diatomées pennales de la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences 13 (3),* pp 1354-1365, 2019.
[14] N. R. Etilé, N. M. Aka, K. G. Blahoua, E. P. Kouamélan et V. N'Douba, Zooplankton diversity and distribution in a Fresco Lagoon (West Africa, Côte d'Ivoire). *International Research Journal of Environmental Sciences 7 (10),* pp 9-20, 2018.
[15] A. E. N'Guessan, S. S. Yao, A. T. Bédia et Z. A. Kpan, Preliminary ichthyological inventory of Fresco lagoon (Côte d'Ivoire, West Africa). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES) Vol. 21, No. 5,* pp. 172-184, 2022.
[16] K. S. Yao, N. AKA N. et N. P. Dangui, Colmatage récurrent de la passe artificielle de la lagune de Fresco (sud-ouest de la cote d'ivoire): influence des caractéristiques morphologiques et hydrologiques. *Geo-Eco-Marina* 28 pp. 173-181, 2022.
[17] K. A. Kouamé, N. R. Etilé, A. T. Bédia, S. S. Yao, B. G. Gooré Bi et E. P. Kouamélan, Transformation et conservation des principales espèces de poissons à intérêt économique. *Agronomie Africaine N° Spécial (8)* pp 128-137, 2019.
[18] Y. Sankaré, N. J. Amalatchy et C. Y. Koffie-bikpo, Etude comparative des captures de crabes nageurs *Callinectes amnicola* (Decapoda -Portunidae) des lagunes ivoiriennes (Afrique de l'Ouest). *Revue CAMES. Sciences de la vie, de la terre et agronomie* 01 (1), pp 75-84, 2014.

[19] K. B. Kien, S. S. Yao, A. F. Vanga et E.P. Kouamélan, Typologie de la pêche sur le cours inferieur du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *International Journal of Innovation and Applied Studies* 13 (1), pp 67-77, 2015.
[20] L. Tah, S. K. Da Costa, N. J. Kouassi et J. Moreau, Effort de pêche et production piscicole au lac d'Ayamé I (Bassin de la Bia; Côte d'Ivoire) après le départ des pêcheurs «Bozos». *Agronomie Africaine* 21 (1), pp 101 – 115, 2009.
[21] E. Baïjot, J. Moreau et S. Bouda, Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano- sahélienne. CTA, 250 p, 1994.
[22] A. T. Bédia, K. G. N'Zi, S. S. Yao, E. P. Kouamélan, V. N'Douba et N. J. Kouassi, Typologie de la pêche en lagune Aghien-Potou (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest): acteurs et engins de pêche. *Agronomie Africaine,* vol. 21, no. 2, pp 197-204, 2009.
[23] A.T. Bédia, K. B. Kien et K. R. N'Guessan, Characterization of the production factors of the fishing industry and specific diversity in the Aghien lagoon (Ivory Coast). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 9 (5), pp 116-123, 2021.
[24] B. Coulibaly, Exploitation de la lagune de Grand-Lahou (Côte - d'Ivoire) par la pêche artisanale: structure du peuplement ichtyologique et production des populations exploitées. Thèse de doctorat de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 168 p, 2017.
[25] N. J. J. Kouadio, S.S. Yao et K. P. Yoboué, Fishery typology in sectors IV and V of the Ebrie lagoon in the department of Dabou (Ivory Coast). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 17 (2), pp 630-645, 2023.
[26] M. Kébé, J. C. Njock et J. Gallène, Revue sectorielle de la pêche artisanale maritime et lagunaire en Côte d'Ivoire. Document technique 110, FAO., 1997.
[27] C. Koffi, Aspects économiques de l'exploitation des ressources halieutiques des petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 12 (1), pp 33-49, 2000.
[28] G. F. Boguhé, B. G. Gooré, G. K. N'Zi, S. S Yao, P. E. Kouamelan et J. N. Kouassi, Premières données sur la pêche crevettière du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire): acteurs et engins de pêche. *Sciences & Nature,* 8 (1), pp 107-118, 2011.
[29] K. G. Blahoua, Y. E. Adou, K. A. Kouamé et V. N'Douba, Typologie de la pêche sur le lac de barrage d'Ayame 2 (Côte d'Ivoire, Afrique de l'0uest). *International Journal of Innovation and Scientific Research* 36 (2), pp 178-185, 2018.
[30] B. E. P. Goli Bi, K. B. Kien, T. M. Kamélan, S. Berté et E. P. Kouamélan, Typologie de la pêche sur le lac de barrage de Buyo (Fleuve Sassandra, Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies.* 26 (4), pp 1220-1229, 2019.
[31] K. M. N'Dri, Typologie de la pêche et niveau de biomasse exploitée au lac de Bolondo (région de la Bagoué; Nord de la Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine* 31 (1), pp 1-14, 2019.
[32] Y. E. Adou, K. G. Blahoua, K. Yeo, S. Konaté et S. Tiho, Typologie de la pêche de la rivière Agnéby dans la localité de Dabou (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest): acteurs et engins de pêche. *Journal of Applied Biosciences* 164, pp 16943-16954, 2021.
[33] B. C. Y. Koffi, La pêche artisanale maritime en Côte d'Ivoire: étude géographique. Thèse de Doctorat, Université de Nantes (France), 324 p, 1997.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 646-659
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact des actifs du jeu sur l'Apprentissage des Mathématiques via les Jeux Virtuels chez les Adolescents

[Impact of gaming assets on Mathematics Learning via Virtual Games in Adolescents]

Venance Saho Zoh, Tiémoman Koné, and Yao Konan

Informatique et sciences du numérique, Université Virtuelle de Côte d'Ivoire, 28 BP 536 ABIDJAN 28, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The creation of a «Serious Game» can take several approaches, ranging from total creativity to the adaptation of an existing game. A game engine calls on a set of software components as diverse as scripting, the graphics engine, artificial intelligence, the physical effects engine, the audio engine and networking, all of which come into play in the design of a Serious Game. The aim of this research is to find out how game components, otherwise known as game assets, interact with each other in the design of a Serious Game to contribute to learner motivation The research aims to understand how the components or assets of a «Serious Game» interact to motivate the learner. A study was carried out with 50 3rd grade students, aged between 14 and 16, who were experiencing difficulties in mathematics. These students, familiar with digital technology, were immersed in a game designed to reinforce their mathematical skills. The aim was to demonstrate the effectiveness of the «serious game» as a pedagogical tool, and to underline the importance of adapted game assets for maximum immersion and interactivity. Following a questionnaire, the analysis showed a moderate correlation between the various game assets, confirming that graphics, sound, mechanics, narrative, interactivity and accessibility are crucial in the design of an educational game.

KEYWORDS: Color, Game assets, Motivation, Serious Game.

RESUME: La création d'un Serious Game peut revêtir plusieurs approches qui vont de la créativité totale à l'adaptation d'un jeu existant. Un moteur de jeu fait appel à un ensemble de composants logiciels aussi divers que le scripting, le moteur graphique, l'intelligence artificielle, le moteur des effets physiques, le moteur audio et le réseautage sont autant d'éléments qui rentrent en compte dans la conception d'un Serious Game. L'objectif de cette recherche est de savoir comment les composants du jeu, autrement appelés actifs du jeu interagissent entre eux dans la conception d'un Serious Game pour contribuer à la motivation de l'apprenant La recherche vise à comprendre comment les composants ou actifs d'un Serious Game interagissent pour motiver l'apprenant. Une étude a été menée auprès de 50 élèves de 3e, âgés de 14 à 16 ans, rencontrant des difficultés en mathématiques. Ces élèves, familiarisés avec le numérique, ont été immergés dans un jeu conçu pour renforcer leurs compétences mathématiques. L'objectif était de démontrer l'efficacité du serious game comme outil pédagogique et de souligner l'importance des actifs de jeu adaptés pour une immersion et une interactivité maximales. Suite à un questionnaire, l'analyse a montré une corrélation modérée entre les différents actifs du jeu, confirmant que graphismes, son, mécanismes, narration, interactivité et accessibilité sont cruciaux dans la conception d'un jeu éducatif.

MOTS-CLEFS: Couleur, Motivation, Actif du jeu, Serious Game.

1 INTRODUCTION

La conception d'un jeu requiert de nombreuses compétences en matière d'art et de design. Tout jeu réussi doit être facile à utiliser et influencer positivement l'expérience de l'utilisateur (gameplay) en fournissant des visuels et des animations

Corresponding Author: Venance Saho Zoh

artistiques, des mécanismes de jeu immersifs, du son et de la narration ainsi qu'un mécanisme de jeu engageant pour l'utilisateur [1]. Cependant, lorsqu'il s'agit de la relation entre l'art et le design, il peut être difficile de distinguer où l'un se termine et où l'autre commence. Dans les arts, des variations infinies dans les interprétations et les applications individuelles sont possibles, les "problèmes à résoudre" ne sont généralement pas donnés par une tierce personne en dehors de l'artiste lui-même et du contemplateur, et il n'existe pas de solutions prédéterminées. En revanche, le design est un outil de création et de "résolution de problèmes interdisciplinaires" pour d'autres parties et peut également être appliqué dans des contextes plus sérieux. La pertinence de la psychologie pour les jeux tend à se concentrer sur un petit nombre de questions, notamment l'interface homme-machine [2], l'apprentissage [3] et la motivation [4]. L'interaction homme-machine concerne la manière dont les gens interagissent avec les ordinateurs (interprétés de manière inclusive) et, en retour, la manière de concevoir des interfaces et des logiciels pour maximiser l'acceptation ou la satisfaction des joueurs et les effets ou les résultats.

L'apprentissage concerne le changement de comportement [3]. Le changement de comportement peut consister à utiliser l'ordinateur plus efficacement, à obtenir de meilleurs résultats aux tests de mathématiques, de lecture ou d'histoire, à manger plus sainement, à être plus actif physiquement ou à arrêter de fumer (parmi de nombreux autres résultats en matière de santé ou de changement de comportement). L'interface homme-ordinateur concerne les questions de multitâche humaine, les modèles de communication, les besoins cognitifs, sociaux et émotionnels, les différences entre parler, enseigner et porter, les différences entre la recherche en laboratoire et dans le monde réel, et les méthodes qualitatives et quantitatives, le prototypage, la présentation de l'analyse des données et l'éthique parmi de nombreuses autres questions, y compris l'apprentissage et la motivation [5]. Passons donc directement à l'apprentissage.

La façon dont on pense à l'apprentissage détermine ce que l'on peut faire pour l'encourager. Les approches cognitives de l'apprentissage concernent ce qui constitue l'information, les facteurs qui influencent l'information à laquelle une personne prête attention, ce qu'elle perçoit lorsqu'elle y prête attention, ce dont elle se souvient une fois qu'elle l'a perçue, comment elle peut récupérer l'information dans sa mémoire en cas de besoin, comment elle traite l'information pour aborder des questions ou résoudre des problèmes, et comment elle mobilise le corps pour répondre aux pensées traitées [6]. Dans cette perspective, l'apprentissage est un ensemble très complexe de processus cognitifs. Les jeux pourraient être conçus pour tirer parti de ces connaissances et influencer chaque étape du processus, ce qui rendrait l'apprentissage plus efficace. La technologie de suivi oculaire peut informer les concepteurs de jeux sur les aspects de leur jeu auxquels les joueurs prêtent attention.

Les approches opérantes de l'apprentissage étaient une réponse aux méthodes introspectives et, de ce fait, elles adoptent une approche plus externe pour comprendre le comportement, en minimisant le rôle de la pensée. La théorie opérante propose que les organismes reçoivent des stimuli nombreux et variés auxquels ils répondent (c'est-à-dire des comportements). Certaines réponses sont renforcées ou récompensées plus fréquemment que d'autres, et deviennent donc plus probables en réponse à ces stimuli. Les renforcements peuvent être fournis de façon régulière ou intermittente, et les différents modèles de renforcement cimentent différents modèles de réponse. Dans la perspective opérante, les jeux peuvent être conçus pour influencer l'apprentissage ou les comportements en contrôlant les stimuli et/ou les renforçateurs.

Dans cet article, nous explorons l'influence de la couleur et des actifs de jeu sur la motivation des apprenants au sein des systèmes éducatifs. Nous débuterons par définir les concepts clés que sont le Serious Game et les "Actifs du jeu". À travers ces éléments, notre objectif est de souligner le potentiel encore sous-exploité de cet artefact numérique innovant dans le contexte éducatif subsaharien.

2 MOTIVATION DANS LES JEUX

L'une des principales raisons de l'échec chez l'apprenant réside dans le fait que l'enseignement expérientiel non guidé n'est pas compatible avec ce que nous savons aujourd'hui de la structure de la mémoire de travail humaine. Lorsqu'un élève cherche dans sa mémoire à long terme un moyen de résoudre un problème donné, cette mémoire n'est pas disponible pour l'apprentissage [7], [8]. L'apprentissage non guidé augmente la charge cognitive imposée aux étudiants [9], et peut provoquer frustration et confusion chez les novices [10]. Cette confusion peut conduire au développement d'idées fausses, et même lorsque l'étudiant dérive correctement une relation, il peut ne pas voir que cette relation peut être appliquée dans une situation similaire [11]. Les jeux peuvent avoir un avantage pour obtenir cette attention de la part des étudiants, et la représentation de la matière à apprendre dans la variété des moyens facilités par les jeux sérieux est une source unique du pouvoir des jeux [12]. L'apprenant doit conserver une image mentale du comportement modélisé, puis encoder l'imagerie visuelle sous forme verbale ou symbolique. Les auteurs [13] et [14] ont tous deux constaté que les adultes qui encodaient le comportement modélisé conservaient ce comportement beaucoup plus longtemps que ceux qui se fiaient uniquement à l'observation du comportement. Apprendre à jouer à un jeu et l'imagerie visuelle associée au fait d'avoir joué à ce jeu pourraient faciliter cet encodage, car le jeu offre de nombreuses occasions de réflexion aux joueurs [15]. L'acquisition de compétences repose sur les apprentissages et la dextérité acquise à travers le jeu. Ces compétences s'acquièrent au fil du jeu

et en fonction des défis. Elles sont le résultat d'apprentissages qui dépendent des essais-erreurs, des feedbacks du jeu et des récompenses régulières afin de renforcer le sentiment d'efficacité. Un des principaux avantages de l'usage du Serious Game en classe est l'impact globalement positif sur la motivation des élèves. Si l'on peut penser que l'aspect « nouveauté » de l'introduction du jeu en classe rentre en ligne de compte, les quelques études sur l'utilisation de jeux sur le long terme montrent bien que l'objet Serious Game en tant que tel peut apporter un gain de motivation pour les élèves [16], [17] et [18].

3 SERIOUS GAME

Les origines de l'expression « Serious Game » remonte à l'époque de la Renaissance (XVe siècle). Les néoplatoniciens en Italie utilisaient cette expression « serio ludere » pour désigner le recours à l'humour dans la littérature afin de transmettre des notions sérieuses [19]. Au-delà de ce « jeu linguistique", un autre exemple littéraire nous vient du roman Den allvarsamma leken de Hjalmar Södeberg, dont le titre anglais est The Serious Game [20]. Sa première définition formalisée semble être celle proposée dans l'ouvrage Serious Games du chercheur Clark Abt, 1970 [21]. Dans ce livre, Clark Abt, un chercheur américain ayant travaillé sur le potentiel du jeu pour la formation militaire pendant la guerre froide, propose de nombreux exemples de jeux traitant des mathématiques ou des sciences humaines, destinés à être utilisés dans un cadre scolaire civil. Par la suite, celle proposée par [22], à savoir tout jeu dont la finalité première est autre que le simple divertissement. Mais grâce aux approches des deux chercheurs Sawyer et Zyda le chercheur français Julian Alvarez propose sa définition du Serious Game, comme étant une application informatique, dont l'objectif est de combiner à la fois des aspects sérieux (Serious) tels, de manière non exhaustive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (Game). Une telle association a donc pour but de s'écarter du simple divertissement [23]. Ces tentatives semblent conduire [24] à formaliser sa propre définition: Toute utilisation pertinente des technologies issues de l'industrie du jeu vidéo à des fins autres que le divertissement [21].

4 LES ACTIFS DU JEU

Lors de la conception d'un jeu vidéo, plusieurs actifs concourent à la création d'une expérience immersive pour le joueur. Dans le contexte éducatif, ces actifs deviennent autant plus cruciaux, car ils peuvent directement influencer l'apprentissage et la motivation.

4.1 GRAPHISMES

4.1.1 REPRESENTATION VISUELLE

Selon l'auteur [25], les graphismes permettent d'engager le joueur en offrant une représentation visuelle de l'univers du jeu, facilitant ainsi l'immersion. Les graphismes, dans tout jeu vidéo, sont les premiers éléments qui attirent l'attention du joueur. Comme le mentionne l'adage, "une image vaut mille mots", et dans le domaine des jeux, cette affirmation trouve sa pleine mesure. Les graphismes de haute qualité servent d'interface entre le joueur et l'univers virtuel, agissant comme un miroir reflétant les nuances, les détails et l'ambiance du monde fictif. L'auteur [25] a souligné à juste titre l'importance de la représentation visuelle dans l'engagement du joueur.

4.1.2 STYLE ARTISTIQUE

L'auteur [26] note que le choix du style graphique, qu'il soit réaliste ou stylisé, peut affecter la perception du joueur et son engagement envers le contenu éducatif. Le style artistique d'un jeu ne se limite pas simplement à la beauté ou à la qualité de ses graphismes. Comme le suggère [26], ce style est intéressement lié à la manière dont un joueur percevra et s'engagera dans le contenu du jeu. Un choix de style artistique peut influencer l'atmosphère du jeu, déterminer la clarté des informations présentées et même affecter la mémorisation et la rétention de l'apprentissage.

4.2 AMBIANCE SONORE

4.2.1 MUSIQUE DE FOND

L'auteur [27] évoquent que la musique peut renforcer l'immersion du joueur en évoquant des émotions et des sensations spécifiques. La musique, dans le contexte des jeux vidéo, n'est pas qu'un simple accompagnement. Comme l'auteur [28] le souligne, elle possède le pouvoir d'évoquer des émotions et des sensations qui renforcent l'immersion du joueur. En fait, la

musique de fond peut souvent servir de catalyseur pour l'expérience émotionnelle d'un joueur, guidant ses réactions et son investissement dans le jeu.

4.2.2 EFFETS SONORES

L'auteur [29] affirme que les retours sonores peuvent servir de guide et de renforcement à l'apprentissage. Les effets sonores jouent un rôle critique dans la dynamique des jeux vidéo, et ce, pas uniquement pour fournir un contexte ou accentuer l'ambiance. Comme le mentionne [29], ils peuvent avoir une fonction pédagogique, en agissant comme des guides ou des renforçateurs pour l'apprentissage.

4.3 INTERACTIONS

4.3.1 MECANIQUES DE JEU

Les auteurs [30] expliquent que les mécaniques de jeu concernent les interactions des joueurs avec le jeu, créant ainsi la structure même du jeu. Les chercheurs ont mis en évidence l'importance des mécaniques de jeu comme élément fondamental dans la structuration des jeux. Les mécaniques de jeu ne sont pas simplement des règles ou des instructions, mais elles constituent le cœur des interactions des joueurs avec l'environnement du jeu [31]. C'est à travers ces mécaniques que le joueur éprouve des défis, résout des problèmes, et surtout, apprend.

4.3.2 SCENARIO INTERACTIF

L'auteur [32] établi que des scénarios bien conçus peuvent servir de simulations pratiques pour l'apprentissage. L'auteur [32] a posé une pierre angulaire dans la manière dont nous comprenons l'impact des jeux vidéo sur l'apprentissage. Au cœur de sa théorie, il y a la notion que les scénarios interactifs, bien conçus, ne sont pas de simples divertissements, mais des simulations pratiques qui peuvent faciliter l'apprentissage en profondeur. Ces scénarios immergent le joueur dans des situations qu'ils ne peuvent jamais rencontrer dans le monde réel sûr, lui offrant ainsi un espace pour tester des idées, prendre des décisions, et voir les conséquences de ces décisions.

4.4 NARRATION ET SCENARISATION

4.4.1 HISTOIRE

L'auteur [33] soutient que la narration peut engager émotionnellement les joueurs et les motiver à progresser. L'auteur a mis en lumière l'importance cruciale de la narration dans les jeux vidéo. Au-delà de la simple mécanique ou des graphismes, c'est la capacité d'une histoire bien racontée à captiver et à engager émotionnellement les joueurs qui peuvent faire la différence entre un jeu oubliable et une expérience mémorable. Une narration solide sert de fil conducteur, encourageant les joueurs à progresser pour découvrir la suite de l'histoire, résoudre des mystères ou accomplir des quêtes [34].

4.4.2 PERSONNAGES

L'auteur [35] montre que l'identification avec les personnages peut augmenter l'immersion et la motivation. L'auteur a souligné le rôle essentiel que jouent les personnages dans l'expérience du joueur. L'identification à un personnage permet une immersion plus profonde dans le monde du jeu, offrant au joueur une perspective unique pour vivre et comprendre le scénario. Cette identification peut transformer une simple activité ludique en une aventure émotionnelle, renforçant l'engagement et la motivation du joueur à poursuivre et à surmonter les obstacles du jeu.

4.5 SYSTEMES DE RECOMPENSES

4.5.1 BADGES, TROPHEES ET REALISATIONS

Les auteurs [36] ont constaté que ces récompenses permettent de renforcer la motivation des joueurs en reconnaissant leurs efforts. Le rôle des réalisations de badges, trophées et autres dans les jeux ne doit pas être sous-estimé. Les auteurs ont souligné comment ces éléments de jeu, souvent comme des ornements superficiels, sont en réalité des outils puissants pour renforcer la motivation des joueurs. En reconnaissant les efforts et les compétences spécifiques des joueurs, ces récompenses offrent une validation qui peut stimuler l'engagement et la persévérance.

4.5.2 PROGRESSION

Les auteurs [37] avancent que le suivi de la progression peut servir de puissant renforçateur motivationnel. Les auteurs ont mis en lumière le rôle essentiel de la progression dans la motivation des joueurs. En effet, le suivi de la progression, qu'il s'agisse de barres d'expérience, de niveaux à franchiser ou de compétences à compétents, constitue une validation tangible de l'effort investi par le joueur. Cette sensation de progression crée un sentiment d'accomplissement, poussant les joueurs à poursuivre leur quête pour atteindre le niveau suivant ou débloquer la compétence suivante.

5 METHODOLOGIE

5.1 SELECTION DES PARTICIPANTS ET ÉCHANTILLONNAGE

La recherche s'est centrée sur un groupe cible de 150 élèves issus des classes préparatoires aux examens: CM2, troisième et Terminale. Cependant, nous avons pu travailler avec un échantillon de 50 élèves âgés en moyenne de 14 à 16 ans, provenant exclusivement d'une classe de troisième du collège moderne de Grand-Bassam. Ces élèves, ont été sélectionnés en raison des défis qu'ils rencontrent dans la maîtrise des concepts mathématiques et de leur aisance avec les outils numériques. Elles ont été réparties en cinq groupes homogènes de dix personnes pour garantir une observation plus précise et faciliter la gestion des séances de jeu. Chaque groupe a été exposé à un environnement virtuel du jeu avec des palettes de couleurs spécifiques:

- Groupe 1 (Rouges)
- Groupe 2 (Jaune)
- Groupe 3 (Bleu)
- Groupe 4 (Vert)
- Groupe 5 (équilibré entre rouge, jaune, bleu et vert)

L'expérimentation s'est étendue sur 4 séances. L'enseignant jouait le rôle de guide, aidant les élèves à naviguer à travers les différentes étapes du jeu, tout en observant leur comportement vis-à-vis de cette nouvelle méthode pédagogique.

5.2 OUTILS ET TECHNIQUE

Les données quantitatives: Après le jeu, chaque élève a évalué l'importance des actifs (graphismes, son, interactivité, etc.) sur une échelle de 1 à 10 concernant leur motivation.

Les données qualitatives: Un élève de chaque groupe a été interviewé après avoir évalué les actifs dans le questionnaire quantitatif.

5.2.1 DESCRIPTION DU JEU SERIEUX UTILISE POUR L'ETUDE:

- **Graphisme et Design Visuel:** Avec des graphismes 3D de haute qualité, le jeu utilise des couleurs primaires pour attirer et retenir l'attention, tout en offrant un contexte tangible aux étudiants, facilitant la compréhension et l'application des concepts mathématiques**.**
- **Audio et Design Sonore:** Le son binaural à 40 Hz, comme mentionné dans des études, est incorporé pour favoriser la concentration. Une musique douce joue en continu, agissant comme un facilitateur d'apprentissage**.**
- **Mécanique et Système de Jeu:** Le jeu, optimisé pour les smartphones Android, offre une navigation fluide pour explorer les divers défis mathématiques au sein d'un labyrinthe virtuel.
- **Narration:** Les étudiants incarnent un personnage dans un labyrinthe, où résoudre des problèmes mathématiques leur permet de progresser. Chaque équation correctement résolue est une étape vers la sortie, alliant défi et aventure.
- **Interactivité et Accessibilité:** L'interface intuitive facilite l'engagement, avec un chronomètre de 30 minutes ajoutant un élément de tension, encourageant une résolution rapide et efficace des problèmes.

5.2.2 OBJECTIF DE L'EXPERIMENTATION

Au collège moderne de Grand-Bassam, de nombreux élèves éprouvent des difficultés avec les concepts mathématiques. Face à cette réalité, l'introduction d'actifs de jeu spécifiquement conçus pour que l'apprentissage devient essentielle. Cette expérience vise non seulement à présenter le « serious game » comme outil pédagogique, mais aussi à mettre en avant l'utilisation d'actifs de jeu pertinents qui permettent une immersion et une interactivité optimales. Le jeu, riche en actifs adaptés à l'enseignement des mathématiques (comme des énigmes basées sur des concepts mathématiques, des

personnages-guides, des récompenses liées à la réussite des exercices, les couleurs et le son), offre un scénario ludo-pédagogique qui aborde les zones problématiques identifiées par un test diagnostique préalable. L'objectif est de pallier les lacunes mathématiques tout en observant comment les élèves interagissent avec ces actifs de jeu et comment ils améliorent leur compréhension à travers cette nouvelle méthode d'apprentissage.

5.2.3 NATURE DE L'EXPERIMENTATION

La compréhension des concepts mathématiques est cruciale pour la réussite des élèves. Pour mieux cerner les zones problématiques, un test diagnostique a été réalisé en collaboration avec l'enseignant de mathématiques lors de la première séance. Ce test visa à déceler les lacunes spécifiques des élèves dans ce domaine.

Les retours de ce test ont clairement indiqué que de nombreux élèves présentaient des difficultés majeures avec certains concepts mathématiques, notamment les équations différentielles. Forts de ces informations, nous avons décidé d'incorporer le concept du "serious game" comme une méthode innovante pour combler ces lacunes. L'objectif principal est d'introduire, à chaque séance, un scénario ludo-pédagogique qui met l'accent sur un aspect particulier des équations différentielles, le tout dans un cadre motivant et attrayant pour les élèves.

Contrairement à la simple résolution d'exercices sur papier, les jeux sérieux offrent un cadre immersif qui facilite l'assimilation et la mise en pratique des compétences mathématiques. Ils constituent une méthode d'apprentissage active, permettant aux élèves de mettre directement en application les notions théoriques tout en recevant des retours immédiats sur leurs performances.

Afin de garantir une expérience optimale, nous avons opté pour un jeu de labyrinthe conçu au laboratoire Metaverse de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire. Ce jeu a été spécialement développé en tenant compte des critères essentiels pour un apprentissage réussi:

- Des consignes et règles clairement définies pour éviter toute confusion.
- Un environnement 3D immersif, accompagné d'un son binaural pour maximiser l'engagement des élèves.
- Une navigation intuitive, permettant aux élèves de se concentrer pleinement sur les défis mathématiques.
- Des problèmes et équations adaptés au niveau des participants pour garantir une progression pédagogique.
- Une interface interactive qui valorise la réflexion et la rapidité de décision.
- Des retours pertinents et instantanés, permettant aux élèves de comprendre leurs erreurs et de s'améliorer continuellement.

En somme, cette expérimentation vise à transformer les défis mathématiques en une aventure passionnante, où chaque élève est acteur de son propre apprentissage, tout en bénéficiant du soutien technologique et pédagogique adapté à ses besoins.

5.3 PRESENTATION DES DONNEES QUANTITATIVES

Les évaluations des élèves ont permis de comprendre l'importance perçue des différents actifs du jeu sur leur motivation à apprendre.



Fig. 1. Diagrammes des évaluations des groupes 1, 2, 3, 4 et 5 sur chaque actif

5.4 ANALYSES ET INTERPRETATION

5.4.1 ANALYSE STATISTIQUE DESCRIPTIVE

Les performances des élèves ont été réalisées à l'aide de leurs partitions dans le jeu. Pour obtenir une vision globale, la moyenne des scores a été calculée pour chaque actif. Pour approfondir l'analyse, l'écart-type a été mesuré pour appréhender la dispersion des scores. En outre, une matrice de covariance a été élaborée pour déceler les interdépendances entre les différents actifs. Pour toutes ces analyses, le logiciel Microsoft Excel version 16.71 a été notre outil de choix, garantissant la précision et la rigueur des résultats.

Tableau 1. Moyenne et écart-type du groupe 1

Graphisme		*Audio*		*Mécanique et Système de jeu*		*Narration*		*Interactivité et Accessibilité*	
Moyenne	5,3	Moyenne	6,4	Moyenne	7,5	Moyenne	6,2	Moyenne	7,4
Erreur-type	0,21343747	Erreur-type	0,45215533	Erreur-type	0,26874192	Erreur-type	0,29059326	Erreur-type	0,22110832
Médiane	5	Médiane	6	Médiane	7,5	Médiane	6	Médiane	7,5
Mode	5	Mode	6	Mode	8	Mode	6	Mode	8
Écart-type	0,67494856	Écart-type	1,42984071	Écart-type	0,84983659	Écart-type	0,91893658	Écart-type	0,6992059
Variance de l'	0,45555556	Variance de l'échantillon	2,04444444	Variance de l'	0,72222222	Variance de l'	0,84444444	Variance de l'	0,48888889
Kurstosis (Co	-0,2829948	Variance de l'échantillon	0,34102417	Kurstosis (Co	0,10650888	Kurstosis (Co	3,33448753	Kurstosis (Co	-0,1461039
Coefficient d'	-0,4336374	Coefficient d'asymétrie	0,25086407	Coefficient d'	1,2336E-16	Coefficient d'	-1,5464099	Coefficient d'	-0,7801058
Plage	2	Plage	5	Plage	3	Plage	3	Plage	2
Minimum	4	Minimum	4	Minimum	6	Minimum	4	Minimum	6
Maximum	6	Maximum	9	Maximum	9	Maximum	7	Maximum	8
Somme	53	Somme	64	Somme	75	Somme	62	Somme	74
Nombre d'écl	10	Nombre d'échantillons	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10

Les scores moyens pour les différents aspects du jeu montrent que « la mécanique et le système » et la « narration » sont très bien notés, tandis que les « graphismes » permettent le score le plus bas. La variabilité des partitions est la plus élevée pour l'audio, ce qui indique un large éventail d'opinions, tandis que les graphiques montrent la moindre variabilité. Les partitions pour différents aspects vont de 2 à 9, la mécanique et le son recevant les scores les plus élevés, tandis que les graphismes et le son reçoivent les scores les plus faibles.

En observant les scores moyens, on remarque que l'aspect mécanique et système se distingue avec le score le plus élevé de 7,5, alors que les graphismes reçoivent le score moyen le plus faible de 5,3. Par ailleurs, le son obtient un score de 6,4, la narration affiche également 7,5, l'interactivité et l'accessibilité atteignent 6,2 et la difficulté se situe à 7,4.

S'agissant de la dispersion des partitions, l'écart type pour l'audio est le plus élevé à 1,43, témoignant d'une variabilité considérable parmi les réponses. En revanche, les graphismes ont un écart type de 0,67, ce qui est nettement inférieur. Les autres aspects, tels que la mécanique et le système, la narration, l'interactivité et l'accessibilité, ainsi que la difficulté, ont des écarts types allant de 0,70 à 0,92 (tableau 1).

Tableau 2. Covariance du groupe 1

	Graphisme	*Audio*	*Mécanique et Système de Jeu*	*Narration*	*Interactivité et Accessibilité*
Graphisme	0,41				
Audio	-0,32	1,84			
Mécanique et Système de Jeu	0,15	0,5	0,65		
Narration	0,14	-0,08	0,5	0,76	
Interactivité et Accessibilité	-0,02	0,34	0,3	0,12	0,44

Le tableau 2 montre une corrélation positive modérée avec la mécanique et le système de jeu, affichant un indice de 0,41. Quant à l'audio, il présente une corrélation positive notable avec lui-même, avec un coefficient de 1,84. Par ailleurs, la mécanique et le système de jeu dévoilent une corrélation positive modérée avec l'audio, s'établissant à 0,5, et une forte corrélation positive avec la narration, à hauteur de 0,65. De même, la narration se distingue par une forte corrélation positive avec la mécanique et le système de jeu, à 0,76, et maintient une corrélation positive modérée avec l'audio, à 0,5. Enfin, l'interactivité et l'accessibilité révèlent une corrélation positive modérée en interne, atteignant un coefficient de 0,44.

Tableau 3. Moyenne et écart-type du groupe 2

Graphisme		*Audio*		*Mécanique et Système de jeu*		*Narration*		*Interactivité et Accessibilité*	
Moyenne	6,7	Moyenne	7,3	Moyenne	7,5	Moyenne	6,7	Moyenne	8
Erreur-type	0,26034166	Erreur-type	0,3	Erreur-type	0,26874192	Erreur-type	0,3	Erreur-type	0,33333333
Médiane	7	Médiane	7	Médiane	7,5	Médiane	7	Médiane	8
Mode	7	Mode	7	Mode	7	Mode	7	Mode	7
Écart-type	0,8232726	Écart-type	0,9486833	Écart-type	0,84983659	Écart-type	0,9486833	Écart-type	1,05409255
Variance de l'	0,67777778	Variance de l'échantillon	0,9	Variance de l'	0,72222222	Variance de l'	0,9	Variance de l'	1,11111111
Kurstosis (Co	1,23699466	Kurstosis (Coefficient d'apl	-0,3468548	Kurstosis (Co	0,10650888	Kurstosis (Co	-0,3468548	Kurstosis (Co	-0,45
Coefficient d'	-0,8064576	Coefficient d'asymétrie	0,23424279	Coefficient d'	0	Coefficient d'	-0,2342428	Coefficient d'	0,71151247
Plage	3	Plage	3	Plage	3	Plage	3	Plage	3
Minimum	5	Minimum	6	Minimum	6	Minimum	5	Minimum	7
Maximum	8	Maximum	9	Maximum	9	Maximum	8	Maximum	10
Somme	67	Somme	73	Somme	75	Somme	67	Somme	80
Nombre d'écl	10	Nombre d'échantillons	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10

Les joueurs du groupe 2 donnent la priorité à la mécanique de jeu et au gameplay, avec une note moyenne élevée de 7,3. L'interactivité et l'accessibilité reçoivent moins d'attention, la note moyenne la plus faible étant de 6,7. Il existe une variabilité notable dans les opinions concernant la visibilité, mais un consensus entre les joueurs en ce qui concerne les graphismes. Les notes vont de 5 à 10, avec une petite différence de 3, ce qui indique que même si elles varient, les notes restent relativement proches. La taille de l'échantillon de 10 évaluations par aspect renforce la validité de l'étude.

Tableau 4. Covariance du groupe 2

	Graphisme	*Audio*	*Mécanique et Système de Jeu*	*Narration*	*Interactivité et Accessibilité*
Graphisme	0,61				
Audio	0,09	0,81			
Mécanique et Système de Jeu	0,25	-0,35	0,65		
Narration	0,31	0,29	0,25	0,81	
Interactivité et Accessibilité	0,1	0,1	0,2	0,4	1

Il ressort de nos observations qu'une forte corrélation positive de 0,81 lie le son à la narration, suggérant qu'un son de qualité pourrait améliorer significativement l'aspect narratif d'un jeu. De la même manière, une corrélation notable de 0,65 entre la mécanisme et le système de jeu et le graphisme révèle que peaufiner le mécanisme et le système de jeu pourrait améliorer l'esthétique graphique du jeu. Par ailleurs, une corrélation solide de 0,4 entre la narration et l'interactivité et l'accessibilité met en avant que soigner la narration pourrait considérablement bonifier l'interactivité et l'accessibilité d'un jeu. Comme prévu, l'interactivité et l'accessibilité montrent une corrélation parfaite avec elles-mêmes, étant donné qu'il s'agit d'une mesure auto-référencée (tableau 4).

Tableau 5. Moyenne et écart-type du groupe 3

Graphisme		*Audio*		*Mécanique et Système de jeu*		*Narration*		*Interactivité et Accessibilité*	
Moyenne	7,6	Moyenne	6,2	Moyenne	6,8	Moyenne	6,5	Moyenne	7,5
Erreur-type	0,37118429	Erreur-type	0,24944383	Erreur-type	0,29059326	Erreur-type	0,16666667	Erreur-type	0,26874192
Médiane	7,5	Médiane	6	Médiane	7	Médiane	6,5	Médiane	7,5
Mode	9	Mode	7	Mode	7	Mode	6	Mode	8
Écart-type	1,17378779	Écart-type	0,78881064	Écart-type	0,91893658	Écart-type	0,52704628	Écart-type	0,84983659
Variance de l'	1,37777778	Variance de l'échantillon	0,62222222	Variance de l'	0,84444444	Variance de l'	0,27777778	Variance de l'	0,72222222
Kurstosis (Co	-1,45663	Kurstosis (Coefficient d'apl	-1,0741618	Kurstosis (Co	0,39622082	Kurstosis (Co	-2,5714286	Kurstosis (Co	0,10650888
Coefficient d'	-0,041223	Coefficient d'asymétrie	-0,4074851	Coefficient d'	-0,6013816	Coefficient d'	0	Coefficient d'	3,8549E-17
Plage	3	Plage	2	Plage	3	Plage	1	Plage	3
Minimum	6	Minimum	5	Minimum	5	Minimum	6	Minimum	6
Maximum	9	Maximum	7	Maximum	8	Maximum	7	Maximum	9
Somme	76	Somme	62	Somme	68	Somme	65	Somme	75
Nombre d'écl	10	Nombre d'échantillons	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10

Les joueurs du groupe 3 privilégient les graphismes par rapport à la mécanique de jeu, avec une note moyenne de 7,6 pour les graphismes et de 6,2 pour les mécaniques. La variation des scores pour les graphismes est plus importante par rapport à l'interactivité et à l'accessibilité, ce qui indique que les opinions sur les graphismes diffèrent davantage entre les joueurs. Cependant, les opinions sur l'interactivité et l'accessibilité ont tendance à être plus cohérentes (figure 5).

Tableau 6. Covariance du groupe 3

	Graphisme	*Audio*	*Mécanique et Système de Jeu*	*Narration*	*Interactivité et Accessibilité*
Graphisme	1,24				
Audio	-0,12	0,56			
Mécanique et Système de Jeu	0,52	-0,16	0,76		
Narration	0,1	-0,1	0,3	0,25	
Interactivité et Accessibilité	0,5	0,2	0,4	0,25	0,65

Le groupe 3 se distingue en montrant une corrélation positive avec tous les autres aspects, atteignant son apogée avec un coefficient de 1,24 lorsqu'il est comparé à lui-même. Tandis que l'audio affiche une corrélation positive avec le mécanisme, il révèle également une association modérée avec l'interactivité et l'accessibilité. En parallèle, le mécanisme démontre une relation positive avec le graphisme et renforce cette tendance en ayant une forte corrélation avec elle-même. Par ailleurs, la narration maintient une corrélation positive avec le mécanisme tout en exhibant une relation modérée avec l'interactivité et l'accessibilité. Enfin, l'interactivité et l'accessibilité se caractérisent par leur association positive avec tous les autres aspects, culminant avec un coefficient de 0,65 lors de la comparaison avec elles-mêmes (tableau 6).

Tableau 7. Moyenne et écart-type du groupe 4

Graphisme		***Audio***		***Mécanique et Système de jeu***		***Narration***		***Interactivité et Accessibilité***	
Moyenne	7,6	Moyenne	7,4	Moyenne	7,6	Moyenne	7	Moyenne	8,3
Erreur-type	0,30550505	Erreur-type	0,30550505	Erreur-type	0,37118429	Erreur-type	0,33333333	Erreur-type	0,26034166
Médiane	7,5	Médiane	7,5	Médiane	7,5	Médiane	7	Médiane	8,5
Mode	7	Mode	8	Mode	9	Mode	8	Mode	9
Écart-type	0,96609178	Écart-type	0,96609178	Écart-type	1,17378779	Écart-type	1,05409255	Écart-type	0,8232726
Variance de l'	0,93333333	Variance de l'échantillon	0,93333333	Variance de l'	1,37777778	Variance de l'	1,11111111	Variance de l'	0,67777778
Kurstosis (Co	-0,6231778	Kurstosis (Coefficient d'apl	-0,6231778	Kurstosis (Co	-1,45663	Kurstosis (Co	-0,45	Kurstosis (Co	-1,0434983
Coefficient d'	0,11090339	Coefficient d'asymétrie	-0,1109034	Coefficient d'	-0,041223	Coefficient d'	-0,7115125	Coefficient d'	-0,6869824
Plage	3	Plage	3	Plage	3	Plage	3	Plage	2
Minimum	6	Minimum	6	Minimum	6	Minimum	5	Minimum	7
Maximum	9	Maximum	9	Maximum	9	Maximum	8	Maximum	9
Somme	76	Somme	74	Somme	76	Somme	70	Somme	83
Nombre d'écl	10	Nombre d'échantillons	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10

Les scores moyens montrent que la facilité d'utilisation est très appréciée, avec une moyenne impressionnante de 8,3. L'interactivité et l'accessibilité reçoivent des notes légèrement inférieures, avec une moyenne de 7. D'autres critères tels que les graphismes, le son, la mécanique et les systèmes, et la narration se situent autour de 7,6. Les scores médians indiquent que, dans l'ensemble, les critères ont une médiane supérieure à 7,5. Cependant, l'interactivité et l'accessibilité se démarquent avec une médiane nettement plus élevée de 8,5 (tableau 7).

L'analyse d'autres indicateurs statistiques, tels que la fourchette, montre la cohérence entre les évaluations des critères. Cependant, des paramètres spécifiques tels que l'aplatissement et l'asymétrie révèlent des distributions plus nuancées et une prédominance de notes élevées. La variance est la plus élevée dans la catégorie de la mécanique et des systèmes, ce qui indique une variabilité des opinions des évaluateurs.

Tableau 8. Covariance du groupe 4

	Graphisme	*Audio*	*Mécanique et Système de Jeu*	*Narration*	*Interactivité et Accessibilité*
Graphisme	0,88888889				
Audio	0,16	0,69135802			
Mécanique et Système de Jeu	0,14	-0,74	1,135802469		
Narration	0,1	-0,2	0,1	0,987654321	
Interactivité et Accessibilité	0,12	0,08	0,12	0,3	0,617283951

Le tableau 8, affichant une forte corrélation positive de 1,00 avec lui-même, démontre que des graphismes de qualité sont généralement cohérents tout au long du projet. Parallèlement, l'audio, avec une corrélation positive modérée de 0,89889889 avec le graphisme, suggère que d'excellents graphismes coïncident souvent avec un son de qualité. De même, le mécanisme et le système de jeu, ayant une corrélation exceptionnellement élevée de 1,135802469 avec eux-mêmes, révèlent qu'un excellent mécanisme et un bon système d'éclairage restent constants à travers le projet. Dans la même veine, la narration, en montrant une corrélation robuste de 0,987654321 avec elle-même, indique que sa qualité reste stable tout au long du projet. Enfin, l'interactivité et l'accessibilité, avec une corrélation de 0,617283951, permettent que ces éléments soient également cohérents au fil du projet (tableau 8).

Tableau 9. Moyenne et écart-type du groupe 5

Graphisme		*Audio*		*Mécanique et Système de jeu*		*Narration*		*Interactivité et Accessibilité*	
Moyenne	8,1	Moyenne	7,1	Moyenne	7,9	Moyenne	7,1	Moyenne	8,1
Erreur-type	0,23333333	Erreur-type	0,27688746	Erreur-type	0,27688746	Erreur-type	0,23333333	Erreur-type	0,23333333
Médiane	8	Médiane	7	Médiane	8	Médiane	7	Médiane	8
Mode	8	Mode	8	Mode	7	Mode	7	Mode	8
Écart-type	0,73786479	Écart-type	0,87559504	Écart-type	0,87559504	Écart-type	0,73786479	Écart-type	0,73786479
Variance de l'	0,54444444	Variance de l'échantillon	0,76666667	Variance de l'	0,76666667	Variance de l'	0,54444444	Variance de l'	0,54444444
Kurstosis (Co	-0,7336229	Kurstosis (Coefficient d'apl	-1,7337294	Kurstosis (Co	-1,7337294	Kurstosis (Co	-0,7336229	Kurstosis (Co	-0,7336229
Coefficient d'	-0,1659504	Coefficient d'asymétrie	-0,2234505	Coefficient d'	0,22345053	Coefficient d'	-0,1659504	Coefficient d'	-0,1659504
Plage	2	Plage	2	Plage	2	Plage	2	Plage	2
Minimum	7	Minimum	6	Minimum	7	Minimum	6	Minimum	7
Maximum	9	Maximum	8	Maximum	9	Maximum	8	Maximum	9
Somme	81	Somme	71	Somme	79	Somme	71	Somme	81
Nombre d'écl	10	Nombre d'échantillons	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10	Nombre d'écl	10

Le tableau 9 présente de bonnes notes en termes d'interaction et d'accessibilité, ce qui témoigne de l'importance de ces aspects pour les joueurs et de la conception soignée des développeurs. Cependant, le son pourrait être amélioré dans les prochaines éditions. Les notes médianes pour les graphismes et l'interaction/accessibilité étaient toutes deux de 8, ce qui suggère une forte préférence pour ces éléments. Les scores modaux pour l'interaction/l'accessibilité, les graphismes et le son étaient également de 8, ce qui indique un consensus général quant à leur importance. Les mesures de faible dispersion indiquent une perception cohérente du jeu parmi les participants, ce qui met en évidence sa nature stable et homogène. Dans l'ensemble, l'étude fournit des informations précieuses aux développeurs afin d'améliorer l'expérience de jeu.

5.4.2 INTERPRETATION

L'étude dévoile une complexité riche et interconnectée des différents éléments constitutifs de la conception d'un jeu vidéo. Il apparaît clairement que la réussite d'un jeu ne dépend pas d'un seul aspect, mais de la synergie et de l'interaction harmonieuse entre plusieurs d'entre eux.

Premièrement, les graphismes, bien que visuellement la première chose que les joueurs remarquent, sont étroitement liés à la mécanique et au système de jeu. Cela met en lumière l'idée que de beaux graphismes doivent être appuyés par un gameplay solide pour être pleinement appréciés. De plus, la qualité sonore, souvent sous-estimée, joue un rôle crucial dans l'immersion du joueur et peut renforcer l'impact narratif et le sentiment général du jeu.

En parlant de narration, elle se révèle être un pilier majeur dans l'expérience de jeu, s'entrelaçant étroitement avec la mécanique et le système de jeu. Une histoire bien racontée et intégrée peut considérablement amplifier l'efficacité des mécanismes de jeu, en rendant l'expérience plus engageante et mémorable.

L'interactivité et l'accessibilité, bien que parfois considérées comme des éléments, sont en réalité au cœur de l'expérience de jeu. Un jeu qui est à la fois interactif et accessible invite une plus large gamme de joueurs à plonger dans son univers, améliorant ainsi son potentiel de succès.

En somme, la conception d'un jeu vidéo est un art délicat d'équilibrage, où chaque composant, qu'il soit visuel, sonore, narratif ou mécanique, doit être soigneusement intégré pour créer une expérience holistique et captivante. Les concepteurs doivent alors adopter une vision globale, reconnaissant que chaque élément ne fonctionne pas isolément, mais en harmonie avec les autres, sculptant ainsi le chef-d'œuvre final qui est le jeu vidéo.

5.5 PRESENTATION DES DONNEES QUALITATIVES

5.5.1 ANALYSE

Afin de mieux cerner l'impact des actifs du jeu "Findway" sur l'expérience d'apprentissage des élèves, des entretiens individuels ont été menés avec une représentante de chaque groupe.

Joueur 1: Cette élève, membre du groupe ayant joué avec la palette de couleur "Jaune", a exprimé son appréciation pour le jeu, en soulignant son rôle crucial dans la compréhension du cours suivi en classe. Elle a identifié la couleur jaune comme étant son choix préférentiel et a suggéré d'intégrer davantage d'éléments ludiques dans le cursus scolaire pour favoriser l'apprentissage.

Joueur 2: Appartenant au groupe "Bleu", cette élève a fait écho à une expérience similaire, mettant en lumière le lien entre le jeu et une meilleure compréhension du cours. L'interface, où les questions et réponses étaient projetées, lui a permis de choisir les réponses correctes. Elle a manifesté une préférence marquée pour la couleur bleue.

Joueur 3: L'entretien avec cette élève a mis en exergue son enthousiasme pour le jeu, notamment par le fait qu'il a été un relais de compréhension du cours. Elle a décrit l'interactivité entre les questions-réponses projetées sur tableau, mettant en avant le défi de sélectionner les bonnes réponses. Elle a également exprimé une préférence marquée pour la couleur vert.

Joueur 4: Cette joueuse a décrit son expérience de jeu en soulignant quelques difficultés initiales à naviguer lors des premières étapes. Toutefois, elle a affirmé que le jeu avait renforcé sa compréhension de la leçon abordée en classe. Elle a exprimé le souhait de voir davantage d'approches ludiques intégrées dans les méthodes d'enseignement. Elle a également fait mention de certaines couleurs qui lui étaient favorables et d'autres qui lui posaient des défis.

Joueur 5: Représentant le groupe 5 (équilibré entre rouge, jaune, bleu et vert), cette élève a insisté sur l'importance de prendre son temps pour calculer et réfléchir lors des étapes du jeu. Elle a évoqué l'attrait des différentes couleurs utilisées, identifiant le vert comme sa teinte préférée. Ces couleurs, selon elle, ont contribué à une meilleure compréhension du jeu.

Synthèse des retours: De manière générale, il ressort que les élèves étaient fortement enclins à apprendre par le biais de ce jeu. Elles ont confirmé que "Findway" avait facilité leur compréhension, notamment dans le domaine des équations. Alors que certains aspects du cours étaient flous lors de la transmission traditionnelle en classe, le jeu, avec ses feedbacks interactifs, a éclairci plusieurs zones d'ombre. Les couleurs, éléments centraux de cette étude, ont manifestement eu un impact profond sur l'expérience de chaque élève, tout comme la musique qui a joué un rôle stimulant.

5.5.2 INTERPRETATION

Le jeu "Findway" semble avoir été un outil d'apprentissage et apprécié par les élèves largement efficaces. Plusieurs points clés ressortent de cette étude qualitative: Tout d'abord, le jeu a servi de complément bénéfique à l'enseignement traditionnel. Tous les élèves ont affirmé que le jeu avait renforcé leur compréhension des sujets abordés en classe, ce qui suggère que "Findway" a aidé à combler les lacunes ou à renforcer les connaissances. Ensuite, un élément récurrent dans les entretiens est l'influence des couleurs. Chaque élève a exprimé une préférence pour une certaine couleur, et cette préférence semble avoir influencé leur expérience de jeu. Cela indique que les choix esthétiques, comme les palettes de couleurs, peuvent avoir un impact direct sur l'expérience d'apprentissage des élèves. Par ailleurs, l'aspect interactif du jeu a été souligné par les élèves. La projection des questions-réponses et la nécessité de choisir la bonne réponse ont non seulement renforcé l'engagement des élèves, mais également contribué à consolider leurs connaissances. De plus, plusieurs élèves ont exprimé le désir de voir davantage d'approches ludiques intégrées dans l'enseignement. Cette demande met en lumière un appétit pour des méthodes d'apprentissage plus innovantes et interactives. Néanmoins, il est important de noter que l'expérience de chaque élève était unique. Certains ont rencontré des défis, comme la joueuse 4 qui a mentionné des difficultés initiales à naviguer. Cela suggère que des améliorations pourraient être apportées à l'interface ou à la prise en main du jeu. En conclusion, "Findway" semble avoir été un succès en tant qu'outil d'apprentissage complémentaire. L'utilisation d'une approche ludique, d'interactivité et d'éléments visuels tels que les couleurs a créé une expérience enrichissante pour les élèves. Cependant, la prise en compte de la diversité des expériences des élèves sera essentielle pour optimiser de tels outils à l'avenir.

6 DISCUSSION

Les visuels sont souvent la première chose que l'utilisateur voit dans un jeu et ils créent une première impression. Ainsi, des graphismes de qualité peuvent susciter l'intérêt et renforcer l'immersion du joueur. Par ailleurs, les mécanismes de jeu déterminent comment un joueur interagit avec le jeu, comme la manière dont un personnage se déplace ou des actions que

le joueur peut entreprendre [21], [23] et [26]. Des mécanismes intuitifs et intéressants peuvent rendre un jeu captivant. De plus, l'audio ajoute une dimension supplémentaire à l'expérience du jeu. Des effets sonores bien placés et une musique de fond appropriée peuvent grandement améliorer l'immersion [27], [28]. D'un autre côté, une histoire bien écrite peut transformer un simple jeu en une expérience mémorable, donnant au joueur une raison de progresser et pouvant aider à renforcer les concepts éducatifs présents [31], [33], [34].

Quant à l'interactivité, elle est au cœur de l'expérience ludique. La capacité d'un joueur à influencer le monde du jeu, à prendre des décisions et à voir les conséquences de ces décisions peut rendre l'expérience d'apprentissage beaucoup plus mémorable [32]. Cependant, l'accessibilité ne concerne pas seulement la facilité d'utilisation, mais aussi la conception pour tous les types d'utilisateurs, y compris ceux qui ont des besoins particuliers. Il est donc essentiel qu'un jeu soit conçu de manière à ce que le plus grand nombre possible de personnes puissent y accéder, le comprendre et en profiter [1].

En fin de compte, c'est la combinaison de tous ces éléments qui crée une expérience complète pour l'utilisateur. L'amélioration d'une seule partie peut avoir un effet positif sur les autres. Par exemple, une narration solide peut rendre les mécanismes de jeu plus pertinents et, inversement, de bons mécanismes de jeu peuvent rendre la narration plus engageante. Il est donc primordial que les concepteurs de jeux adoptent une approche centrée sur l'utilisateur, en comprenant les besoins, les préférences et les attentes du public cible, et en s'efforçant de créer une expérience harmonieuse et engageante.

7 CONCLUSION

Après avoir mené une étude visant à élucider la manière dont les actifs d'un Serious Game interagissent pour stimuler la motivation de l'apprenant, les résultats ont dévoilé des informations capitales. Il est manifeste que des éléments tels que l'interaction et l'accessibilité constituent des piliers essentiels au succès d'un tel jeu. En revanche, bien que des domaines comme le son puissent encore faire l'objet d'améliorations, il est clair que leur raffinement potentialisera davantage l'expérience de l'utilisateur.

Cette étude ne se résume pas à une simple compilation de données. Au contraire, elle dessine une feuille de route précise pour les développeurs désireux d'enrichir l'expérience pédagogique offerte par leur Serious Game. La convivialité, largement plébiscitée par les utilisateurs, illustre le besoin d'une interface intuitive, tandis que l'interactivité et l'accessibilité, bien que déjà appréciées, pourraient être sublimées par des optimisations ciblées.

En conclusion, à l'aune de cette recherche, il est indéniable que les Serious Games représentent une mosaïque complexe d'éléments interdépendants. Afin de maximiser leur impact éducatif et leur capacité à engager l'apprenant, il est impératif de saisir les nuances de chaque composante. Les enseignements issus de cette enquête sont donc inestimables, car ils offrent aux créateurs une vision éclairée des attentes de leur public. En intégrant ces retours, ils seront à même de façonner des expériences pédagogiques toujours plus immersives et efficaces pour les utilisateurs.

REFERENCES

[1] R. Dörner et al., «Learning by Playing: A Literature Review of Computer Games for Education and Training,» International Journal of Game-Based Learning, vol. 6, no. 1, pp. 1-28, 2016.
[2] MacKenzie, «The Effects of Game-Based Learning on Student Achievement: A Meta-Analysis,» Computers & Education, vol. 67, pp. 289-296, 2013.
[3] Tenant, «The Role of Games in Learning and Development,» Simulation & Gaming, vol. 28, no. 4, pp. 496-507, 1997.
[4] Ryan, «The Motivational Power of Video Games,» Educational Psychologist, vol. 47, no. 1, pp. 54-63, 2012.
[5] Rogers et al., «The Effect of Video Games on Learning: A Meta-Analysis,» Journal of Educational Psychology, vol. 103, no. 4, pp. 662-682, 2011.
[6] Kellogg, «Learning by Playing: Applying Learner-Centered Game Design to Education,» Education, Communication & Information, vol. 2, no. 2, pp. 157-178, 2003.
[7] Kirschner et al., «Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Discovery Learning,» Educational Psychologist, vol. 41, no. 2, pp. 75-86, 2006.
[8] Moreno, Tuovinen & Sweller, «Cognitive Load Theory and Implications for Multimedia Learning,» Educational Psychologist, vol. 39, no. 1, pp. 1-16, 2004.
[9] Sweller et al., «Effects of Cognitive Load on Learning,» Journal of Educational Psychology, vol. 74, no. 2, pp. 295-308, 1982.
[10] Brown & Campione, «Guided Discovery in a Community of Learners,» The Journal of the Learning Sciences, vol. 3, no. 3, pp. 277-312, 1994.

[11] Hardiman, Pollusk & Well, «The Effects of Instructional Strategies on the Acquisition of Computer Programming Skills,» Journal of Educational Psychology, vol. 78, no. 3, pp. 246-259, 1986.
[12] K. Watt, «The Effectiveness of Game-Based Learning for Children with Autism Spectrum Disorder,» Journal of Autism and Developmental Disorders, vol. 51, no. 1, pp. 271-285, 2021.
[13] Bandura & Jeffrey, «Vicarious and Self-Reinforcement Processes,» Advances in Experimental Social Psychology, vol. 5, pp. 238-269, 1973.
[14] Gerst, «Learning by Observation: A Study of the Efficacy of Televised Modeling for Imitative Behavior,» Journal of Personality and Social Psychology, vol. 18, no. 2, pp. 155-163, 1971.
[15] CAST, «Universal Design for Learning Guidelines,» Center for Applied Special Technology, 2018.
[16] Malone, «Toward a Theory of Intrinsically Motivating Instruction,» Cognitive Science, vol. 5, no. 4, pp. 389-402, 1981.
[17] Wastiau et al., «The Impact of Serious Games on Learning: A Review of Recent Research,» Journal of Applied Research in Memory and Cognition, vol. 2, no. 1, pp. 56-63, 2009.
[18] Wix, «The Effectiveness of Serious Games for Learning: A Literature Review,» Computers & Education, vol. 59, no. 2, pp. 563-576, 2012.
[19] Manning, «Serious Games: A Brief History,» Game Studies, vol. 4, no. 1, 2004.
[20] Soderberg, «The Role of Games in Learning and Development,» Simulation & Gaming, vol. 28, no. 4, pp. 496-507, 2001.
[21] J. Alvarez and D. Djaouti, «Serious games for education and training: A systematic review,» Computers & Education, vol. 70, pp. 259-272, 2014.
[22] S. Chen and D. Michael, «Serious games: Games that educate, train, and inform,» Thomson Course Technology, 2005.
[23] J. Alvarez, «Serious games: A new paradigm for education and training,» in Proceedings of the 1st international conference on serious games, ACM, 2007, pp. 1-15.
[24] B. Sawyer, «The rise of serious games,» Cambridge, MA: MIT Press, 2007.
[25] D. Tavinor, «The art of videogames,» London: Wiley-Blackwell, 2009.
[26] R. Lárez, «Serious games: A systematic review of the state of the art,» Computers & Education, vol. 70, pp. 289-296, 2014.
[27] B. Katja et al., «Serious games for education and training: A systematic review of the last five years,» Computers & Education, vol. 138, 103461, 2019.
[28] M. Collins, «Learning and games: A guide to research and practice,» New York: Teachers College Press, 2008.
[29] R. Jørgensen, «Serious games: Games that educate, train, and inform,» New York: Routledge, 2010.
[30] K. Salen and E. Zimmerman, «Rules of play: Game design fundamentals,» Cambridge, MA: MIT Press, 2004.
[31] M. Martens et al., «Serious games for education and training: A meta-analysis of learning outcomes,» Computers & Education, vol. 156, 104120, 2023.
[32] J. P. Gee, «What video games have to teach us about learning and literacy,» New York: Palgrave Macmillan, 2003.
[33] H. Jenkins, «Convergence culture: Where old and new media collide,» New York: New York University Press, 2004.
[34] C. Hewson, «Serious games: A review of the literature,» Education and Training, vol. 57, no. 3, pp. 229-243, 2015.
[35] Corwin, «Serious games: A review of the literature,» Journal of Computer Assisted Learning, vol. 34, no. 6, pp. 665-684, 2018.
[36] P. Roy et al., «Serious games: A review of the literature,» International Journal of Serious Games, vol. 6, no. 2, pp. 1-26, 2019.
[37] R. M. Ryan, S. Rigby, and A. Przybylski, «The motivational pull of video games: A self-determination theory approach,» Motivation and Emotion, vol. 30, no. 4, pp. 344-360, 2006.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 660-669
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Performance technico-économique de la motorisation de la gestion durable de l'eau agricole: Cas de la pratique zaï dans la région du centre au Burkina Faso

[Techno-economic performance of motorization for sustainable agricultural water management: Case of zaï practice in the central region of Burkina Faso]

Beteo Zongo[1], Albert Barro[2], Sandrine Moyenga[1], and Saidou Simporé[2]

[1]Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement, Université de Dédougou, Burkina Faso

[2]Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Saria, Koudougou, Burkina Faso

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

ABSTRACT: In Burkina Faso, farmers have adopted the practice of manual zaï and mechanized zaï for the rehabilitation of the productivity of degraded lands to meet the water needs of rainfed crops through the making of pockets. The arduousness of the work for making the pockets remains the major constraint to the adoption of the zaï practice. The objective of this study is to analyze the technical and economic performance of zaï. Using a block device, the practice of making pockets with the Zaïner is compared to those made manually with the *daba* and mechanized using animal traction. The technical and economic performance of the practice of motorized zaï is evaluated based on yield, investment, working time and net margin. The results show that sorghum yields from motorized zaï (1844 kg/ha) are higher than those from manual (1413 kg/ha) and mechanized (625 kg/ha) zaï. The practice of mechanized zaï requires less work time than motorized and manual zaï. The net margin is estimated at 176,871 FCFA/ha, 263,548 FCFA/ha and 56,025 FCFA/ha respectively for manual, motorized and mechanized zaï. The implementation of motorized zaï makes it possible to generate a higher net margin than other practices. However, it is necessary to continue testing the motorized zaï in a peasant environment depending on the agro-climatic zones to guide decision-making on its scale-up.

KEYWORDS: Dry spells, profitability, rainfed agriculture, sorghum, Zaïner.

RESUME: Au Burkina Faso, des agriculteurs ont adopté la pratique du zaï manuel et du zaï mécanisé pour la réhabilitation de la productivité des terres dégradées afin de satisfaire les besoins en eau des cultures pluviales à travers la confection des poquets. La pénibilité du travail pour la confection des poquets demeure la contrainte majeure à l'adoption de la pratique zaï. L'objectif de cette étude est d'analyser les performances technico-économiques du zaï. A l'aide d'un dispositif en blocs, la pratique de confection des poquets avec le Zaïner est comparée celles manuelle à la daba et mécanisée en traction animale. Les performances technico-économiques de la pratique du zaï motorisé est évaluée à partir du rendement, l'investissement, le temps de travail et la marge nette. Les résultats montrent que les rendements de sorgho à partir du zaï motorisé (1844 kg/ha) sont supérieurs à ceux du zaï manuel (1413 kg/ha) et mécanisé (625 kg/ha). La pratique du zaï mécanisé nécessite moins de temps de travail que le zaï motorisé et manuel. La marge nette est évaluée à 176 871 FCFA/ha, 263 548 FCFA/ha et 56 025 FCFA/ha respectivement pour le zaï manuel, motorisé et mécanisé. La mise en œuvre du zaï motorisé permet de dégager une marge nette supérieure à ceux des autres pratiques. Toutefois, il est nécessaire de poursuite les tests du zaï motorisé en milieu paysan en fonction des zones agro-climatiques afin d'orienter la prise de décision de sa mise à l'échelle.

MOTS-CLEFS: Agriculture pluviale, proches de sécheresse, rentabilité, sorgho, Zaïner.

Corresponding Author: Beteo Zongo

1 INTRODUCTION

Au sahel, l'agriculture demeure essentiellement pluviale et soumise aux aléas climatiques, en occurrence les poches de sécheresse, avec pour conséquence l'insécurité alimentaire [1]. Face aux conséquences des poches de sécheresses sur les cultures pluviales, les agriculteurs ont recours à plusieurs stratégies parmi lesquelles figurent les techniques de conservation des eaux et du sol [2], l'irrigation de complément à partir des bassins de collecte des eaux de ruissellement [3], l'adoption des variétés de cultures adaptées et la prévision saisonnière [4; 5; 6].

Au Burkina Faso, des agriculteurs ont adopté la pratique du zaï manuel qui est une pratique traditionnelle de réhabilitation de la productivité des terres et de maintien de l'humidité du sol pour satisfaire les besoins des cultures pendant les poches de sécheresse de moins de deux semaines [7; 8]. La pratique a été développée par des agriculteurs au début des années 1960 [9] et largement mis à l'échelle dans plusieurs pays [10; 11; 12].

La pratique du zaï manuel consiste à creuser manuellement des poquets de 20 à 40 cm de diamètre avec une profondeur de 10 à 20 cm à tous les 70-100 cm pour concentrer les eaux de ruissellement et les matières organiques dans les exploitations agricoles [13]. Les poquets creusés pendant la saison sèche piègent des sables, des limons et des matières organiques emportés par les vents. Dès les premières pluies, le paysan dépose de la matière organique (300 à 600 g/ poquet équivalant d'une à deux poignées de fumier/compost par poquet de semis) dans ces poquets qui sont par la suite recouverts d'une fine couche de terre (5 cm). La technique du zaï permet de concentrer localement l'eau enrichie par le ruissellement et les nutriments transformés par les termites.

Le zaï présente de nombreux avantages en termes de restauration des sols dégradés et de la biodiversité [14]. L'apport localisé de matière organique et l'accroissement du stock d'eau dans le sol induit un meilleur fonctionnement du système racinaire des plantes. L'alimentation hydrique et minérale des plantes est ainsi améliorée [15]. L'augmentation de la rugosité de la surface du champ permet de ralentir le ruissellement et le vent au ras du sol, de capturer au fond des cuvettes les débris organiques et les particules fines et de protéger les jeunes plantules. Cette pratique apporte encore un regain des activités biologiques du sol, notamment une reprise de l'activité des micro-organismes: avance de croissance des plantules qui profitent de la minéralisation du fumier apporté en fin de saison sèche, perforation de la croûte par les termites et régénération de la végétation ligneuse [16]. La matière organique contient en effet les graines des diverses espèces consommées par le bétail, qui préparées par les acides gastriques des ruminants, germent rapidement et profitent de l'apport exceptionnel d'eau et de nutriments ainsi que de la protection des tiges de céréales, pour réinstaller un taillis agro-sylvo-pastoral. Le zaï crée donc des conditions favorables à la revégétalisassions des terres dégradées. Enfin, le zaï permet d'augmenter les surfaces cultivées et les rendements des céréales en particulier les années où les cultures ont à subir le stress de périodes déficitaires pendant les périodes sensibles de leur cycle (tallage, épiaison, floraison, remplissage des grains): le zaï peut ainsi réduire l'impact négatif des aléas climatiques et sécuriser la production [13].

Selon le mode réalisation des poquets, il existe plusieurs variantes de la pratique du zaï, en occurrence le zaï manuel et mécanique. Le zaï manuel consiste à creuser les poquets utilisant une daba ou pioche. La force de travail humain détermine le nombre de poquets journaliers. Le besoin en travail est plus de 300 heures hommes/ha [17]. Le pratique du zaï mécanique se distingue par l'utilisation de la traction bovine, asine ou équine pour la réalisation des poquets. Elle requiert plus de 36 hommes/ha [17]. La pénibilité du travail dans la pratique du zaï manuel et mécanique implique la recherche d'innovation comme la motorisation à travers la conception d'un nouvel outil de réalisation des poquets [18; 19].

L'objectif général de cette étude est d'analyser les performances technico-économiques de la motorisation de la pratique du zaï. Il s'agit spécifiquement de comparer les temps de réalisations des poquets, évaluer les rendements et rentabilité économique de la pratique du zaï motorisé. La démarche méthodologique a consisté à conduire des expérimentations du zaï motorisé. La suite de l'article présente les matériels et méthodes, les résultats suivis de la discussion et la conclusion.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

L'étude est conduite dans le village de Saria à la station de Recherches Agricoles située à 23 km à l'Est de Koudougou et à 80 km à l'Ouest de Ouagadougou (figure 3). Cette station a été créée en 1920 et implantée sur le site actuel et s'étend sur une superficie de 400 hectares. Les coordonnées géographiques sont les suivantes: latitude 12°16'N, longitude 2°9'W, altitude 300 m environ.

Le climat de Saria est de type nord-soudanien caractérisé par une alternance de saison pluvieuse (Juin à octobre) et par d'une saison sèche [20]. Le régime éolien est caractérisé par la mousson de direction Sud-ouest, responsable des pluies et de

l'harmattan, vent sec continental qui souffle pendant la saison sèche. En une année, le village de Saria enregistre en moyenne une pluviosité de 800 mm.

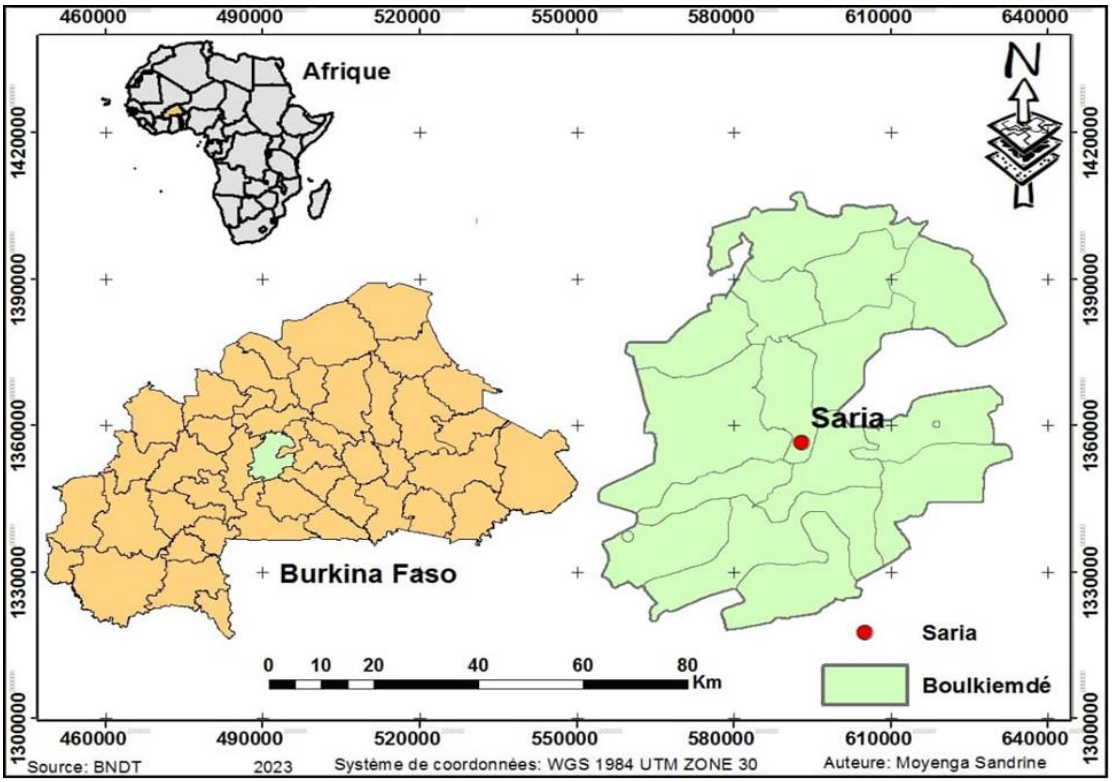


Fig. 1. Situation géographique du village de Saria

2.2 EVOLUTION DE LA PRATIQUE DU ZAÏ

Dans la pratique du zaï, les outils utilisés pour la réalisation des poquets ont connu une évolution à travers la mécanisation et la motorisation. Cette évolution est marquée par l'utilisation de la daba, puis la traction animale et le Zaïner (photo 1; 2 et 3).

Les poquets du zaï manuel ont été réalisés avec la daba. La traction animale est utilisée pour la confection des poquets du zaï mécanisé. Elle peut être réalisée avec le bâtit d'une charrue à traction bovine et sur laquelle le corps de labour est remplacé par un étançon portant une lame fer de 12 mm (IR12) d'épaisseur biseautée à ses deux bouts [17].

Le Zaïner est un outil motorisé conçu pour la réalisation des poquets. Il permet la confection des poquets de zaï par la rotation d'une sorte de tarière foreuse sous les mancherons. Il est composé d'une foreuse à axe vertical entraîné par un moteur, de mancherons, et de roulettes montées sur un axe placé en dessous du bloc moteur. L'outil est muni d'un moteur essence à refroidissement par air. Le moteur met la foreuse en rotation à partir d'une courroie et d'un renvoi d'angle. La tarière peut être facilement remplacée pour s'adapter à la dureté du sol et aux dimensions des poquets souhaités.

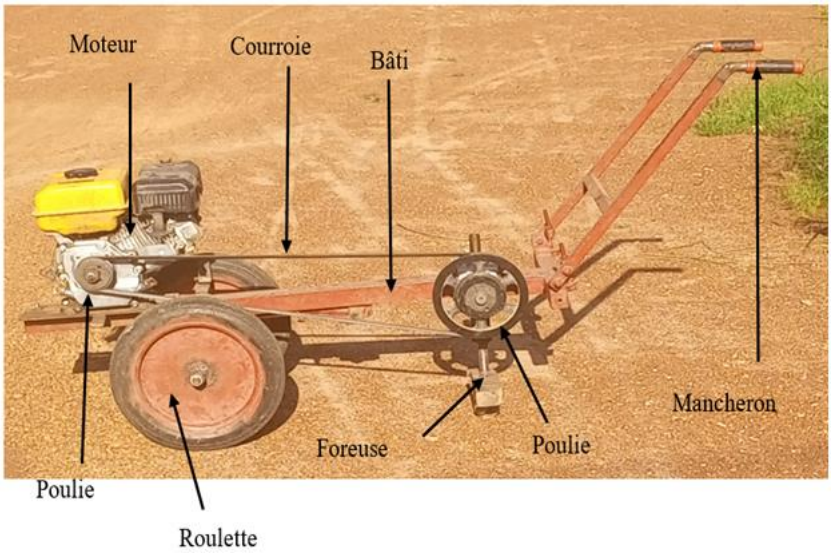


Photo 1. Equipment Zaïner pour la réalisation du zaï motorisé

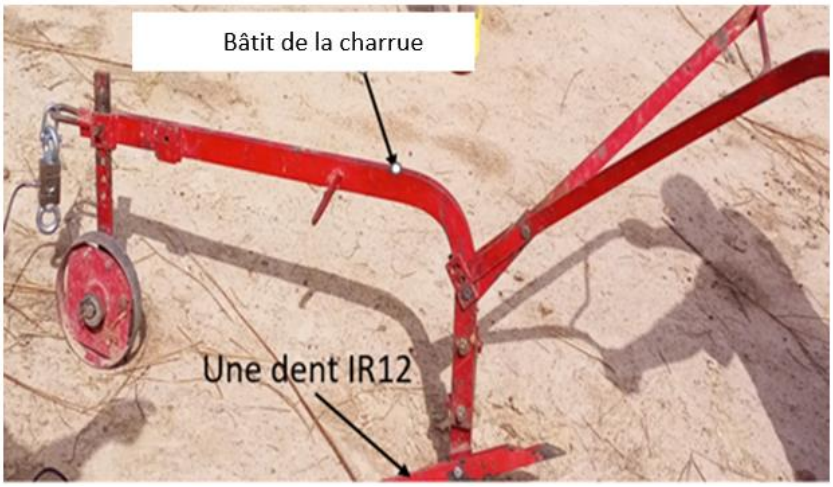


Photo 2. Une dent IR12 montée sur le bâtit de la charrue bovine



Photo 3. Une daba

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental est composé de 3 blocs (1003 m2) constituant chacun un traitement dont le zaï manuel (T1), le zaï avec le Zaïner (T2) et le zaï mécanisé (T3). Chaque bloc comprend trois répétitions séparées par une allée de 1 m (figure 2).

Le matériel végétal utilisé au cours de l'étude est composé de la variété de sorgho Kapèlga. C'est une variété ayant un cycle semis-maturité de 90-100 jours qui se cultive dans les isohyètes de 500-850 mm. La variété possède un rendement potentiel de 2,8 t/ha.

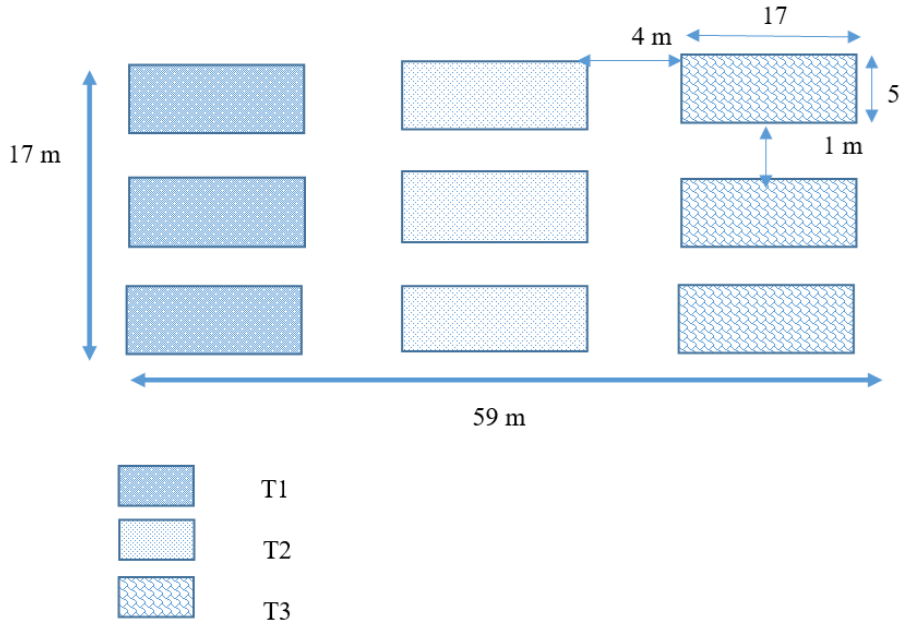


Fig. 2. Dispositif expérimental de l'essai en station

Dans chaque répétition, l'application de la fumure organique a consisté à déposer 300 grammes de matière organique dans chaque poquet dès la première pluie utile. Les semis ont été conduits dans les poquets les 22 juin 2023. Les doses de NPK et d'urée sont respectivement de 62,50 kg/ha le 9 juillet 2022 et 31,25 kg/ha le 10 août 2022. Les sarclages sont menés le 14ème jour après semis (8 juillet) et le 45ème jour après semis (10 août 2022).

2.4 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES

La collecte des données a concerné les rendements, la force de traction bovine, le temps de confection des poquets, les prix des intrants et de la production de sorgho. Ces données sont collectées en fonction des types de pratique du zaï.

La force de traction bovine a été mesurée pendant la réalisation des poquets de zaï mécanisé à l'aide d'un dynamomètre. Le dynamomètre est accroché au point de prise de force (Photo 5) et la force de traction s'affiche sur l'écran lors de la réalisation des poquets du zaï.

Le temps de travail humain est la durée consacrée à la confection d'un poquet. Cette durée est mesurée sur toute la parcelle élémentaire pour la technique manuelle et motorisé. La mesure du temps de travail par poquet a été réalisée à l'aide de chronomètre au cours de la confection d'un poquet.

Les rendements grains et paille ont été déterminés sur les parcelles utiles de 75 m2 puis ramenés à l'hectare. Dans chaque parcelle élémentaire, la récolte a été effectuée sur vingt-cinq mètre carré (25 m^2) répété trois fois. Après séchage et battage, les grains et la biomasse obtenues ont été pesées avec une balance électronique pour obtenir le rendement par parcelle.

La rentabilité économique de la pratique du zaï est évaluée à partir de l'investissement, les charges intermédiaires (intrants agricoles, carburant), la main d'œuvre et la marge nette. La valeur ajoutée nette, le délai de retour sur l'investissement et le taux interne de rentabilité ne sont pas déterminés dans la mesure où l'expérimentation n'a porté que sur une campagne agricole [21], [22].

L'investissement (I), correspond aux dépenses relatives à l'acquisition du Zaïner, l'achat d'une houe manga et une daba dont les durées de vie (t) sont respectivement estimées à 5 ans, 10 ans et 4 mois. L'annuité (A), est déterminée suivant la formule:

$$A = \frac{I}{t} \quad (1)$$

Les charges intermédiaires (CI) représentent les dépenses relatives l'achat de l'urée (C_u), du NPK (C_n), le carburant (C_a) l'huile de vidange (C_h) et à l'entretien et réparation (C_e).

$$CI = C_u + C_n + C_a + C_h + C_e \quad (2)$$

Avant de procéder à la réalisation des poquets, le réservoir du Zaïner est rempli de carburant (essence). Le Zaïner est ensuite mis en marche pour la réalisation des poquets sur une superficie donnée. La quantité de carburant consommé sur cette superficie est évaluée après usage en remplissant de nouveau le réservoir avec une quantité connue de carburant. Le coût du carburant est calculé à partir de la quantité (Q) et du prix (Pa).

$$C_a = Q_a * P_a \quad (5)$$

Le coût de la main d'œuvre (CO), est évaluée en tenant en compte le nombre d'actifs (Na), le coût journalier (C_j), de la main d'œuvre et le nombre de jours travaillés (N_t).

$$CO = N_a * C_j * N_t \quad (6)$$

Le coût d'utilisation de la traction animale est noté C_t.

La marge nette (MN) obtenue à partir de la formule suivante:

$$MN = PB - CI - C_O - A \quad (7)$$

$$PB = Rd * P_s \quad (8)$$

Rd: rendement du sorgho $\frac{kg}{ha}$; P_s=Prix de vente du sorgho $\left(\frac{kg}{ha}\right)$; PB: Produit brut

La marge nette est calculée pour le zaï manuelle (MN_{ma}), mécanisé (MN_{meca}) et motorisé (MN_{zainer}). Une comparaison entre les marges nettes permet d'apprécier les différents types de pratiques du zaï.

3 RÉSULTATS

3.1 EVALUATION DU TEMPS DE TRAVAIL

Le tableau 1 présente les résultats du temps de travail. La mesure du temps de travail a montré que la réalisation des poquets du zaï mécanisé nécessite moins de temps que le zaï mécanisé et manuel. En effet, pour la traction animale, la durée du travail sur la parcelle élémentaire de 272 m2 a été de 58 mn; soit 35 h/ha. L'utilisation du Zaïner pour la même superficie a nécessité 1 h 30 mn; soit 61 h/ha; pour la technique manuelle le travail a été réalisé en 3 h 04 mn sur la parcelle élémentaire de 272 m2 soit 336h/ha. Le zaï mécanisé permet donc un regain en temps moyen de 26 h/ha sur le Zaïner et de 301h/ha sur le zaï manuel. L'analyse statistique a montré une différence très hautement significative entre les différents traitements ($p < 0,001$).

Tableau 1. Temps de réalisation des cuvettes de zaï selon les différentes techniques en station

Traitement	Temps de réalisation sur 272 m² (heure)	Temps par ha (heure)
Zaï manuel	3,06	330
Zaï motorisé	1,5	61
Zaï mécanisé	0,97	35

3.2 DIMENSIONS DES POQUETS

Le tableau 2 présente l'effet des méthodes de réalisation du zaï sur les caractéristiques des poquets. La pratique du zaï manuel a enregistré la plus grande largeur de poquet (27,06 cm) ainsi que la profondeur (12,00 cm), suivie du zaï motorisé et mécanisé; soit un écart respectif de 5,39 cm de largeur et de 3,49 cm de profondeur entre le zaï manuel et le zaï mécanisé. L'analyse de variance a révélé une différence très hautement significative (P<0,001) en ce qui concerne la largeur et la profondeur des poquets.

Tableau 2. Variation des dimensions des poquets en fonction des types de zaï

Traitement	Profondeur (cm)	Largeur (cm)
Zaï manuel	12,00a	27,06a
Zaï motorisé	11,84b	22,00b
Zaï mécanisé	8,51b	21,67b
Probabilité	<0,001	<0,001
Signification	THS	THS

NB: THS=très hautement significatif. Les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

3.3 EVALUATION DES RENDEMENTS

Le tableau 3 montre les rendements grain et paille du sorgho en fonction des types de pratiques du zaï. L'analyse statistique montre que les différents modes de réalisation du zaï ont divers effets sur les rendements. Les plus fortes moyennes statistiques des rendements grains et pailles ont été obtenues par le zaï mécanisé (1844 kg/ha et 5400 kg/ha respectivement pour le poids grain et poids paille). Les rendements grains issus du zaï manuel (1413 kg/ha et 3407 kg/ha) et zaï mécanisé (625 kg/ha et 1631 kg/ha) sont inférieurs du zaï motorisé.

Tableau 3. Rendements grains et paille de sorgho en fonction des pratiques de zaï en station

Traitement	Rendement grain (kg/ha)	Rendement paille (kg/ha)
Zaï manuel	1413a	3407a
Zaï motorisé	1844a	5400a
Zaï mécanisé	625b	1631a

3.4 EVALUATION DE LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DE LA PRATIQUE DU ZAÏ

Les charges fixes sont évaluées en fonction du coût d'achat des matériels et de leurs durées de vie (Tableau 4). Le zaï motorisé présente une charge fixe à l'hectare (42000 FCFA/ha) supérieure à celui du zaï mécanisé et manuel. Les charges variables du zaï manuel (125 750 FCFA/ha) sont supérieures à ceux des autres pratiques. La marge nette du zaï motorisé, mécanique et manuel est respectivement évaluée à 263548 FCFA/ha, 56025 FCFA/ha et 176871 FCFA/ha. Le zaï motorisé est plus rentable que le zaï manuel et mécanique.

Tableau 4. Evaluation économique de la pratique du zaï

Désignation	Unité	Zaï mécanisé	Zaï motorisé	Zaï manuel
Coût d'achat de l'outil	FCFA	110000	600000	1000
Durée de vie de l'outil	Année	10	5	0,25
Temps d'utilisation	Mois	2	2	3
Amortissement	FCFA/Année	11000	120000	4000
Entretien réparation	FCFA/Année	8250	90000	-
Amortissement	FCFA/ha	2200	24000	4000
Entretien réparation	FCFA/Année	1650	18000	-
Charge fixes annuelles	FCFA/année	19250	210000	4000
Charges fixes	FCFA/ha	3850	42000	4000
Semence	FCFA/ha	4500	4500	4500
NPK	FCFA/ha	27500	27500	27500
Urée	FCFA/ha	13750	13750	13750
Carburant	FCFA/ha	-	5350	-
Huile de vidange	FCFA/ha	-	6000	-
Main d'œuvre	FCFA/ha	30000	40000	80000
Charges variables	FCFA/ha	75750	97100	125750
Charges totales	FCFA/ha	78600	139100	129750
Prix de vente de la production graine	FCFA/Kg	117	117	117
Production brut	FCFA/ha	135625	400148	306621
Marge nette	FCFA/ha	56025	263548	176871

4 DISCUSSION

La pratique du zaï connait une dynamique du temps de travail pour la confection des poquets [13; 7]. L'analyse montre que le temps de travail diminue avec l'amélioration du zaï manuel. Le temps de travail est estimé en station à 330 h/ha, 60 h/ha et 35 h/ha respectivement pour le zaï manuel, le zaï motorisé, et le zaï mécanisé. Ces résultats corroborent ceux de [23] qui montré que le besoin en temps de travail est de 300 h/ha pour le zaï manuel et 50 h/ha pour le zaï mécanisé. La réduction du temps de travail pour la confection des poquets pourrait accroître le niveau d'adoption et une mise à l'échelle de la pratique du zaï [19]. Cette mise à l'échelle dépend cependant des zones climatiques [24] et des caractéristiques socioéconomiques des agriculteurs [15; 19].

Le zaï motorisé permet d'accroître les rendements grains et paille par rapport au zaï manuel et mécanisé. Ces résultats sont liés à la poudrette reversée dans les poquets lors de la réalisation des poquets qui a permis une meilleure rétention en eau, un bon enracinement des plants, et une activation optimum de l'activité de la microbiologie du sol au profit des plants et du sol [25]. Cependant, lorsque la matière organique est appliquée dans les poquets avant la saison des pluies, le taux de libération des éléments nutritifs des amendements organiques dépasse largement l'absorption des éléments nutritifs par les plantes; ce qui pourrait entrainer d'importantes pertes de lessivage au cours des 4 à 6 premières semaines suivant le semis, en particulier pour l'azote et, dans une moindre mesure, pour le potassium Selon [26].

Le traitement zaï mécanisé a engendré une réduction du rendement grains et paille respectivement de 890 kg/ha et 1800 kg/ha comparativement aux rendements issus de la pratique du zaï manuel. L'effet du zaï mécanisé sur les rendements comparativement au zaï manuel est contraire aux résultats des travaux de [17]. Ces derniers auteurs ont trouvé que le zaï mécanisé permettait d'accroître les rendements par rapport au zaï manuel. La force de travail du bœuf de trait utilisé détermine la profondeur des poquets où la fumure organique est apportée pour satisfaire les besoins en éléments minéraux des cultures. Les dimensions des poquets du zaï mécanisé sont inférieures à celles du zaï manuel lorsque la force de traction animale est faible avec pour conséquences une baisse des rendements [27].

Le coût de réalisation du zaï varie en fonction de l'outil utilisé [17]. Le coût de réalisation zaï motorisé est supérieur à celui du zaï mécanisé et manuel. Toutefois, l'analyse de la rentabilité économique montre le revenu généré est de 176000 F CFA/ha, 263000 F/CFA et 56000 F CFA/ha CFA/ha respectivement pour le zaï manuel, motorisé et mécanisé. Elle révèle que la pratique

du zaï motorisé est économiquement plus avantageux. La motorisation du travail du sol permet d'améliorer la fertilité et l'humidité du sol avec pour effet une amélioration des revenus agricoles [13; 26]. Des études antérieures ont montré que la combinaison de la motorisation agricole et l'amélioration de la fertilité des sols aboutit à l'accroissement des revenus [28; 16].

5 CONCLUSION

L'étude révèle que la motorisation du zaï permet d'accroître les rendements du sorgho comparativement aux autres de pratiques. Le rendement grain du sorgho obtenu à partir du zaï motorisé est évalué à 1844 kg/ha alors que du ceux du zaï manuel et mécanisé sont respectivement de 1413 kg/ha et 625 kg/ha. Le besoin en temps de travail du zaï mécanisé est inférieur à celui du zaï motorisé et manuel. L'investissement est évalué à 3850 FCFA/ha, 42000 FCFA/ha et 4000 FCFA/ha respectivement pour le zaï mécanisé, motorisé et manuel. La marge nette est évaluée à 176 871 FCFA/ha, 263 548 FCFA/ha et 56 025 FCFA/ha respectivement pour le zaï manuel, motorisé et mécanisé. La mise en œuvre du zaï motorisé permet de dégager une marge nette supérieure à ceux des autres pratiques. Des tests du zaï motorisé dans les exploitations agricoles sont nécessaires avant une éventuelle mise à l'échelle.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Fondation Practica pour la conception et la mise à disposition du Zaïner dans le cadre de cette recherche

REFERENCES

[1] FAO, «La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2021,» Rome, Italie, 2021.

[2] R. Zougmoré *et al.,* «Toward climate-smart agriculture in West Africa: A review of climate change impacts, adaptation strategies and policy developments for the livestock, fishery and crop production sectors,» *Agriculture and Food Security,* vol. 5, no. 1, pp. 1–16, 2016.

[3] B. Zongo, A. Diarra, B. Barbier, M. Zorom, H. Yacouba, and T. Dogot, «Farmers' practices and willingness to adopt supplemental irrigation in Burkina Faso,» *International Journal of Food and Agricultural Economics,* vol. 3, no. 1, pp. 101–117, 2015.

[4] J. Marchal, «Vingt ans de lutte antiérosive au nord du Burkina Faso,» *Cahier Orstom, Sér. Pédol.,* vol. XXII, no. 2, pp. 173–180, 1986.

[5] P. Jouve, «Secheresse au Sahel et strategies paysannes,» *Sécheresse,* vol. 2, pp. 61–69, 1991.

[6] W. M. Sweileh, «Bibliometric analysis of peer-reviewed literature on food security in the context of climate change from 1980 to 2019,» *Agriculture and Food Security,* vol. 9, no. 1, pp. 1–15, 2020.

[7] E. Roose, V. Kaboré, and C. Guénat, «Zai practice: A west african traditional rehabilitation system for semiarid degraded lands, a case study in Burkina Faso,» *Arid Soil Research and Rehabilitation,* vol. 13, pp. 343–35, 1999.

[8] J. C. J. Wildemeersch *et al.,* «Assessing the Constraints to Adopt Water and Soil Conservation Techniques in Tillaberi, Niger,» *Land Degradation and Development,* vol. 26, no. 5, pp. 491–501, 2015.

[9] C. Reij, I. Scoones, and C. Toulmin, *Techniques traditionnelles de cpnservation de l'eau et des sols en Afrique,* Edition KA. Wageningen, Pays Bas, 1996.

[10] M. I. Bouzou and L. N. Dan, «Le « Tassa » : une technique de conservation des eaux et des sols bien adaptée aux conditions physiques et socio-économiques des glacis des régions semiarides (Niger) / The « tassa », a soil and water conservation technique well adapted to the physical an,» *Revue de géographie alpine,* vol. 92, no. 1, pp. 61–70, 2004.

[11] H. T. Ndah *et al.,* «Adoption potential of conservation agriculture practices in Sub-Saharan Africa: Results from five case studies,» *Environmental Management,* vol. 53, no. 3, pp. 620–635, 2014.

[12] B. Y. Karidjo, Z. Wang, Y. Boubacar, and C. Wei, «Factors influencing farmers' Adoption of Soil and Water Control Technology (SWCT) in Keita valley, a semi-arid Area of Niger,» *Sustainability (Switzerland),* vol. 10, no. 2, 2018.

[13] A. Maatman, H. Sawadogo, C. Schweigman, and A. Ouedraogo, «Application of zaï and rock bunds in the northwest region of Burkina Faso: Study of its impact on household level by using a stochastic linear programming model,» *Netherlands Journal of Agricultural Science,* vol. 46, no. 1, pp. 123–136, 1998.

[14] E. Roose, i M. Arab, K. Brahamia, R. Chebbani, M. Mazour, and B. Morsli, «Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne : réduction des risques érosifs et intensification de la production agricole par la GCES : synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion - fdi: 010009097 -,» *Cahiers ORSTOM.Série Pédologie,* vol. 28, no. 2, pp. 289–308, 1993.

[15] G. Danso-Abbeam, G. Dagunga, and D. S. Ehiakpor, «Adoption of Zai technology for soil fertility management: evidence from Upper East region, Ghana,» *Journal of Economic Structures,* vol. 8, no. 1, pp. 1–14, 2019.
[16] T. Amede, M. Menza, and S. B. Awlachew, «Zai improves nutrient and water productivity in the ethiopian highlands,» *Experimental Agriculture,* vol. 47, no. S1, pp. 7–20, 2011.
[17] A. Barro, R. Zougmore, and J.-B. Taonda, «Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride,» *Agricultures (Montrouge),* vol. 14, no. 6, pp. 549–559, 2005.
[18] S. W. K. Muchai, F. K. Ngetich, M. Baaru, and M. W. Mucheru-Muna, «Adoption and utilisation of Zai pits for improved farm productivity in drier upper eastern Kenya,» *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics,* vol. 121, no. 1, pp. 13–22, 2020.
[19] B. Zongo, O. S. Combary, S. Ouédraogo, and P. Toé, «Diffusion of water harvesting for rainfed agriculture in sub-Saharan Africa : Case of zaï practice in Burkina Faso,» vol. 14, no. June, pp. 50–59, 2022.
[20] SP/CONEDD, «Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques,» Ouagadougou, 2011.
[21] B. Panigrahi, S. N. Panda, and B. C. Mal, «Rainwater conservation and recycling by optimal size on-farm reservoir,» *Resources, Conservation and Recycling,* vol. 50, no. 4, pp. 459–474, 2007.
[22] B. Zongo *et al.,* «Economic analysis and food security contribution of supplemental irrigation and farm ponds : evidence from northern Burkina Faso,» *Agriculture & Food Security,* vol. 11, no. 4, pp. 1–18, 2022.
[23] D. Clavel, A. Barro, T. Belay, R. Lahmar, and F. Maraux, «Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en Afrique Sahelienne: le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie,» *VertigO,* no. Volume 8 Numéro 3, pp. 1–19, 2009.
[24] M. A. Slingerland and V. E. Stork, «Determinants of the Practice of Zaï and Mulching in North Burkina Faso,» *Journal of Sustainable Agriculture,* vol. 16, no. 2, pp. 53–76, 2000.
[25] B. Koulibaly, O. Traoré, D. Dakuo, and P. N. Zombré, «Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'ouest du Burkina Faso,» *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment,* vol. 13, no. 1, pp. 103–111, 2009.
[26] D. Fatondji, C. Martius, R. Zougmore, P. L. G. Vlek, C. L. Bielders, and S. Koala, «Decomposition of organic amendment and nutrient release under the zai technique in the Sahel,» *Nutrient Cycling in Agroecosystems,* vol. 85, no. 3, pp. 225–239, 2009.
[27] R. A. Pearson and E. Vall, «Performances et conduite des animaux de trait en Afrique sub-saharienne : une synthèse,» *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux,* vol. 51, no. 2, pp. 155–163, 1998.
[28] C. É. D. Da, «Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur le rendement du sorgho au centre-nord du Burkina Faso,» *Cahiers d'Outre-Mer,* vol. 61, no. 241–242, pp. 99–110, 2008.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 670-679
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effets de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques en ZONE CEMAC

[Effects of financial inclusion on the profitability of banks in the CEMAC ZONE]

Reounodji Madji Cyrille[1], Nembot Ndeffo Luc[2], and Lopiagoto Noudjihoudou Désiré[3]

[1]Enseignant chercheur, Faculté des sciences économiques et de Gestion, Université de N'Djamena, Laboratoire d'Étude et de Recherche en Économie Appliquée et en Gestion (LAEREAG), Chad

[2]Professeur titulaire-Université de Dschang, Laboratoire de Recherche en Economie Fondamentale et Appliquée (LAREFA), Cameroon

[3]Doctorant, Faculté des Sciences Économiques et de Gestion, Université de Dschang, Cameroon

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

ABSTRACT: The objective of this article is to analyze the effects of financial inclusion on bank profitability in the CEMAC zone over the period 2000-2020. Specifically, it consists of firstly analyzing the implications of financial inclusion, profitability of assets and capital of banks in the CEMAC zone. Secondly, it is a question of highlighting the interactions between financial inclusion Net banking product in the CEMAC zone. In order to achieve these subsequent objectives, triple least squares (3SLS) estimators were used. The results obtained globally show that financial inclusion does not guarantee the profitability of CEMAC banks. The results obtained make it possible to recommend the promotion of education of populations in the development of financial culture and then to strengthen the regulatory framework through the formulation and implementation of policies which make it possible to promote the private sector, this can contribute to strengthen the supply and demand of financial services.

KEYWORDS: Financial inclusion, banking performance, profitability of banks, CEMAC.

RESUME: L'objectif de cet article est d'analyser les effets de la l'inclusion financière sur la rentabilité bancaire en zone CEMAC sur la période 2000-2020. De manière spécifique, il consiste à analyser premièrement les implications de l'inclusion financière rentabilité des actifs et des capitaux des banques en zone CEMAC. Deuxièmement, il est question de mettre en évidence les interactions entre l'inclusion financière Produit net bancaire en zone CEMAC. Afin d'atteindre ces objectifs subséquents, il a été utilisé les estimateurs des triples moindres carrés (3SLS). Les résultats obtenus montrent globalement que l'inclusion financière ne garantit pas la rentabilité des banques de la CEMAC. Les résultats obtenus permettent de recommander la promotion de l'éducation des populations au développement de la culture financière puis de renforcer le cadre réglementaire au travers de la formulation et la mise en application des politiques qui permettent de promouvoir le secteur privé, ceci peut contribuer à renforcer l'offre et la demande des services financiers.

MOTS-CLEFS: Inclusion financière, performance bancaire, rentabilité des banques, CEMAC.

1 INTRODUCTION

L'accès aux services bancaires à moindre coût à toute la couche de la population avec la possibilité d'utiliser les produits/gammes de services financiers utiles à leur besoin constitue un objectif majeur que doit rechercher tout système

bancaire crédible. Il n'en demeure pas moins de celui de la zone CEMAC. Dans l'optique d'augmenter leur rentabilité, les banques sont à la recherche de « niches » notamment celles incluant les personnes à faibles revenus dans le système. L'inclusion financière, qui englobe l'accès aux services financiers, leur utilisation et leur accessibilité financière, est devenue une question d'actualité et fait l'objet d'une attention particulière de la part des décideurs politiques et des chercheurs. Au niveau mondial, l'inclusion financière est de mise. Demirgüç-Kunt, Klapper, Singer et Van Oudheusden (2015) ont noté dans les rapports sur l'inclusion financière mondiale (findex) que plus de 50 % des ménages les plus pauvres du monde n'ont toujours pas de compte en banque. En Afrique subsaharienne (ASS) par exemple, si le taux de détention de comptes monte, celui d'inclusion reste à la traîne des chiffres mondiaux (voir Demirgüç-Kunt et al., 2018).

A l'état actuel des travaux, très peu ont étudié clairement la relation entre l'inclusion financière et la rentabilité des banques. Il est à relever que plusieurs courants de pensées ont mené de vifs débats sur les effets de l'inclusion financière sur la performance du système bancaire dont deux retiendront notre attention. Le premier courant pense que l'inclusion financière se mesure par le taux de bancarisation, celui-ci augmente les dépôts, donc améliore de manière significative la performance des banques. Les auteurs tels que Geda et al., (2006); Beck et al., (2007); Demirguç-Kunt et Klapper, (2013); Tangakou, (2019); Madjou et al., (2020) ont conclu dans leurs travaux que l'amélioration du taux de bancarisation améliore significativement la performance bancaire qui induit la croissance économique. Le second courant mené par les organisations internationales à l'instar de la Banque Mondiale, CGAP, FMI, ONU et PNUD estime que l'inclusion financière doit intégrer les TIC à travers le mobile money pour permettre aux personnes exclues du système bancaire traditionnel d'y avoir accès. Les auteurs tels que, Assadi et cudi (2011); Tangakou (2019); Madjou (2021) ont conclu dans leurs travaux que l'inclusion financière par le mobile money, a un effet assez important sur le taux de croissance économique et donc sur la performance du système bancaire.

En Afrique, Allen et al. (2014) ont montré que la densité de la population est beaucoup plus déterminante de l'inclusion financière qu'ailleurs. En outre, ils ont constaté que les services bancaires mobiles élargissent l'accès aux services financiers. Efobi et al (2014) ont exploré les facteurs influençant l'accès et l'utilisation des services bancaires au Nigeria, et leurs résultats révèlent que les attributs individuels, le revenu et l'utilisation des TIC (technologie d'information et de communication) sont des facteurs significatifs influençant l'utilisation des services bancaires.

En référence à toutes ces préoccupations susmentionnées, nous nous proposons dans cet article de répondre à un certain nombre de questions qu'il convient de présenter.

La question principale à laquelle répond cet article est la suivante:

Quels sont les effets de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques dans la CEMAC ?

De cette question principale découlent deux questions secondaires:

- Quels sont les effets de l'inclusion financière sur la rentabilité des actifs et des capitaux des banques en zone CEMAC ?
- Quels sont les effets de l'inclusion financière sur le Produit net bancaire ?

2 CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

Ce paragraphe est consacré à la clarification des concepts de l'étude, l'analyse des relations entre l'inclusion financière et la rentabilité des banques, puis les fondements des hypothèses de recherche.

2.1 CLARIFICATION DES CONCEPTS

Il s'agit ici de présenter les controverses autour des concepts de l'inclusion financière et de la rentabilité bancaire.

2.1.1 CONTROVERSES AUTOUR DE L'INCLUSION FINANCIÈRE

Dans la littérature existante, deux grandes théories permettent d'apporter un éclairage sur les différents facteurs qui contribuent à l'exclusion/inclusion financière: La théorie des frontières des possibilités d'accès et la théorie des barrières à l'accès. « La théorie des frontières des possibilités d'accès a été développée par Beck et De la Torre (2006). Ils partent du principe économique de la loi de l'offre et de la demande pour identifier les problèmes d'accès aux services bancaires et financiers et leurs causes. Les facteurs retenus pour expliquer le niveau de l'offre sont les coûts de transaction et les risques systémiques et particuliers. Quant à la demande, elle est appréciée par des facteurs économiques (revenu, prix) et non économiques (illettrisme financier et barrière culturelle et religieuse). Leurs travaux couvrent les deux aspects les plus

importants de la problématique d'accès aux services bancaires et financiers que sont d'une part, l'accès aux services d'épargne et de paiement et d'autre part, l'accès au crédit. La théorie des barrières à l'accès quant à elle traite des causes d'un non-aboutissement. Cette notion de barrière à l'accès a été développée par plusieurs auteurs dans la littérature (Beck et al, 2005, 2006; Honohan, 2004). Elle fait allusion à un ensemble de facteurs susceptibles de compromettre le « processus de démocratisation des services financiers » au sein d'une communauté. Plusieurs travaux théoriques et empiriques relatifs à cette théorie ont analysé les barrières à l'accès aux services financiers et ont déterminé les facteurs explicatifs. Ces auteurs ont dégagé tout un ensemble de barrières. Il s'agit de barrières physique et financière à l'accès; et celles relatives à l'éligibilité, à l'information, à la réglementation. A cet égard, Chamberlain et Walker (2005) estiment que « la barrière de l'éligibilité est déterminée par la barrière financière (dépôt minimal) et la barrière physique à l'accès (coût du transport vers l'agence la plus proche) ». (Chaibou, 2019, pp 97).

2.1.2 APERÇU SUR LE CONCEPT DE LA RENTABILITÉ DES BANQUES

Selon Aburime (2009), l'importance de la rentabilité des banques peut être appréciée aux niveaux micro et macro de l'économie. Au niveau micro, le profit constitue la source de financement la moins chère pour une banque. Il ne s'agit pas seulement d'un résultat, mais aussi d'une nécessité pour les banques durant une période de concurrence croissante sur les marchés financiers, car il est un signe et un signal de performance pour les actionnaires. Par conséquent, l'objectif fondamental de toute direction de banque est de maximiser le profit, comme une condition essentielle à la conduite des affaires. En somme l'activité bancaire repose sur la recherche de la performance financière à travers la prise de risque.

Pour Nouy (1993), la rentabilité des établissements de crédit représente leurs aptitudes à produire de leurs exploitations un excédent suffisant et indispensable pour la continuité de leurs activités après la déduction des coûts nécessaires à cette exploitation. Arora (2012), pour sa part, a montré que la performance financière des banques est mesurée par des indicateurs financiers car les banques sont des organisations à but lucratif. Généralement les banquiers utilisent les mesures comme les indicateurs de profitabilité, d'efficience et de liquidité comme des mesures de performance.

L'inclusion financière est le pivot de la réduction de la pauvreté et d'un développement solidaire et durable. Des facteurs physiques, économiques, règlementaires et culturels contribuent à barrer l'accès aux services financiers, ce qui défavorise particulièrement les pauvres, les femmes, les jeunes, les populations rurales et les travailleurs de l'économie informelle. Les nouvelles technologies comme le transfert d'argent via le téléphone portable et des modèles d'activités novateurs permettent largement de contourner ou de surmonter les obstacles à l'accès (Madjou, 2019).

Dans ce sens, la banque mobile contribue désormais significativement à la bancarisation dans la zone. La majorité des comptes sont des comptes mobiles au Tchad comme au Gabon. Pour sa part, le Cameroun se caractérise par un taux de bancarisation mobile proche de la moyenne des pays à revenus faibles, même s'il est inférieur à la médiane des pays d'Afrique subsaharienne. À ce titre, le rôle joué par le secteur bancaire mobile au Cameroun est proportionnellement moins important que dans les autres pays de la sous-région bien qu'il soit nettement supérieur à la moyenne des pays à revenus moyens de la tranche inférieure, catégorie de revenus à laquelle il appartient.

En analysant le lien entre l'inclusion financière et la rentabilité des banques, peu d'auteurs l'ont mis en exergue dans des études récentes. Toutefois, Arshadi et Lawrence (1987) ont analysé sur la base des données empiriques le comportement de la performance de nouvelles banques installées aux Etats-Unis. Ils ont utilisé une analyse de corrélation canonique pour tester la relation entre la mesure de la performance et une série de variables financières endogènes de l'inclusion financière. La principale limite de cette étude reste son caractère statique qui est lié à la nature même des corrélations canoniques. Une autre étude a été réalisée par Bourke (1989) pour apprécier les facteurs qui influencent la performance des banques commerciales en Europe, en Amérique du Nord et en Australie. L'échantillon est constitué de 90 banques. L'étude a porté sur une durée de dix ans (1972-1981) pour harmoniser les différences des systèmes compatibles des Etats, l'auteur a utilisé le concept de valeur ajoutée pour évaluer la performance des banques et aussi a mis en lumière dans son étude l'influence positive de l'inclusion financière sur la performance des banques. Une méthodologie identique à celle de Bourke a été utilisée par Molyneux et Thornton (1992) pour déterminer la profitabilité des banques. L'étude a porté sur les banques de pays européens pour la période 1986-1989. Les résultats obtenus leur ont permis de conclure que la relation entre la concentration, et la performance sont corrélées avec l'inclusion financière, plus la banque est performante, plus le degré d'inclusion est élevé. La contribution de Jasim Yusuf AH (1994) porte sur l'étude de la performance des banques commerciales au Bahreïn. II utilise à cet effet un échantillon de 6 banques. La période d'étude est de 7 ans (1984-1991). II utilise la méthode de panel et totalise à cet effet 42 observations. Son étude se fait à travers deux modèles de régression avec les deux variables expliquées (Rendement sur 1'actif (ROA) et le Rendement sur le Capital (ROE), les conclusions montrent un lien entre l'inclusion financière et la profitabilité des banques.

En définitive, les diverses réformes économiques et financières actuellement engagées par les pays de CEMAC, même si elles nécessitent encore un renforcement, devraient déjà libérer une partie du potentiel de croissance des économies de la zone et accélérer leur transformation structurelle. À ce titre, le système financier peut jouer un rôle crucial dans le développement économique des pays de la sous-région, moyennant notamment le soutien de leur diversification économique, le renforcement de l'inclusion financière et partant renforcer la rentabilité des banques de la zone.

2.2 FORMULATION DE L'HYPOTHÈSE

Tel annoncé, l'objectif principal de cet article est de déterminer les effets de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques de la CEMAC. Les approches théoriques ont montré l'existence de plusieurs variantes dans la mesure que dans les effets des de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques. Plusieurs études ont été effectuées sur la performance bancaire, dont la plupart ont concerné les pays développés ainsi que les économies en développement d'Asie comme la chine. Bon nombre de ces travaux mesurent la performance grâce à trois indicateurs financiers qui sont la rentabilité des actifs (ROA), la rentabilité des capitaux propres (ROE) et la marge nette sur les intérêts (NIM). D'autres études y rajoutent le Produit Net Bancaire comme une des mesures de la performance bancaire. On peut citer notamment les travaux de Bourke (1989), Molyneux et Thornton (1992), Demirguç-Kunt et Huizinga (2000), qui ont identifiés plusieurs déterminants de la performance bancaire mesurés par la rentabilité bancaire.

Plusieurs études empiriques ont permis de conclure que déterminants de la performance sont corrélées avec l'inclusion financière. En effet, plus la banque est performante, plus le degré d'inclusion est élevé (Jasim Yusuf AH (1994). Ainsi l'hypothèse faite dans cet article est la suivante:

H: l'inclusion financière affecte positivement la rentabilité bancaire en zone CEMAC.

3 MÉTHODOLOGIE

Dans cette section, il est question de présenter, de spécifier le modèle économétrique, de valider la technique d'estimation et d'interpréter les résultats

3.1 MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

3.1.1 SPÉCIFICATION DU MODÈLE, JUSTIFICATION DES VARIABLES

Nous abordons essentiellement dans ce paragraphe la spécification du modèle économétrique utilisé puis de justifier la mesure des variables.

3.1.1.1 SPÉCIFICATION DU MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

L'objectif de cet article est d'évaluer les effets de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques de la CEMAC.

L'échantillon est composé des six pays à savoir le Cameroun, la Centrafrique, le Congo, le Gabon, la Guinée Equatoriale et le Tchad qui constituent la Communauté Economique Monétaire de l'Afrique Centrale (CEMAC). Le choix de ces pays se justifie parce qu'ils ont les mêmes caractéristiques économiques, un passé historique commun (colonisation et intégration sous régionale), une même cet donc une politique monétaire commune. La période d'étude est celle allant de 2000 à 2021. Le choix de cette période est justifié par la disponibilité des données et la robustesse des résultats. Ces données proviennent de la Banque Mondiale, de la BEAC et de la CEMAC.

Dans le secteur bancaire la mesure de la performance des banques ou des institutions financières d'une manière générale est appréhendée par plusieurs variables. En rapport aux précédents travaux empiriques, la performance des banques sera mesurée par les rentabilités des actifs et des fonds propres. Chauvet et Jacolin (2015) en analysant les effets de l'inclusion financière et du développement financier sur la performance des entreprises ont considéré le taux de croissance des ventes comme indicateur de performance. Dans un contexte d'analyse de rentabilité au Singapour, Clair (2004) prend en compte les variations des profits et des bilans des banques comme mesure de la performance. Dans la même logique Outreville (1999), et Ranis (2004) analysent les effets de l'inclusion financière, le modèle général peut être spécifié comme suit:

$$\Delta y_{it} = \Delta if_{it} + \Delta Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Avec yit l'indice de performance bancaire des banques du pays i à la période t. Dans la littérature, la performance bancaire demeure majoritairement appréhendée au travers d'indicateurs quantitatifs financiers (Yao, 2005; Heffernan et Fu, 2010; Ongore et Kusa, 2013). Les mesures plus communément utilisées sont le Produit Net Bancaire (PNB), la rentabilité des actifs (Return On Assets: ROA) et la rentabilité des capitaux propres (Return On Equity: ROE). Xit et Zit sont respectivement les groupes des variables d'inclusion financière et de contrôle. εit le terme d'erreur. En tenant compte des approches de Chauvet et Jacolin (2015), la performance d'une entité répond à une dynamique temporelle. En d'autres termes les ajustements de l'indicateur de performance de la banque ou d'une entreprise s'explique par sa variation dans le temps. De même que Rajan et Zingales (1998), le modèle théorique à estimer peut-être spécifié comme suit:

$$\begin{cases} ROA_{\mathrm{i}(t,t-1)} = if_{\mathrm{i}(t,t-1)} + Z_{\mathrm{i}(t,t-1)} + \mu_i + \varepsilon_{\mathrm{i}(t,t-1)} \\ ROE_{\mathrm{i}(t,t-1)} = if_{\mathrm{i}(t,t-1)} + Z_{\mathrm{i}(t,t-1)} + \mu_i + \varepsilon_{\mathrm{i}(t,t-1)} \\ PNB_{\mathrm{i}(t,t-1)} = if_{\mathrm{i}(t,t-1)} + Z_{\mathrm{i}(t,t-1)} + \mu_i + \varepsilon_{\mathrm{i}(t,t-1)} \end{cases} \quad (2)$$

Ainsi, nous avons identifié onze composantes de l'inclusion financière dans le cadre de cette thèse. Ces composantes nous ont permis de calculer l'indice de l'inclusion financière (il y a une distribution par pays pour une certaine période).

L'indice est obtenu en amont par la moyenne arithmétique des sommes des *n* composantes grâce à la formule de normalisation définie comme suit:

$$if_{cit} = \frac{X_{c,it} - X_c \min}{X_c \max - X_c \min} \quad (3)$$

Avec$_{if,\,it}$ l'indice de l'inclusion financière du pays *i* à la période *t de la composante c.* $X_{c,\,min}$ et $X_{c,\,max}$ sont les valeurs minimales et maximales de chaque composante *c* du pays *i* à la période *t* considérée.

L'indice est ainsi calculé grâce à la formule suivante:

$$if_{i,t} = \frac{1}{11}\sum_{c=1}^{11} if_{c,i,t} \quad (4)$$

Les onze (11) composantes de l'inclusion financière sont: la densité du réseau bancaire, taux d'utilisation des services bancaires, taux de bancarisation strict, taux d'utilisation des services électroniques, taux d'utilisation des services financiers (base des comptes ouverts), nombre d'agences bancaires, total des comptes bancaires, compte personnel physique, Nombre total de porteurs de Mobile Money (inscrits), nombre total des porteurs de Mobile Money (inscrits sans doublons ou apurés de multiple numéros de téléphones), nombre total de porteurs de Mobile Money (actifs)

4 RÉSULTATS ET RECOMMANDATIONS

L'échantillon d'étude concerne les banques commerciales ayant une activité financière au moins supérieure à cinq (5) ans. Ce critère de choix est important du fait du caractère dynamique de l'étude d'une part. Afin d'éviter les biais de sélection des banques susceptibles de biaiser les implications des variables réglementaires sur l'activité bancaire, les banques ayant eu une activité en déca de deux (2) ans ont été éliminées de l'échantillon. Cette suppression fait suite aux retraits des agréments intervenus massivement surtout à partir des années 2009 et 2010 dans la CEMAC.

Le tableau 1 suivant donne les statistiques descriptives des variables du modèle à estimer. Le nombre d'observation est de 132 au plus pour la période d'études (2000 à 2020) en fonction de la disponibilité des données.

Il ressort ainsi qu'en moyenne le taux de croissance du PIB de la zone CEMAC est de 4,77 par an, largement suffisant pour insuffler le développement financier et induire l'inclusion financière. Les risques de pertes (créances douteuses et créances en souffrances) ont constitué en moyenne moins de 1% du total crédit accordé. Ce niveau de risque exprime intuitivement la tendance prudente des banques à accorder de crédit rendant ces dernières surliquides (avec en moyenne un taux de 177.32%). Dans le même contexte de surliquidité, le taux de croissance des dépôts quant à lui atteint un niveau de 0,76% en moyenne et celui des crédits de 0.58%. Les actifs bancaires en moyenne ont atteint 141 milliards de FCFA dans la sous-région. La part des

détenteurs de mobile money sans doublons est en moyenne de 11 millions avec un taux global d'utilisation de services financiers de 40,72%.

Il existe peu d'écart avec le Min et le Max du Produit Net Bancaire (Min 0.032 et Max 0,137). Il en est de même de celles créances douteuses (Min 0.26 et Max 0,442) et créances en souffrance (Min 0.01 et Max 0,39).

Tableau 1. Statistique descriptive des variables

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Tx PIB	132	4.772	16.383	-36.391	164.626
Infl	132	2.956	3.717	-11.864	14.525
Actif	132	1415946.7	1447703.2	51299.75	7438736
Depot	132	1096717.4	1132578.9	30617	5849481
Cred brut	132	824363.61	884069.33	27063	4048309
PNB	126	94029.942	92232.35	1756	438057
Cre dout	126	80077.142	97166.189	0,26	499142.1
Taux de créance douteuse	126	12.585	7.71	0.178	34.565
Cre ance en souffrance	126	115407.01	140501.9	217	575824.68
Provisions pour créances	126	72648.672	89550.508	0	453520.51
ROA	126	2.015	1.149	-1.59	5.18
ROE	126	19.43	14.962	-6.6	134.376
Rat risk	132	13.678	15.365	-118.326	41.9
Rat fp	126	15.15	8.326	-9.759	40.3
Rat liq	132	177.302	62.461	1.219	337.837
Coeff trans	126	105.643	78.055	-36.472	601.04
I inf	132	.208	.297	-.125	1.179

Source: Parles auteurs à partir des données de la BEAC

4.1 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les données dont nous disposons sont des données de panel qui varient dans le temps (t) et selon le pays (i). Ce type de données donne une idée générale sur un échantillon important de pays à travers le temps, mais présente toutefois des problèmes de spécification concernant la méthode de régression appliquée pour ce genre d'analyse en raison de la fragilité de ce modèle. Dans le cas spécifique de cette analyse, les estimations à effets fixes les MCO (les triples moindres carrés en occurrence) sont suffisants pour notre modèle d'analyse puisqu'ils ne souffrent pas des problèmes économétriques d'après nos tests préliminaires. La méthode des moindres carrés ainsi d'obtenir des estimateurs non biaisés. Cette technique s'accommode aussi bien à la nature de la variable dépendante qu'à la disponibilité des données.

De façon spécifique, il s'agit d'estimer trois modèles (ROA, ROE et PNB), le premier met en évidence la relation entre l'ensemble des facteurs décrits dans la littérature retenue sur l'inclusion financière (un indice a été calculé à cet effet), et le rendement des actifs, le second évalue l'effet de l'inclusion financière sur la rentabilité des capitaux propres et le troisième modèle examine l'effet de l'inclusion financière sur le Produit Net bancaire des banques de la CEMAC.

4.2 RÉSULTATS DES COMPORTEMENTS AGRÉGÉS DES BANQUES PAR PAYS

Cette section présente les résultats des effets des facteurs de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques dans la CEMAC

Le tableau 3 rapporte les résultats des estimations selon l'estimateur de triples moindres carrés (3SLS). Dans ce tableau, les colonnes (ROA), (ROE) et (PNB) présentent les résultats des effets partiels et globaux de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques dans la CEMAC. Il ressort ainsi que la rentabilité des banques de la CEMAC est sensible aux variables de l'inclusion financière. Résultat significatif au seuil de 1% pour la ROE et 10% pour les ROA et PNB. Par contre le signe est le contraire de

celui attendu, ceci peut s'expliquer d'une part par des spécifiés de comportements des pays en matières d'inclusion financière ainsi que par d'autres canaux de transmission. D'autre part, par le fait que beaucoup de comptes ouverts dans les structures bancaires comme les comptes Mobiles Money ne sont pas alimentés régulièrement et donc leur gestion constitue une charge ayant une incidence négative sur la rentabilité des banques. Référé des auteurs Considérant la variable croissance du crédit bancaire (Cred_brut_), son coefficient est positivement lié à la rentabilité des actifs des banques (ROA) et aux produits nets bancaires aux seuils respectifs de 1% et 5%. Ces résultats corroborent à ceux obtenus par Jokipii et Milne (2008) pour l'échantillon des banques de l'Union Européenne entre 1997 et 2004. En effet, une hausse de 10% de la variation d'une période à une autre du crédit entraine à court terme une variation de la rentabilité bancaire. Le crédit est considéré ainsi comme un des canaux de transmission de l'inclusion financière. Le crédit a donc un effet positif et significatif sur la rentabilité des actifs (ROA) et le Produit Net Bancaire. Plus précisément, une augmentation de crédit d'une unité entraine une hausse de la rentabilité des actifs de 0,0000291unité et du PNB de 0,0387738 toutes choses égales par ailleurs. L'augmentation du volume des crédits bancaires se traduit par l'augmentation de la consommation d'où son effet positif sur la rentabilité des banques. Nos résultats corroborent avec ceux trouvés par, Meagon (2005) conclut l'augmentation du niveau du crédit bancaire contribue à l'amélioration du niveau de croissance économique au Sénégal et donc à augmenter la productivité des banques. Ce résultat de crédit bancaire sur la rentabilité des banques et sur l'inclusion financière corrobore la théorie de la possibilité des frontières d'accès (Beck et de la Torre, 2006) qui stipule que les facteurs économiques (revenu) ont un effet positif sur l'accès aux services financiers. En effet, les travaux de Majnoni et al. (2005), Repullo et al. (2010) et ceux de Garba (2016) ont d'ores et déjà démontré l'existence du lien positif entre l'inclusion financière bancaire et la profitabilité des banques.

A la conception de Van Hoose (2017), gérer les risques de manière intrinsèque par les banques correspond un arbitrage dont les effets sont directement corrélés à la rentabilité et au développement de l'activité du marché bancaire. D'après les résultats obtenus des triples moindres carrés 3SLS, la recrudescence des risques de perte de créance affecte négativement au seuil de 5% la rentabilité des fonds propres. S'agissant des variables de contrôles, il ressort pour l'ensemble des trois modèles que l'inflation a le signe attendu et est significatif. Par contre le taux de croissance du PIB bien qu'ayant le signe attendu n'est pas significatif. Une augmentation du niveau de vie des populations entraine une hausse de l'offre et de la demande des services financiers mais subi les effets contrastés d'une hausse de l'inflation rognant ainsi la rentabilité des banques dans la zone CEMAC, ces effets sont plus marquants lorsqu'on analyse la spécificité par pays en annexe). Les résultats des effets spécifiques de l'inclusion financière montrent une forte inclusion dans les pays qui ont connu une certaine stabilité politique (Cameroun, Congo, Gabon et Guinée Equatoriale). Cette inclusion impacte positivement la rentabilité des banques. Par contre les pays qui ont connu de soubresauts politiques (RCA et Tchad) marquent le pas en matière d'inclusion financière et dont les effets sont mitigés sur la rentabilité des banques.

Tableau 2. Résultat des estimations des équations simultanées sur données de panel par la Méthode des Triples Moindres Carrés (3LS).

Variables	ROA	ROE	PNB
Tx_PIB	0,00000000713	0,0000000495	0,0001261
Infl	-0,0000000330**	-0000000181*	-0.006082*
Depot_	0,0000174	-0,000000526	-0.0310288
Cred_brut_	0,0000291***	0,0000654	0,0387738***
Cre_dout_	0,00000018	0,0001135	0.0718394
Cre_souff_	0,0000000183	0,0000818	-.0,0755074**
Rat_risk	-0,0000000274	-0,000000493***	0,000431
Rat_fp	-0,0000000274	-0,000000572***	-.0005484
Rat_liq	0,00000000227	0,0000000163	0,000532
Iif	-0,000000454*	-0,0000512***	-0.00888881*
Constante	-0,0000152**	-0,0000322	0,0361757**
Nombre d'observations	120	120	120
Nombre de pays	6	6	6

**** p<.01, ** p<.05, * p<.1*

Source: Par les auteurs à partir des données de la BEAC (2000-2020)

4.3 EVALUATION DES EFFETS L'INCLUSION FINANCIÈRE SUR LA RENTABILITÉ DES BANQUES DANS LA CEMAC

Selon notre modèle d'analyse, l'inclusion financière englobe non seulement les variables bancaires mais aussi celles relatives à mobile money. Sekantsi et Motelle (2016) expliquent ainsi que le mobile money s'utilisant par téléphone portable offre un double avantage. Tout d'abord, les téléphones portables sont utilisés par presque tout le monde aujourd'hui et toute personne en sa possession n'est susceptible d'être « mobile money incluse ». Puis le mobile money utilise la même connexion que celle des autres services fournis par les téléphones portables. S'ajoutent à cela la facilité de création d'un compte mobile money, moins exigeante, moins onéreuse et plus rapide que celle d'un compte dans une banque ou même une microfinance. De plus, le mobile money a permis aux ménages pauvres de pouvoir épargner. Ils peuvent faire leurs dépôts rapidement en rentrant des activités en soirée ou en allant faire des courses aux marchés.

Dans le même esprit que Sekantsi et Motelle (2016), il faut ajouter que bien des ménages ont peine à accéder aux services financiers parce qu'ils considèrent que cela est réservé aux personnes aisées. Le simple fait de devoir entrer dans une banque est un frein. Ce phénomène qui fait penser à « l'effet frontière » développé en économie internationale, est qualifié par Abessolo (2019) « d'effet banque ». Ces ménages considèrent que ce monde de la banque n'est pas le leur et l'accès aux services bancaires devient alors marque du statut social. Pourtant, les points mobiles money sont à tous les coins de rues et sont tenues par des individus lambda, eux-mêmes souvent pauvres. Les ménages pauvres se sentent ainsi plus à l'aise et peuvent s'y rendre pour effectuer leurs opérations. La seule limite étant le plus souvent le portefeuille du point mobile money.

Pour Fanta et al. (2016) le mobile money permet de réduire l'exclusion financière auprès des chômeurs, pourvu que ceux-ci possèdent un téléphone portable. Egalement, le mobile money favorise l'inclusion financière sans tenir compte du niveau initial de ce dernier. Alexandre et Eisenhart (2013) eux ajoutent que le mobile money réduit la dépendance aux liquidités notamment puisqu'il est possible d'effectuer certaines courses depuis son compte mobile money mais aussi parce qu'il est facilement convertible en liquidité. Selon Khallouli (2014) le mobile money permet de démocratiser l'accès aux services financiers. L'adoption du mobile money permettrait ainsi de réduire entre autres les coûts des banques et donc d'augmenter la rentabilité des banques.

Des recommandations peuvent découlées de ces résultats. Au titre de l'accès aux produits financiers, les autorités monétaires doivent densifier des réseaux de distribution, notamment dans les zones rurales pour une accessibilité physique des points de services financiers et intégrer la digitalisation dans les processus de conception et de distribution des produits et services financiers, en vue de réduire les coûts de mise en place des infrastructures d'accès. Relativement à l'utilisation, les défis sont notamment. En outre il faut accélérer l'interopérabilité des services financiers numériques, afin de faciliter l'offre, d'assurer la mutualisation des plateformes entre tous les émetteurs bancaires et non bancaires et d'élargir le réseau d'acceptation et de distribution. Enfin il est important de renforcer l'éducation financière des populations, devenue plus qu'une nécessité, au regard de la complexité des services financiers et de l'utilisation de plus en plus accrue des nouvelles technologies dans la conception et la distribution des produits et services financiers.

5 CONCLUSION

Cet article a permis de faire un état de lieux des approches et implications théoriques de l'inclusion financière et de la rentabilité bancaire. En extension, il a été question de tester empiriquement les évidences théoriques des effets de l'inclusion financière sur la rentabilité des banques en zone CEMAC. De ce fait, grâce aux outils économétriques les différents liens coexistant entre l'indice de l'inclusion financière et la rentabilité des banques en zone CEMAC. En effet, l'appréhension de la rentabilité des banques répond à la dynamique de l'inclusion financière suite à l'apparition du mobile money dans l'environnement bancaire. Afin d'améliorer de manière considérable le taux d'inclusion financière au sein de la sous-région, les autorités devraient assouplir certaines conditionnalités en vue de permettre aux banques et aux EMF de développer leur base de clientèle. Une analyse plus poussée laisse entrevoir le début d'une convergence de l'inclusion financière en Afrique centrale avec le reste de l'Afrique subsaharienne. En effet, le nombre de comptes et d'agents actifs par exemple semblent en phase d'accélération depuis décembre 2015 dépassant dernièrement, en dynamique, celui du reste de la région. La part de la population adulte en Afrique centrale ayant utilisé un compte bancaire ou mobile durant les 3 derniers mois est passée de 0% en 2011 à 11% en 2017. En matière d'inclusion financière, la sous-région a encore un important retard à rattraper par rapport à l'Afrique subsaharienne dans son ensemble mais un rattrapage encore inespéré au tournant de la décennie semblerait désormais envisageable. D'où l'intérêt actuel à investiguer la problématique de l'inclusion financière.

REFERENCES

[1] Alexandre, C., Eisenhart, L (2013) « Mobile Money as an Engine of Financial Inclusion and Lynchpin of Financial Integrity », Washington Journal of Law, Technology and Arts, pp.285-302.

[2] Abessolo.A et Timbi.S (2019). Institutions Et Inclusion Financiere Dans La Cemac dans Finance et Finance internationale, N°15 juillet 2019 ISSN: 2489 – 1290.

[3] Aburime (2009). Impact of corruption on Bank Profitability In Nigéria, Econ papers.

[4] Allen, F., Carletti, E., Cull, R., Qian, J. Q., Senbet, L. Et Valenzuela, P. (2014). The African Financial Development And Financial Inclusion Gaps. Journal Of African Economies, 23 (5), 614-642.

[5] Arora (2012) corporate governance and firm performance in Indian pharmaceutical Sector, Asian Research service, canada.

[6] Arshadi et Lawrence (1987) An Empirical Investigation of New Bank Performance, journal of Banking and Finance, 11.33-48.

[7] Assadi Et Cudi (2011), Le Potentiel D'inclusion Financière Du « Mobile Money » Une Etude Exploratoire. Management Et Avenir, Vol 6 Pp 227- 243.

[8] Beck T, DemirgüÇ-Kunt A, Levine R. (2007) "Finance, Inequality And The Poor" Journal Of Economic Growth, Vol 12, Pp 27-49.

[9] Beck, T. Et De La Torre, A. (2006), « The Basic Analytics Of Access To Financial Services", World Bank Policy Reseach, Working Paper 4026.

[10] Beck, T. H. L., Demirgüç-Kunt, A. Et Levine, R. (2006). Bank Concentration, Competition, And Crises: First Results. Journal Of Banking And Finance, 30 (5), 1581-1603.

[11] Beck, T., A. Demirgüc-Kunt, et V. Maksimovic (2003), "Bank competition, financing obstacles and access to credit," World Bank Policy Research Paper N°2996, Washington DC.

[12] Beck, T., Demirgüc-kunt, A. et M.S.M. Peria (2007), "Reaching out: access to and use of banking services across countries" Journal of financial Economics, 85 (1), 234-266.

[13] Bourke P. (1989) " Concentration And Other Determinants Ofbank Profitability In Europe" Journal Of Banking And Finance, Pp 65-80.

[14] Chaibou (2019. Rôle de la microfinance dans l"inclusion financière des pays de l"UEMOA: application au cas du Niger. Economies et finances. Université de Rouen Normandie.

[15] Demirgüc-Kunt, A. Et Huizinga, H. (2000). Financial Structure And Bank Profitability. *Policy Research, Series 2430, Working Paper.*

[16] Demirgüç-Kunt, A., Et Klapper, L. (2013a). Mesurer L'inclusion Financière: Expliquer La Variation Dans L'utilisation Des Services Financiers Entre Et Au Sein Des Pays. Brookings Papers On Economic Activity, 2013 (1), 279-340.

[17] Demirguc-Kunt, A., Klapper, L., Et Singer, D. (2013b). Inclusion Financière Et Discrimination Légale A L'égard Des Femmes: Témoignages Des Pays En Développement. La Banque Mondiale.

[18] Demirgüc-Kunt, A., L. Klapper, D. Singer, S. Ansar, S. et J. Hess (2018), "The Global Findex Database 2017: measuring financial inclusion and the Fintech revolution," The World Bank.

[19] Demirgüc-Kunt, A., L. Klapperet D. Singer (2013), "Financial inclusion and legal discrimination against women: evidence from developing countries," The World Bank.

[20] Efobi, U., Beecroft, I Et Osabuohien, E. (2014). "Access To And Use of Bank Services In Nigeria: Micro-Econometric Evidence". Review of Development Finance, 4, 104-114. 10-

[21] Fanta A., Mutsonziwa, K., Goosen, R., Emanuel, M., Kettles, N, (2016), « The Role of Mobile Money in Financial Inclusion in the SADC region », Financial Market Trust, 3, pp. 1-31.

[22] Garba, M. (2016). *Analyse des approches prudentielles de la gestion des risques bancaires: quelques constats économétriques sur les banques africaines*. Nice: Université de Nice Sophia Antipolis

[23] Geda Et Al. (2006) « Finance And Poverty In Ethiopia » A Household Level Analysis, Wider Working Papper Series Rp 2006-51.

[24] Hayden, E., Porath, D. Et Westernhagen Von, N. (2006). Does Diversification Improve The Performance Of German Banks ? Evidence From Individual Bank Loan Portfolios. Discussion Paper Series 2: Banking and Financial Studies, No.05/2006, Deutsche Bundes Bank.

[25] Heffernan S And Fu M, 2010, «The Determinants Of Bank Performance In China», Working Paper Series, Wp-Emg-03-2008, Cass Business School, City University.

[26] Honohan P. (2008) « Cross-Country Variation In Household Access To Financial Services » Journal of Banking And Finance, Vol 32 (11), Pp. 2493-2500.

[27] Honohan, P. Et King, M. (2012), « Cause And Effect Of Financial Access: Cross-Country Evidence From The Finscope Surveys", Trinity College Paper, Discussion Paper

[28] Hsiao, C. (1986), Analysis of Panel Data. Econometric Society Monographs, Cambridge University Press.

[29] Jasim Yusuf AH (1994).An Empirical Analysis Of Commercial Bank Performance In Barhan. Savings And Development No. 3, Vol 28, 307-322.
[30] Jokipii, T., et Milne, A. (2008). The cyclical behavior of European bank capital buffers. *Journal of Banking and Finance,* 32, 1440–1451
[31] Khallouli, M, (2014), « Contribution du Mobile Banking à l'inclusion financière en Tunisie", *Tendances Economiques, pp. 64-65.*
[32] Madjou, P.D. (2019). « Les Effets De La Bancarisation Sur La Croissance Economique En Zone Cemac » American International Journal Of Business Management, Vol (2), Issue 4 Avril 2019, Pp. 120-132.
[33] Madjou, P.D. (2021). « Les Effets De L'inclusion Financière Sur La Croissance Economique Dans La Zone Cemac » Thèse De Doctorat/Phd En Sciences Economiques.
[34] Majnoni. G et Laeven. L (2005) Does judicial efficiency lower the cost of credit, *Journal of Banking And Finance, Vol.29, N°07, P.1191-1812.*
[35] Molyneux, P. Et Thornton, J. (1992). "Determinants Of European Bank Profitability: A Note", *Journal of Banking And Finance, Vol.16, N°16, P.1173-1178.*
[36] Nouy D. (1993), « la rentabilité des banques françaises", revue d'économie financière, N°27, p: 465 – 486
[37] Ongore et Kusa, 2013). Determinants of financial Performance of Commercial Banks in Kenya, International Journal of Econpmics and Financial Issues vol 3, No 1, pp.237-252; ISSN; 2146-4138
[38] Outreville (1999) Financial Development Human Capital and Political stability, UNCTAD Discussion papers 142, United Nations Conférence on Trade and Development.
[39] Ranis (2004). Human Development and Economic Growth, Yale University, Center Discussion Paper N0 887
[40] Repullo, R., Saurina, J., Tru charte, C., et Ravn, M. (2010). Mitigating the pro-cyclicality of Basel II. Economic Policy, Vol. 25, No. 64, 659-702. Reza, S. (2011). Macro-prudential approaches to banking regulation: Perspectives of selected Asian central banks. ADBI working paper series, No. 325,
[41] Sekantsi, L., Motelle, S, (2016), « The Financial Inclusion Conundrum in Lesotho: Is Mobile Money the Missing Piece in the Puzzle?", *journal of financial research, 8 (3), pp. 138-192.*
[42] Tangakou R. (2019) « L'inclusion Financière et Le Paiement Mobile En Zone Cemac » *European Scientific Journal,* Vol.15 N°17 Pp 101-120.
[43] VanHoose, D. (2007). Bank Capital Regulation, Economic Stability, and Monetary Policy: What Does the Academic Literature Tell Use. International Atlantic Economic Society, 36, 1-14.
[44] VanHoose, D. (2017). The Industrial Organization of Banking. Berlin, Germany: Springer, 2e Edition. Yao, J. M. (2005). Econometric Approach Of European Banks' Determinants Of Profitability. Mpra Paper No.17368.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 680-695
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse diachronique de la dynamique forestière et de la susceptibilité aux incendies de forêt: Cas de la province de Fahs-Anjra, Maroc

[Diachronic analysis of forest dynamics and susceptibility to forest fires: Case of the province of Fahs-Anjra, Morocco]

Nisserine BEN DRISS

Structure de recherche: Dynamique Spatiale et Développement Territorial, Laboratoire de recherche: Homme Espace et Développement, Département de Géographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, Morocco

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

ABSTRACT: The province of Fahs-Anjra is a province characterized by a very significant forest area, a very rich and diversified biodiversity. The environmental problems in the province are multifaceted and continue to take on an uneven scale and manifest themselves on various scales: entire forests are destroyed and species disappear, ecological disasters multiply, water becomes a rare resource whose uses require more and more arbitration, etc.

Faced with the urgency of the ecological crisis, perceived through climate change, natural disasters and the scarcity of natural resources, the concern to control environmental problems through sustainable development has become a global concern, which is growing. over the years. In fact, the degradation of forest space, caused by human activities and climate change, poses major challenges to sustainable development.

Forest fires are the main cause of degradation of these forests; almost a minimum of 200 serious forest fire incidents were recorded between 2008 and 2020, that is to say, an average of 16 fires each year. To deal with forest degradation and monitor their condition, different techniques and methods have been developed for a long time: Geographic Information Systems (GIS) make it possible to georeference observed degradation, and remote sensing, which thanks to satellite images, makes it possible to map plant cover at very varied time and space scales.

KEYWORDS: Forest, fires, SIG, Remote Sensing, province of Fahs-Anjra.

RESUME: La province de Fahs-Anjra est une province caractérisée par un espace forestier très important, une biodiversité très riche et diversifiée. Les problèmes de l'environnement dans la province sont multiformes et ne cessent de prendre une ampleur inégale et de se manifester à diverses échelles: des forêts entières sont détruites et des espèces disparaissent, les catastrophes écologiques se multiplient, l'eau devient une ressource rare dont les utilisations nécessitent de plus en plus d'arbitrage etc.

Face à l'urgence de la crise écologique, perçue aussi bien à travers les changements climatiques, les catastrophes naturelles et la raréfaction des ressources naturelles, le souci de maîtrise des problèmes environnementaux par un développement durable est devenu une préoccupation mondiale, qui se fait croissante au fil des années. En fait, la dégradation de l'espace forestier, causée par les activités humaines et les changements climatiques, posent des défis majeurs au développement durable.

Les feux de forêts sont la principale cause de dégradation de ces forêts; presque un minimum de 200 incidents graves de feux de forêt ont été enregistrés entre 2008 et 2020, c'est-à-dire, une moyenne de.

16 incendies chaque année.

Pour faire face à la dégradation des forêts et suivre leur état, différentes techniques et méthodes ont été développées depuis longtemps: les Systèmes d'Information Géographique (SIG) permettent de géoréférencer les dégradations observées, et la télédétection, qui grâce aux images satellitaires, elle permet de cartographier les couverts végétaux à des échelles de temps et d'espace très variées.

MOTS-CLEFS: Forêts, incendies, SIG, Télédétection, province Fahs-Anjra.

1 INTRODUCTION

Les forêts couvrent environ 31% de la surface de la planète, soit un peu moins de quatre milliards d'hectares. Environ 13 millions d'hectares de forêts sont perdus chaque année, principalement en raison de la déforestation pour des usages agricoles ou le développement urbain1. Entre autres impacts, le processus de dégradation des forêts représente une part importante des émissions de gaz à effet de serre. Il est urgent de le mesurer et de l'analyser, afin de concevoir des actions pour inverser le processus.

Au Maroc, le domaine forestier, concentré essentiellement dans les zones montagneuses, couvre 13% de la superficie totale du territoire national. La population vivant au sein de cet espace représente 50% de la population rurale, soit près de 7 millions d'habitants. Ces écosystèmes, caractérisés par une très riche biodiversité, jouent un rôle crucial, notamment dans la régulation du cycle de l'eau, l'adaptation au changement climatique et la contribution à la sécurité énergétique et alimentaire.

Ce potentiel est néanmoins menacé par une dégradation continue de ces écosystèmes, estimée à 17.000 hectares par an, due en grande partie aux effets négatifs du changement climatique couplés aux pressions anthropiques excessives. En l'absence d'une véritable offre écotouristique, le prélèvement excessif du bois de feu (3 millions de tonnes par an) ainsi qu'une surexploitation fourragère excédant de deux à trois fois la capacité de charge, constituent des freins majeurs à une valorisation durable du couvert forestier.

Les incendies de forêt, qui sont plus fréquents et plus dévastateurs en raison du changement climatique, ont atteint un niveau sans précédent en été 2022 dans le sud du bassin méditerranéen. Les pays les plus touchés sont le Maroc, l'Espagne, la France, le Portugal, et la Grèce. Au nord du Maroc, ces feux ont entraîné l'évacuation de centaines de familles et la destruction de milliers d'hectares d'espace boisé. En 2022, 499 feux de forêts ont été gérés dans le cadre de la mobilisation interdépartementale, avec exceptionnellement, une superficie incendiée de 22.762 hectares. Il demeure important de signaler que même une faible surface incendiée (3000 hectares en 2021) peut avoir un impact considérable sur la reconstitution des écosystèmes dégradés.

Le 12 juillet 2023, un incendie s'est déclaré dans une forêt de la commune rurale de Taghramt, province de Fahs-Anjra, sur environ 130 hectares de chêne-liège et de pin.

Le calcul des indices de végétation, en particulier l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), est devenu l'une des tentatives les plus réussies, les plus populaires et les plus traditionnelles des méthodes de recherche biogéographique, car le NDVI présente certains avantages par rapport à d'autres indices de végétation ou combinaisons de bandes. Les résultats des calculs des indices de végétation pour l'étude des types de couverture végétale ont été rapportés à plusieurs reprises dans divers travaux. Ainsi, le NDVI est moins dépendant des propriétés du sol de la zone de recherche ainsi que de l'illumination diurne que de la simple combinaison de bandes rouge et infrarouge. NDVI est bien adapté à l'analyse des propriétés de la végétation, qui peuvent être indirectement interprétées à partir des couleurs des objets, comme indiqué sur l'image matricielle. Cependant, la corrélation des résultats obtenus à partir des signaux spectraux du satellite ne correspond pas nécessairement de manière précise aux données réelles sur la biomasse et la qualité de la végétation, ce qui est dû aux paramètres climatiques locaux et au contexte biogéochimique de la zone de recherche.

2 MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Située dans l'extrémité Nord du Maroc, la province Fahs-Anjra représente la partie septentrionale de la péninsule tangéroise. Elle fait partie de la région de Tanger-Tétouan-Al Hoceima. Elle a été créée par le décret no 2- 03-527 du 10 septembre 2004. S'étalant sur une superficie est de 737 km^2, elle est délimitée au Nord par le Détroit de Gibraltar et la mer Méditerranée, au Sud et à l'Ouest par la préfecture de Tanger Assilah et à l'Est par la province de Tétouan.

Du point de vue administratif, la province se compose de 7 communes rurales: Al Bahraouyine, Melloussa, Ksar Sghir, Jouamâa, Anjra, Ksar El Majaz et Taghramt.

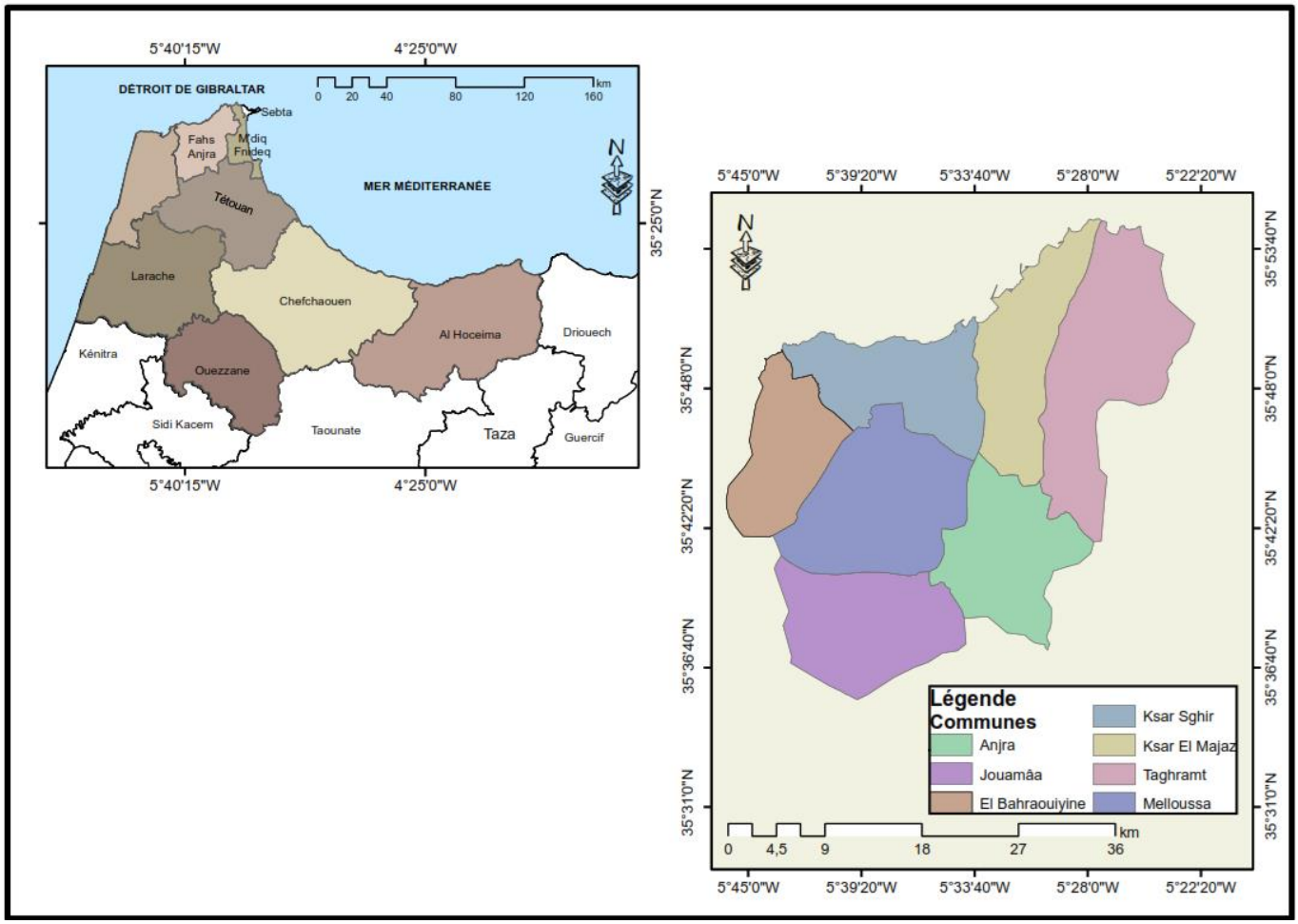


Fig. 1. Localisation de la province Fahs-Anjra

Source: Travail personnel sur la base du découpage administratif 2015

2.2 MÉTHODOLOGIE ET OUTILS DE TRAVAIL

Dans le but d'une planification stratégique, la gestion des ressources dans les écosystèmes dominés par le feu requiert une compréhension des probabilités d'allumage et de propagation des feux à différents endroits sur la province de Fahs-Anjra. Pour parvenir un tel résultat, une série d'analyses spatiotemporelles est adoptée pour comprendre aux mieux le couvert végétal et sa dynamique à l'échelle de dernières décennies. Ces analyses ont été suivies par une tentative de cartographie des zones susceptibles d'être les plus menacées par l'aléa des incendies de forêt. Pour ce faire, plusieurs techniques ont été adoptées:

- L'utilisation de l'indice de végétation normalisé (NDVI) qui montre sa puissance à la détermination de l'état du couvert végétal à l'échelle spatiotemporelle. Les résultats montrent une forte dégradation du couvert végétal depuis 1990 jusqu'aujourd'hui;
- L'extraction de l'occupation du sol par le biais des images satellitaires Landsat, qui ont permis de réaliser une étude diachronique de l'occupation du sol tout en mettant en évidence l'évolution de la forêt de Fahs-Anjra. Les résultats montrent que les surfaces de la forêt de Fahs-Anjra diminuent d'une façon dramatique, alors que ces surfaces se remplacent par les zones industrielles ou agriculturales. En fait, l'augmentation de la population a fortement perturbé la configuration spatiale du milieu naturel par le biais du développement de l'agriculture et aux différentes autres formes de pression;
- Essayer de comprendre si les conditions météorologiques ont une forte influence sur la dégradation de la forêt de Fahs-Anjra, la susceptibilité aux feux de forêt a été calculée basant sur les facteurs anthropique (à partir de l'analyse réalisée

auparavant) et météorologique (température, aridité...). Les résultats marquent le fait que presque toutes les étendues forestières ont une susceptibilité, forte à extrêmement forte, aux feux de forêt. Cette étude préliminaire permet aux planificateurs de la faune d'élaborer des stratégies de prévention et d'atténuation des risques de feu pour la gestion des matériaux combustibles et la sécurité des caractéristiques naturelles et des espèces endémiques. Cela renforcera également la voie pour développer un aménagement du territoire, un développement rural et une agriculture durable efficaces.

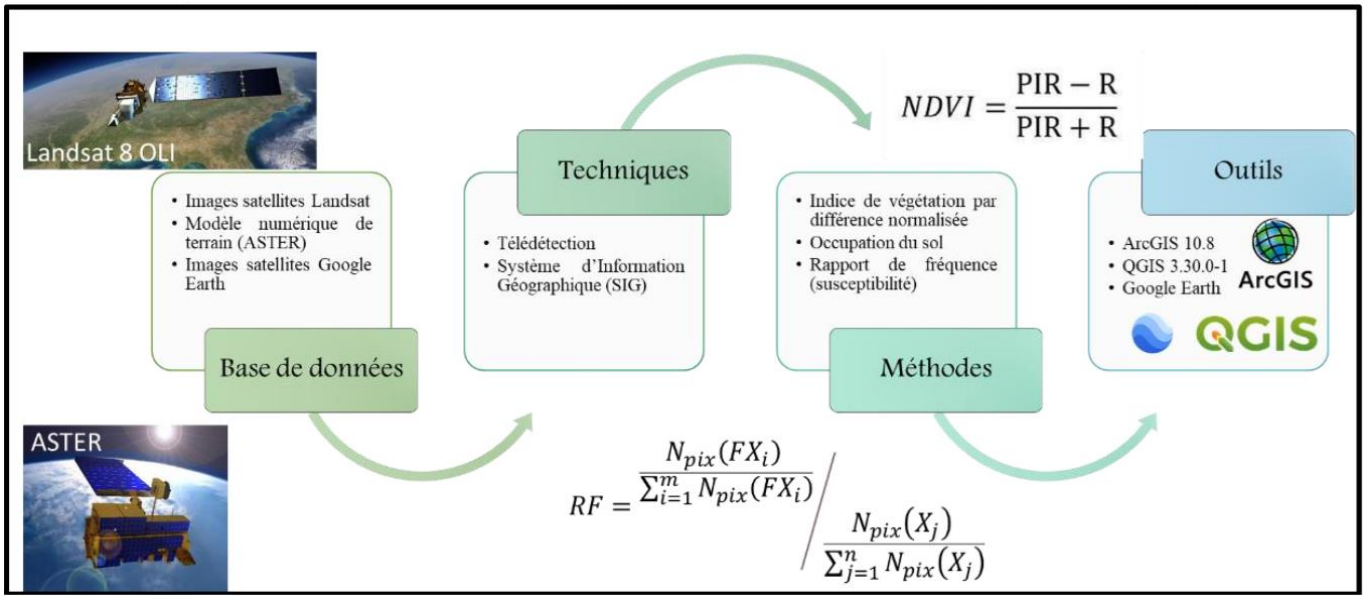


Fig. 2. Schéma résumant la méthodologie de travail et les étapes suivies (élaboration propre)

2.3 DOMAINE FORESTIER DE LA PROVINCE FAHS-ANJRA

La province de Fahs-Anjra fait partie de la chaîne montagneuse du Rif (Rif occidental). Elle se caractérise par un bioclimat subhumide et une couche de végétation thermo-méditerranéenne. Le couvert végétal lui aussi est très diversifié, il est composé de deux grandes strates: le maquis d'Erica Arborea et de cistes et la forêt dominée par les pins.

Elle se caractérise aussi par l'existence au sein de son territoire d'une aire protégée: l'aire protégée de Jbel Moussa, d'une superficie d'environ 5.000 ha, à cheval sur la province de Fahs-Anjra et la province de M'diq-Fnideq. Elle s'étale sur le territoire de trois communes: Taghramt, Ksar El Majaz et Belyounech. Les limites du site englobent une superficie de 50 km^2 (partie terrestre: 35,55 km^2; partie marine: 14,45 km^2), soit une superficie totale de 5000 ha. Cette aire protégée a été identifiée par le Plan Directeur des Aires Protégées du Maroc, en 1996, comme Site d'Intérêt Biologique et Ecologique (SIBE). Elle a été inscrite sur la liste des sites Ramsar en 2019. Elle est également localisée dans la zone désignée comme Réserve de Biosphère Intercontinentale de Méditerranée (RBIM).

2.4 MILIEU NATUREL

2.4.1 GÉOMORPHOLOGIE

Du point de vue géomorphologique, la province présente deux entités géomorphologiques bien individualisées: les crêtes montagneuses et les vallées associées à des plaines réduites. Elle se caractérise par un paysage montagneux et accidenté dans la quasi- totalité de son étendu, à l'exception de la zone côtière, caractérisée par des reliefs plats. Son relief est donc à prédominance montagneuse, surtout à l'Est (600 m à Kedana près de Taghramt), à l'Ouest (460 Bni Mjemel) au centre de la province (620 près de Dar El Brarek) et au sud (643 m à l'Ouest de Chrafat). En général, les montagnes constituent 54%, alors que les plaines ne dépassent pas 12%, les plateaux 16% et les collines 17,5%. Dans le même contexte, les pentes orientées vers l'Est, sont souvent les plus raides. La classe des pentes dominantes est comprise dans une fourchette de valeurs allant de 0 à 20°. Les valeurs de pente supérieures à 30° sont également enregistrées. La province est caractérisée généralement par des pentes moyennes à fortes, sauf au niveau de la zone côtière, au niveau de laquelle elles décroissent pour devenir plus faibles.

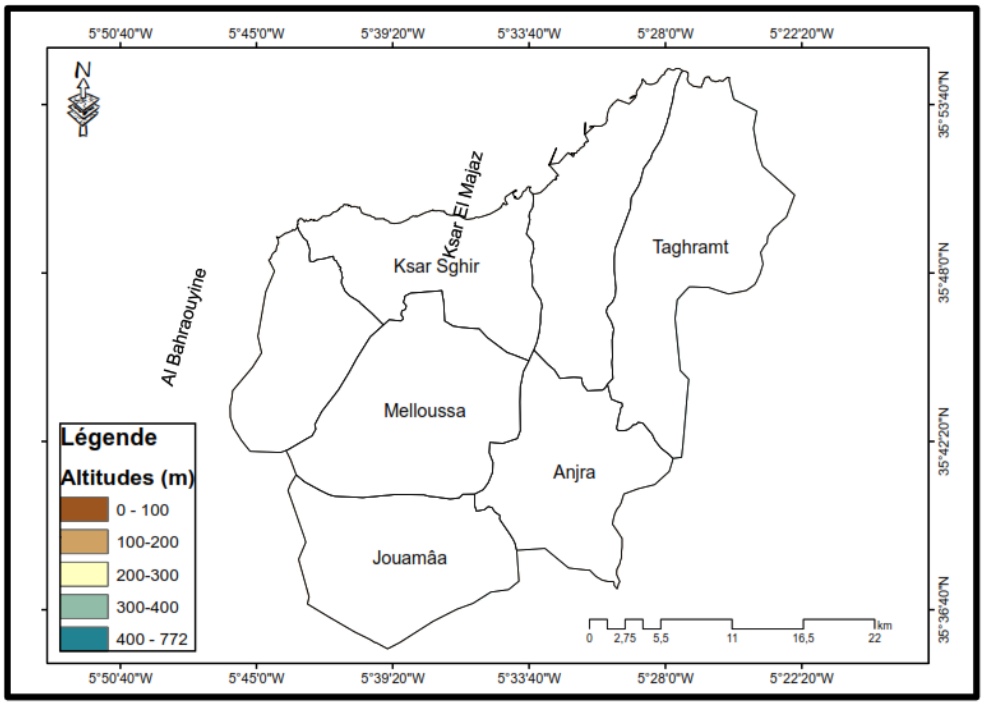


Fig. 3. Les altitudes au sein de la province de Fahs-Anjra (m)

Source: réalisation personnelle à partir du MNT ASTGTM2_N35W006_dem (SRTM V3, Novembre 2016)

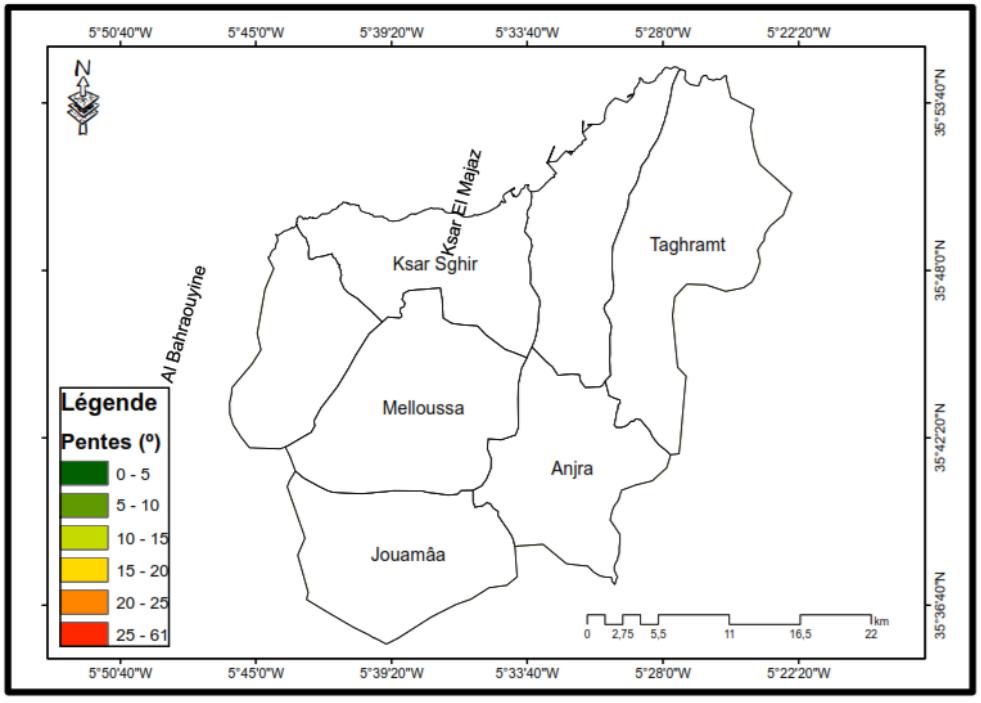


Fig. 4. Les pentes au sein de la province de Fahs-Anjra (degrés)

Source: réalisation personnelle à partir du MNT ASTGTM2_N35W006_dem (SRTM V3, Novembre 2016)

2.4.2 GÉOLOGIE

La province de Fahs-Anjra appartient au domaine rifain et se situe sur le massif d'Anjra, éperon nord-occidental de la chaîne du Rif. Cette chaîne est subdivisée en trois domaines principaux: domaine interne, au nord de l'actuel Rif; domaine externe, au sud; et le domaine de flyschs, correspondant aux couches de flysch, formant un banc entre les deux sillons précédents. A l'intérieur du domaine interne, on distingue trois grands ensembles structuraux: la dorsale calcaire, les Sebtides et les Ghomarides.

2.4.3 HYDROGÉOLOGIE ET RESSOURCE EN EAU

Le réseau hydrographique drainant dans la zone d'étude est dense. Ces ressources en eau de surface constituent l'essentiel des ressources en eau de la province de Fahs-Anjra. En effet, l'abondance des précipitations, la prédominance de faciès peu perméables (schiste, argile, etc.) et les fortes pentes entravent l'infiltration souterraine et entraînent les conséquences suivantes:

- Le ruissellement est important et prédominant dans tous les bassins versants;
- Les rivières ont un régime hydrologique irrégulier avec des débits torrentiels en période de crue et des débits d'étiage très faibles à nuls;
- Les apports mensuels maximaux sont enregistrés entre décembre et février sous forme de crues, qui constituent l'essentiel des apports du fleuve.

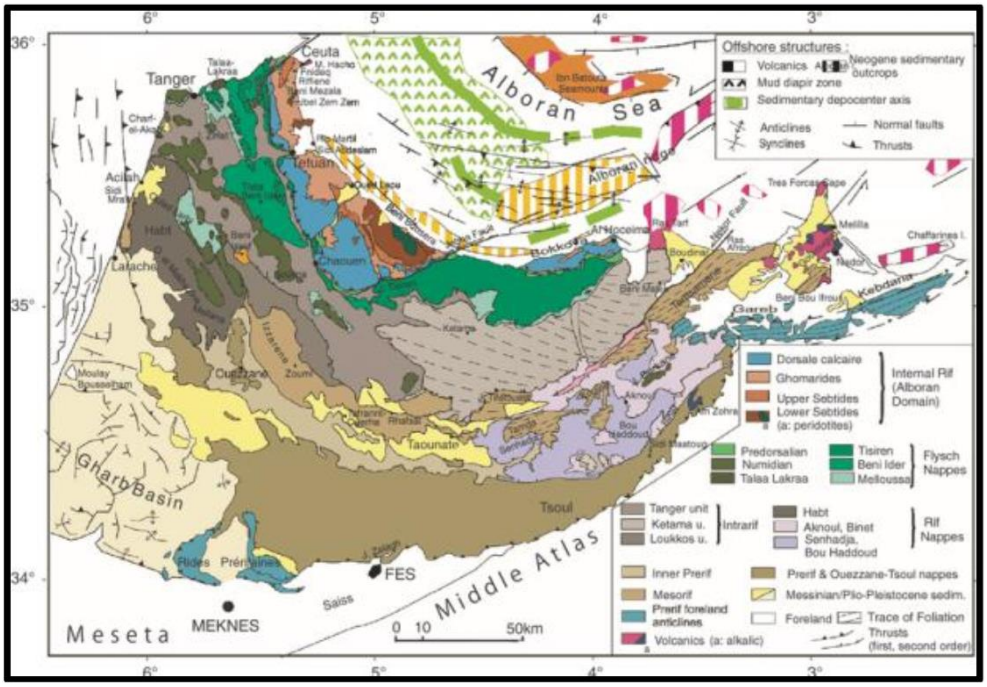


Fig. 5. Carte structurale du Rif (Michard et al. 2008)

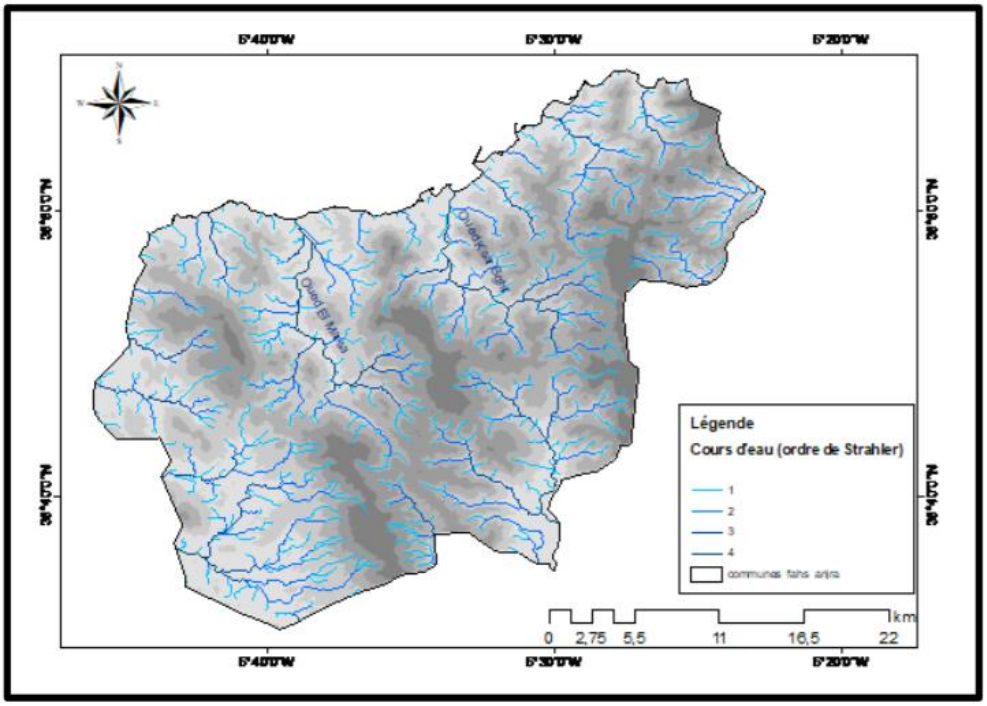


Fig. 6. Carte du réseau hydrographique (classification de Strahler)

Source: réalisation personnelle à partir du MNT ASTGTM2_N35W006_dem (SRTM V3, Novembre 2016)

2.4.4 CLIMAT

La province s'inscrit dans le domaine du climat méditerranéen, mais on ne peut pas se contenter de cette affirmation trop générale. En effet, cette variante du climat méditerranéen présente une grande hétérogénéité, résultat de trois éléments: l'altitude, la latitude et l'océan. Les altitudes influent sur la distribution des précipitations. Placés sous la domination des perturbations de l'anticyclone des Açores, les versants exposés aux vents d'Ouest ou du Sud -ouest, ainsi que les hauts sommets sont bien arrosés alors que ceux orientés vers l'Est ou le Sud-Est forment des espaces semi-arides.

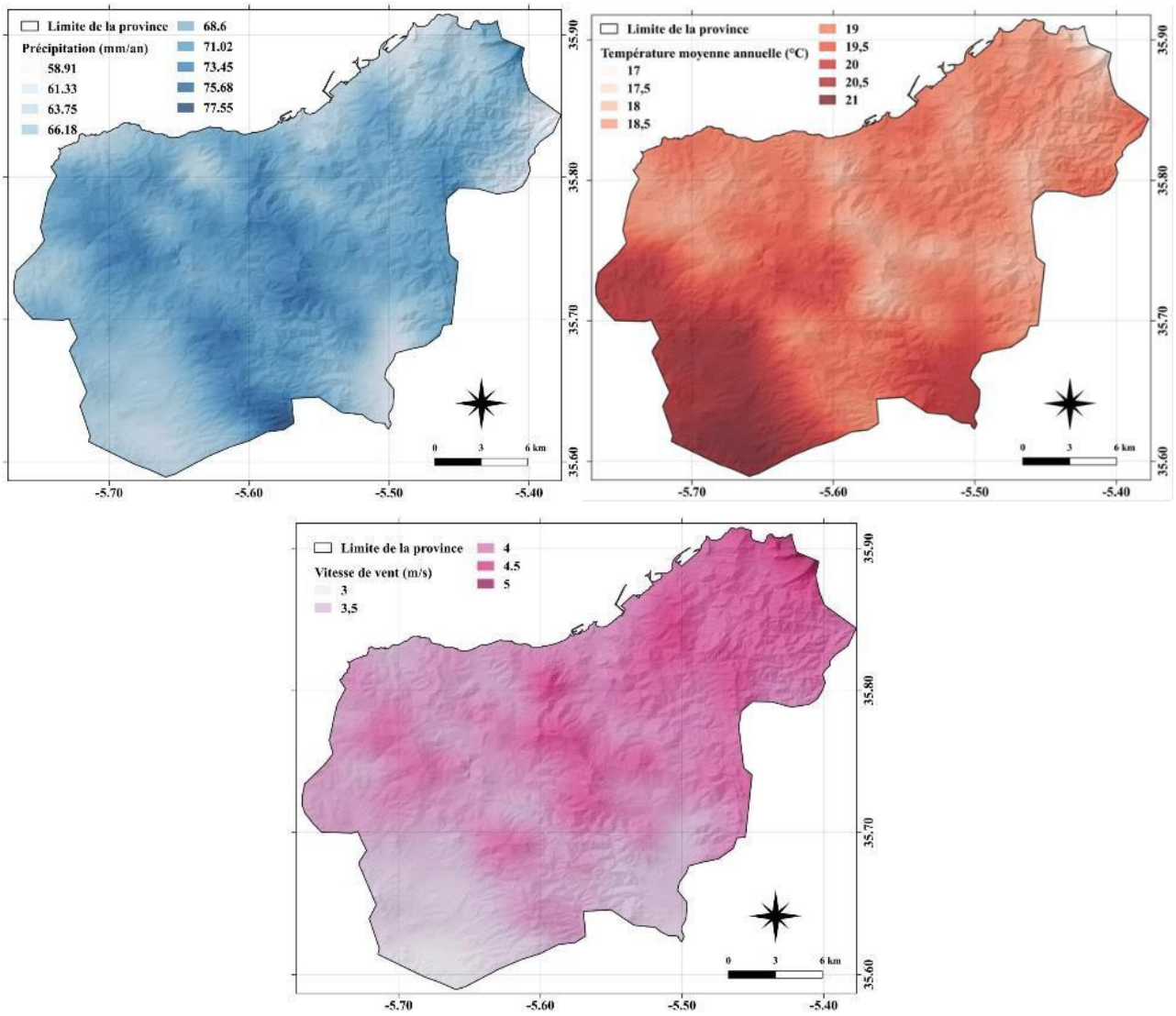


Fig. 7. Carte des précipitations moyennes annuelles (5), Carte des températures moyennes annuelles (6) et carte de la vitesse du vent (7)

Source: réalisation personnelle à partir du MNT

3 ANALYSE DE LA DYNAMIQUE SPATIOTEMPORELLE DU COUVERT VÉGÉTAL DE LA PROVINCE DE FAHS- ANJRA

Pour cette analyse, on a utilisé l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) dont le but de tracer l'évolution du couvert végétal au niveau de la province de Fahs -Anjra. Les objectifs spécifiques consistent dans l'évolution du couvent végétal qui apparait dans la zone d'étude environ chaque 10 ans; à l'interprétation d'images satellite Landsat et à la mise en évidence des facteurs qui peuvent être responsables de la réduction du couvert végétal à l'échelle de la province de Fahs-Anjra.

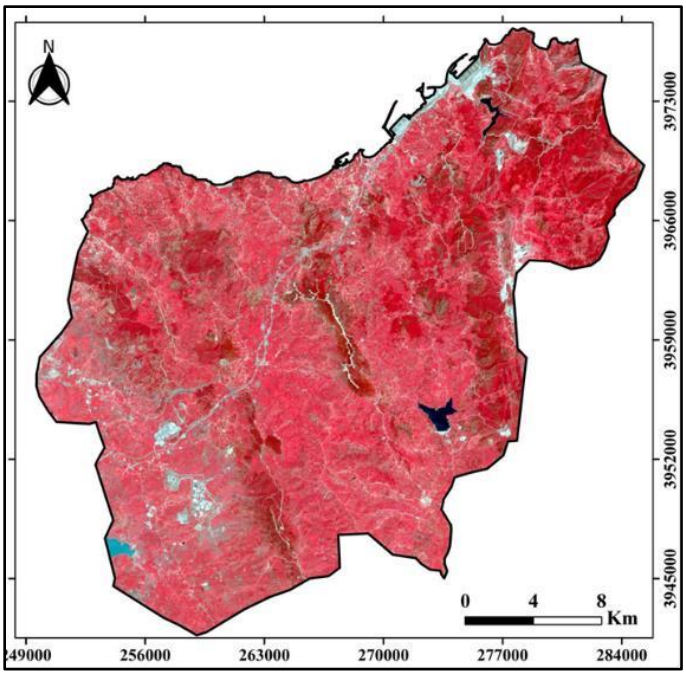


Fig. 8. Carte composite en trois fausses couleurs (R/V/B= Bandes 5/4/3)

Source: Travail personnel réalisé à partir des images Landsat 8 (08/10/2020)

Pour cela, on a utilisé une série des images satellites Landsat depuis 1990 jusqu'à 2020 pour une tentative de comprendre l'évolution spatio-temporelle du couvert végétale à l'échelle de la province Fahs-Anjra. Ainsi, on a essayé de tester à quel point l'indice NDVI peut nous aider à avoir une vision synthétique sur la dégradation des forêts. Pour ce faire, on a choisi quatre images satellites dont leurs détails sont cités dans le tableau 1. Chaque dix ans, l'indice de NDVI a été calculé et cette marge est largement suffisante pour avoir des grands changements de l'état de la végétation à l'échelle de la zone d'étude. Sinon au lieu de choisir une image satellite pendant l'année 2010, celle de 2009 a été pris. Les images prises entre le mois 7 et 12 de l'année 2010 sont couvertes par un fort pourcentage de nuages, surtout sur la zone d'étude.

Tableau 1. Caractéristiques des images Landsat utilisées pour extraire le NDVI

Type de données	Date	Bande utilisée	% Nuages	Résolution spatiale	Projection	Site
Landsat 5 TM	20/09/1990	3, 4	0	30 m	UTM Zone 30	https://earthexplorer.usgs.gov/
Landsat 7 ETM+	05/07/2000	3, 4	10,00	30 m	UTM Zone 30	
Landsat 5 TM	27/11/2009	3, 4	56.00	30 m	UTM Zone 30	
Landsat 8 OLI	08/10/2020	4, 5	0,08	30 m	UTM Zone 30	

$$NDVI = \frac{(\text{Bande } 5 - \text{Bande } 4)}{(\text{Bande } 5 + \text{Bande } 4)} \qquad NDVI = \frac{(\text{Bande } 4 - \text{Bande } 3)}{(\text{Bande } 4 + \text{Bande } 3)}$$

Plus une plante contient des feuilles, plus ces longueurs d'onde de la lumière sont affectées, respectivement. C'est pourquoi, l'utilisation des bandes 4 et 5 (pour Landsat 8) et/ou des bandes 3 et 4 (pour Landsat 4,5 et 7) est très importante pour extraire le couvert végétal via le NDVI (tableau 2).

Tableau 2. Description des bandes spectrales du visible et du proche infrarouge utilisées2

Satellites	Bandes Utilisées	Résolution Spatiale	Description
LANDSAT 8 OLI	Bande 5/Bande 4	30m x 30m	Sensible à la structure des couverts végétaux, distingue bien les résineux des feuillus, les milieux ravagés par le feu et même le trèfle du maïs.
LANDSAT 7 ETM+	Bande 4/Bande 3	30m x 30m	Portion de la lumière utilisée pour la détection de l'activité chlorophyllienne des végétaux; apporte de nettes distinctions entre les zones de végétation et celles qui en sont dépourvues.
LANDSAT 5 TM	Bande 4/Bande 3	30m x 30m	Portion de la lumière utilisée pour la détection de l'activité chlorophyllienne des végétaux; apporte de nettes distinctions entre les zones de végétation et celles qui en sont dépourvues.

D'ailleurs, les données de réflectance issues de capteurs optiques (TM, ETM et OLI) sont intégrées dans une plateforme SIG pour le suivi de la végétation, grâce au calcul de l'indice NDVI. En outre, les images satellitaires utilisées doivent être corrigées géométriquement selon le Système de projection Universal Transverse Mercator (UTM) zone 30, qui coïncide avec la province de Fahs- Anjra. Elles ont également été subies à une correction radiométrique pour éliminer l'effet des aérosols de l'atmosphère, et aussi pour optimiser la qualité visuelle des compositions colorées.

CALCUL DE NDVI

Le NDVI est l'une des méthodes d'analyse des données de télédétection en conjonction avec des données de terrain qui permet de surveiller la dégradation des forêts. Elle est utilisée pour quantifier la végétation et pour comprendre la densité de la végétation et évaluer les changements dans le couvert végétal. Il est construit à partir des canaux rouge (R) et proche infra -rouge (PIR). Il met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge. Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation.

Le NDVI est calculé par le biais d'un rapport entre les valeurs rouge (R) et proche infrarouge (NIR) de façon traditionnelle:

$$\frac{(\mathrm{PIR} - \mathrm{R})}{(\mathrm{PIR} + \mathrm{R})}$$

Pour les données de Landsat 4-7, les bandes 3 et 4 doivent être utilisées, dont l'équation du NDVI est calculée comme suit:

$$NDVI = \frac{(\mathrm{Bande\ 4} - \mathrm{Bande\ 3})}{(\mathrm{Bande\ 4} + \mathrm{Bande\ 3})}$$

Pour les données de Landsat 8, les bandes utilisées pour réaliser l'équation du NDVI sont celles 4 et 5, où:

$$NDVI = \frac{(\mathrm{Bande\ 5} - \mathrm{Bande\ 4})}{(\mathrm{Bande\ 5} + \mathrm{Bande\ 4})}$$

Les valeurs du NDVI sont généralement comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,5. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

En effet, l'indice NDVI est utilisé dans le monde entier pour surveiller la sécheresse, contrôler et prévoir la production agricole, aider à la prévention des incendies et cartographier la désertification. L'indice NDVI est privilégié pour l'observation

globale de la végétation car il permet de compenser les changements de conditions d'éclairage, de pente de surface, d'exposition et d'autres facteurs exogènes.

4 RÉSULTAT ET INTERPRÉTATION DU COUVERT VÉGÉTAL DÉDUIT DU NDVI DURANT 30 ANS (1990 -2020)

Comme mentionné ci-dessus, l'indice NDVI a été calculé chaque 10 ans depuis 1990 jusqu'à 2020, (selon les images satellitaires disponibles), pour suivre l'état du couvert végétal dans province Fahs-Anjra, ce qui nous a aidé à comprendre la dégradation de la végétation à long terme.

Les valeurs du NDVI varient entre -1 et +1. La couverture végétale a des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 1.0. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

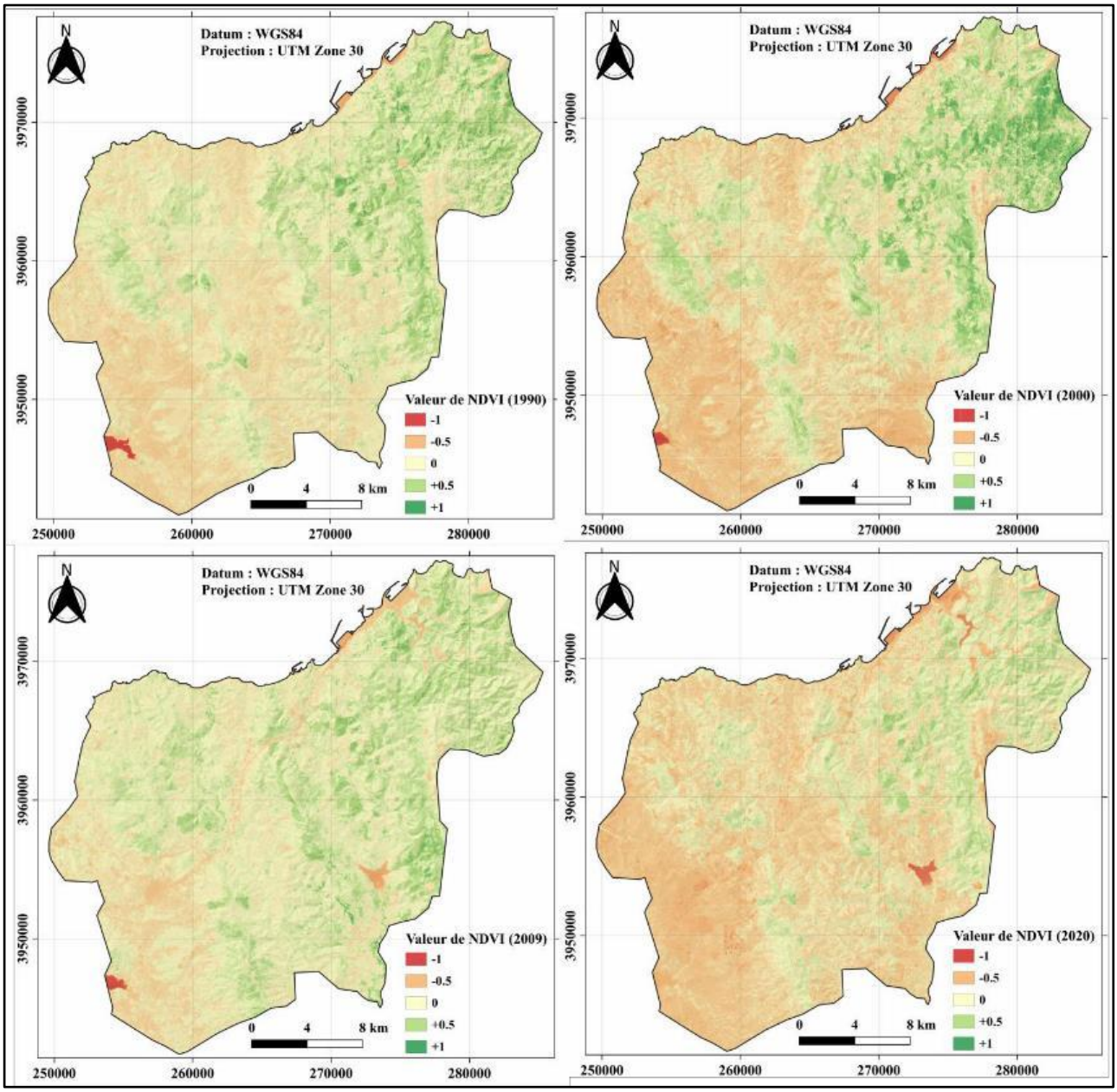


Fig. 9. Carte du résultat du calcul du NDVI pour les différentes dates choisies dans le but de suivre l'évolution du couvert végétal durant les 30 dernières années

Source: réalisation personnelle à partir des différentes images satellites Landsat

4.1 ETAT DU COUVERT VÉGÉTAL DE 1990 À 2020

Le calcul de NDVI nous a permis de déduire de façon générale l'état du couvert végétal en 1990 au sein de la province de Fahs-Anjra. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI généralement supérieur à 0,1. On trouve que la surface du couvert végétal en 1990 est environ 2,2.104 ha, soit 220 km^2. Elle correspond à 66 % de la surface totale de la province. La végétation est généralement plus abondante dans la partie Est de la province.

En 2000, on trouve que la surface du couvert végétal est de 2,15.104, soit 215 km^2. Elle correspond à 64 % de la surface totale de la province. Elle a abaissé d'environ 500 ha, soit 5 km^2 depuis 1990, c'est-à- dire que la province a perdu approximativement 2% du couvert végétal pendant 10 ans, avec un taux d'abaissement de 50 ha/an.

En 2009, le couvert végétal déduit de NDVI marque une augmentation de la surface du couvert végétal. Ces résultats doivent être considérés avec prudence parce qu'ils sont en contradiction avec la réalité. De même nous avons remarqué que les images Landsat prises entre 2009 et 2010 montrent un fort pourcentage de nuage arrivant jusqu'à 60%. Malgré que nous fassions une correction atmosphérique, les résultats obtenus restent exagérés. Pourtant, nous présentons ces résultats parce qu'ils donnent une idée sur un retrait du couvert végétal dans la partie Est de la province. On remarque que le couvert végétal est plus ou moins épars dans ce secteur à l'inverse d'état du couvert végétal en 2000 et en 1990. On est tout à fait d'accord au fait que le couvert végétal se dégrade surtout dans la partie Est de la province de Fahs-Anjra, ce qui est concordant avec l'étude menées auparavant sur cette zone.

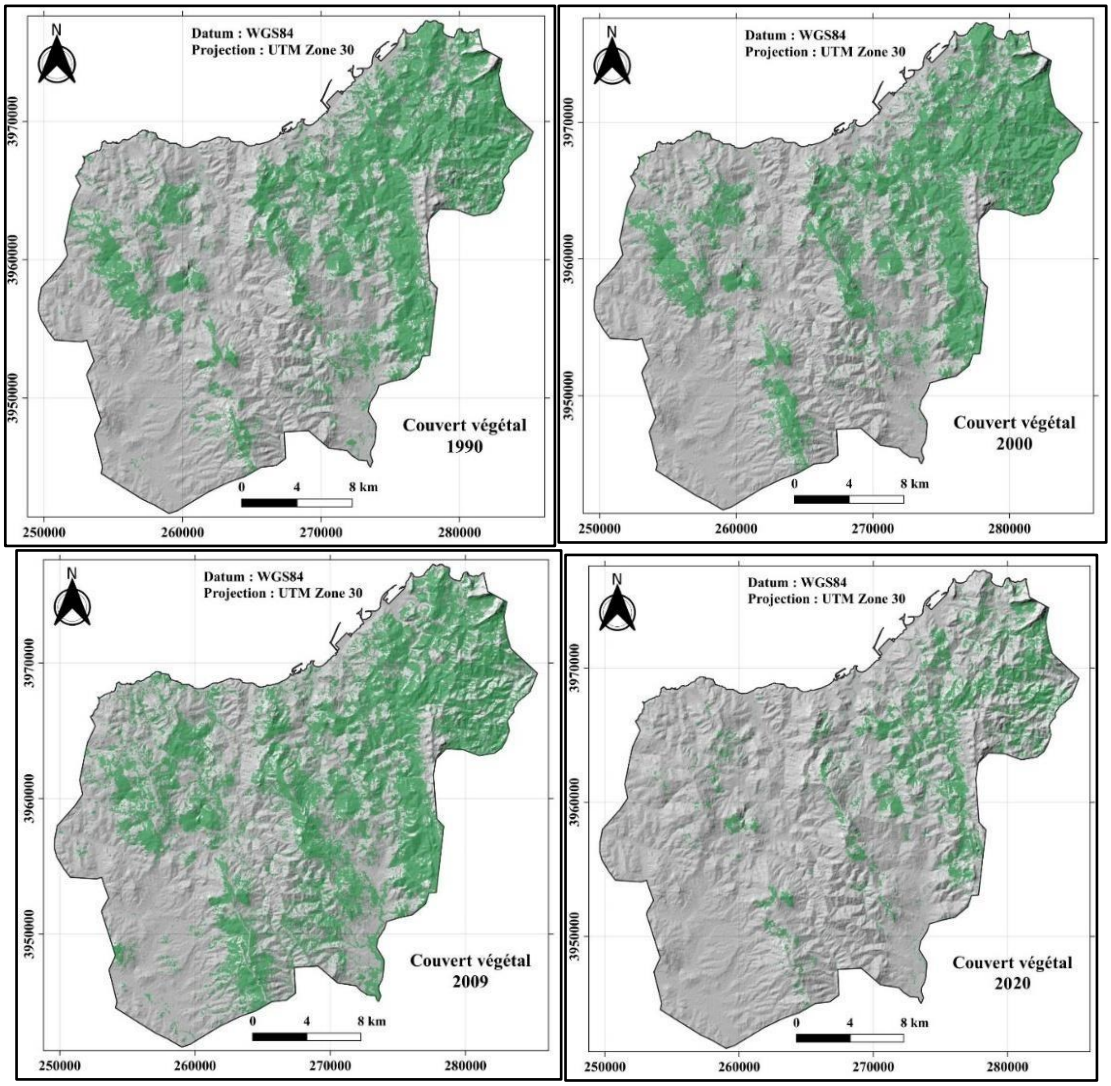


Fig. 10. Carte de la répartition spatiale du couvert végétal extrait du NDVI calculé le long de la période choisie (1990-2020)

Source: réalisation personnelle à partir des différentes images satellites Landsat

La densité de la végétation diminue au cours du temps:

- En 1990, la surface totale de la végétation dense était de l'ordre de 2000 ha, soit 2,7% de la surface totale de la province. La végétation éparse correspondrait à plus de 20000 ha, soit 28 %. Cette surface de la végétation dense parait augmenter les dix années qui suivent, alors que la végétation éparse diminue en surface, cela peut être issu du fait que certaines zones à végétation éparse ont été détectées en tant que végétation dense. Cette confusion est apparue malgré les corrections atmosphériques de la base de données qui ont été réalisées avant le traitement. De là ressort l'importance d'avoir une base de données de très bonne qualité pour obtenir des meilleurs résultats. Les données Landsat sont caractérisées par une bonne résolution pour un tel genre d'étude, mais parfois on coïncide avec des incertitudes qui peuvent influencer le résultat. Dans ce cas, nous pouvons ne pas tenir en compte les résultats qui semblent être perturbés
- En 2009, nous constatons que la végétation dense déduite de NDVI diminue de façon grave. Elle correspond seulement à environ 1000 ha, soit 1,3 % de la surface totale de la province. En effet, 50% de la surface en végétation dense a été dégradé pendant 19 ans. Cette surface va être diminuée de plus en plus en 2020, de sorte qu'elle occupe 0,2 % de la surface totale, soit 29 ha.

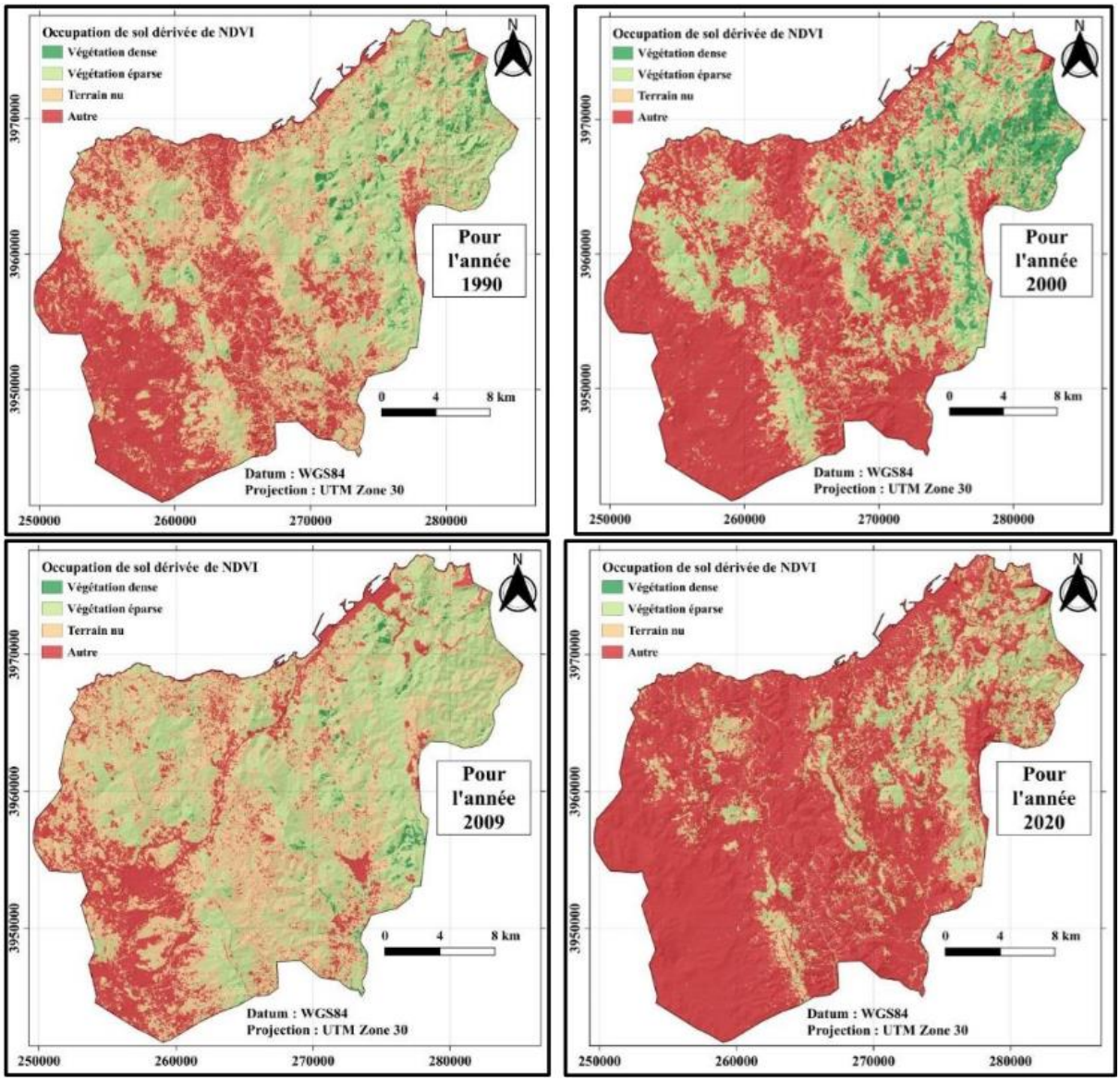


Fig. 11. Cartes de l'occupation du sol en 1990, 2000, 2009 et 2020 déduites à partir de l'indice de NDVI

Source: Travail personnel réalisé par QGIS version 3.4.2; Voir méthodologie

D'après ce qui précède, on peut dire que le NDVI est un outil qui permet de discriminer la distribution spatiale de la végétation. Avec l'existence d'une base de données au cours du temps, il permet d'évaluer la dynamique spatio-temporelle de la végétation ainsi que sa densité. Cependant, la végétation dense ne correspond pas toujours à la forêt, et la végétation éparse peut correspondre aux forêts ouvertes. Le NDVI fournit donc une vision générale sur la dynamique de la végétation le long de la province Fahs-Anjra, ce qui aide à comprendre aux mieux les caractéristiques phénotypiques de la zone.

L'analyse de la dynamique spatio-temporelle du couvert végétal via le NDVI montre un fort abaissement de la superficie verte à l'échelle de la province de Fahs-Anjra. Entre 1990 et 2020, nous avons constaté qu'une surface de 135 km^2 a perdu son couvert végétal. Cela vaut dire que le taux de perte de la végétation est plus de 450 ha/an. En fait, le taux de dégradation de la végétation augmente de façon tangible dans les derniers vingt ans. Notre analyse suggère que ce taux était environ de 60 ha/an, de sorte que 590 ha du couvert végétal ont été perdus durant la période qui s'étend de 1990 à 2000. Entre 2000 et 2020, le taux de dégradation dépasse la surface dégradée pendent les dix ans. Il correspond à environ de 650 ha/an, soit 13 km^2 pendent 20 ans.

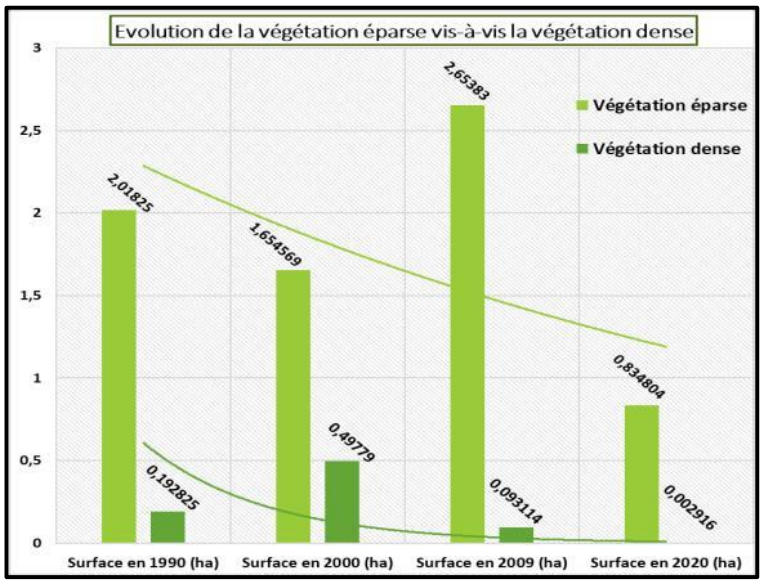


Fig. 12. Histogramme de l'évolution de la végétation dense vis-à-vis de la végétation éparse, détectée par l'indice NDVI

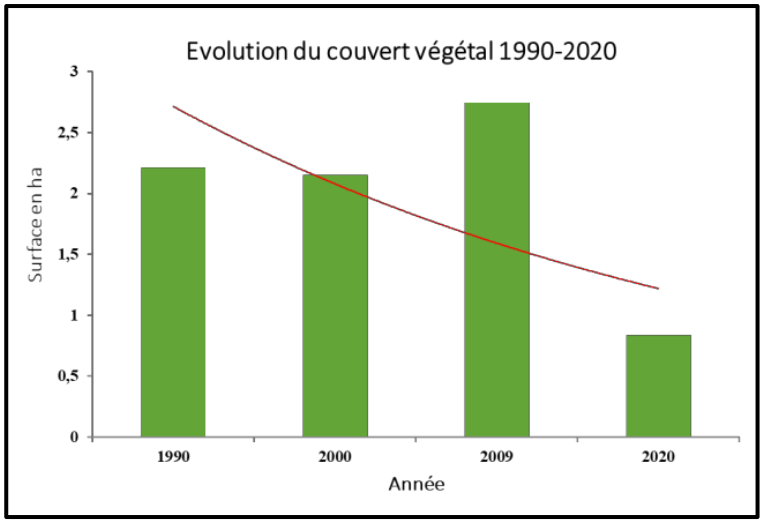


Fig. 13. Evolution temporelle du couvert végétal basée sur l'indice NDVI (1990-2020)

D'ailleurs, la capacité de NDVI à discriminer la végétation dense de la végétation éparse nous a permis de présenter quelques chiffres qui peuvent donner une idée sur la dégradation du couvert végétal. Nous avons trouvé une tendance descendante indiquant une forte perte de la végétation. Il est déjà visuellement remarquable que la densité de la végétation

diminue au cours des 30 ans analysés. En termes de chiffres, nous constatons que 1900 ha de la végétation dense, qui peut correspondre aux forêts, a été dégradés et/ou transformés en végétation éparse. De là ressort que le taux annuel est de l'ordre de 63 ha/an. Entre 2009 et 2020, ce taux est généralement plus élevé. Il atteint 82 ha/an. La végétation éparse a été aussi dégradée pendant cette période. Nous avons estimé qu'une surface de 11 km^2 a été disparue ou rarement transformée en surface à végétation dense.

La résolution spatiale d'un capteur correspond à la taille minimum des objets pouvant être identifiés au sol, ce qui correspond en télédétection à la taille des pixels d'une image satellite. La capacité à distinguer deux objets voisins différents dépend donc de la résolution spatiale du capteur. Celle -ci peut varier des centaines de mètre aux quelques mètres, pour des capteurs à résolution spatiale acceptable (tels que Landsat...), utilisés le plus souvent pour des applications météorologiques ou pour cartographier la couverture végétale à l'échelle régionale. Pour cartographier des objets tels que les couverts végétaux la haute résolution spatiale au minimum (résolution égale ou inférieure à 30 mètres) est indispensable. La meilleure résolution disponible pour réaliser ce travail est les différentes images Landsat. La résolution spatiale correspond à 30x30 m et celle temporelle ou répétitivité est généralement haute de sorte que la capacité de revisite d'un capteur sur un même site d'étude est relativement mensuelle. Pourtant, les images Landsat acquises dans le domaine optique, la résolution temporelle est altérée selon les conditions atmosphériques (couverture nuageuse): une image peut être acquise tous les mois (résolution temporelle réelle) mais seulement une image tous les 6 mois peuvent être utilisée (résolution temporelle effective). Nous couplons les images dont le mois d'acquisition est proche, ce qui peut influencer les résultats de NDVI. Cela correspond à l'un des limites d'application de cette approche pour suivre la dégradation de couvert végétal. Or les valeurs NDVI dérivées des images Landsat 8 comparées à celles calculées à partir des données de Landsat 7 et testées au sol montre que le NDVI de Landsat 8 est plus important que celui de Landsat 7 dans les zones à faible couverture végétale, et que la différence devient plus faible au fur et à mesure que la valeur du NDVI augmente70. Cela indique que les NDVI de Landsat 7 et de Landsat 8 sont cohérents lorsqu'il s'agit de zones à forte couverture végétale (par exemple, les zones forestières et les prairies à herbes hautes), car la différence entre les NDVI de Landsat 7 et 8 est proche de zéro lorsque la valeur du NDVI est élevée.

5 CONCLUSION

Les feux de forêt, qu'ils soient naturels ou provoqués par l'homme, représentent une menace importante pour la plupart des forêts et des prairies du monde entier. L'étude actuelle a démontré la capacité des techniques de SIG à développer des cartes de susceptibilité aux feux de forêt dans l'une des provinces les plus touchées par les feux de forêt au nord du Maroc. Les résultats et les conclusions de l'étude ont montré que les modèles climatique et topographique et d'autres caractéristiques créent des conditions favorables à l'apparition de feux de forêt à l'échelle de la province de Fahs-Anjra.

La validation des résultats, (égale 75%), souligne l'importance de prendre en compte un large ensemble de critères causaux lors de la réalisation d'une étude de susceptibilité aux feux de forêt. Cette étude conclut que, parmi les techniques statistiques, avec l'avantage d'aborder les caractéristiques floues inhérentes aux ensembles de données géospatiales, le rapport de fréquence a décidé des contributions beaucoup plus spécifiques des couches de critères individuels dans la cartographie finale de la susceptibilité aux feux de forêt.

Dans cette étude, nous avons évalué la capacité de séries temporelles de NDVI estimées à partir d'images satellites optiques à bonne résolution spatiale pour discriminer le couvert végétal le long de la province Fahs-Anjra. Les résultats de classification obtenus montrent que le couvert végétal peut être identifié avec une précision acceptable avec quatre images pour chaque dix an s. De plus, les résultats mettent en évidence une tendance descendante où le couvert végétal a diminué de façon grave depuis 1990 jusqu'à 2020. En outre, ils montrent que l'identification des végétations denses par rapport aux végétations éparses peut varier en fonction de la série temporelle utilisée. Ainsi, nous avons mis en évidence, sur notre zone d'étude, les taux de dégradation du couvert végétal qui semble augmenter dans les derniers 20 ans.

REFERENCES

[1] Alasli, M. (2019). Static Risk Mapping of Forest Fires in the Case of the Province of Chefchaouen (Morocco), Proc. Int. Cartogr. Assoc., 2, 2.

[2] Atouabat, Achraf, et al. (2020). «Validating Structural Styles in the Flysch Basin Northern Rif (Morocco) by Means of Thermal Modeling.» Geosciences, vol. 10, no. 9, Sept. 2020, pp.

[3] Benabid A., (2002). Le Rif et le Moyen Atlas (Maroc): Biodiversité, menaces, préservation. African Mountains High Summit Conference Nairobi, Kenya.

[4] Campbell, JB (2007). Introduction to Remote Sensing, 4th ed; Guilford Press: New York, NY, USA. Chalvet, M. (2016). « La vulnérabilité de la forêt provençale face aux incendies: naissance d'une notion (fin XIXe siècle) », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 16.
[5] Conseil Economique, Social et Environnemental (2022): Les écosystèmes forestiers du Maroc: Risques, défis et opportunités, Commission Permanente chargée de l'Environnement et du Développement Durable, Auto-saisine n° 65/2022, p.7. https://www.cese.ma/media/2023/07/ebook- Avis-e%CC%81cosyste%CC%80mes-forestiers-du-Maroc-VF.pdf
[6] Coops and Tooke (2017). Introduction to Remote Sensing. In: S.E. Gergel, M.G. Turner (eds.), Learning Landscape Ecology, DOI 10.1007/978-1-4939-6374-4_1.
[7] Dauphiné (2001). Risques et catastrophes. Observer-Spatialiser-Comprendre-Gérer. Paris, Armand Colin (Coll. « U Géographee »), 288 p. (ISBN 2-200-25042-8).
[8] Décret no 2-03-527 du 13 rajab 1424 (10 septembre 2003) modifiant et complétant le dahir no 1-59-351 du 1er joumada II 1379 (2 décembre 1959) relatif à la division administrative du Royaume«, Bulletin officiel du Royaume du Maroc, no 5144, 18 septembre 2003, p. 853.
[9] Direction des inventaires forestiers, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs Secteur des forêts de Québec (2015). Guide d'interprétation des mosaïques d'images satellite Landsat.
[10] Durand-Delga M., Hottinger L., Marcais J., Mattauer M., Milliard Y. et Suter C. (1960-1962). Données actuelles sur la structure du Rif. Livre mem. P. Fallot, M&m. h. -sér. Soc. géol. France, I, 339-422.
[11] FAO, (2013). Etat des forêts méditerranéennes 2013. Rome. E-ISBN 978-92-5-207538-7. www.fao.org/docrep/017/i3226f/i3226f.pdf.
[12] Forum stratégies de promotion du développement social et la lutte contre la pauvreté via la gestion durable des forêts de la planète et de leurs écosystèmes (2 février 2011): https://www.un.org/fr/desa/la-degradation-des-forets-mondiales-menace-la-subsistance-de-16- milliard-de-personnes (date de consultation: 10/10/2023).
[13] Foody, GM (2008). GIS: Biodiversity applications. Prog. Phys. Geogr, 32, 223–235.
[14] Frank, A.B., et al. (2003). Vegetation indices, CO2 flux, and biomass for Northern Plains Grasslands. Journal of Range Management. 56 (4): p. 382-387.
[15] Girard M C., Girard C M., (1999). « La télédétection appliquée, zones tropicales et intertropicales», Dunod, Ed. Paris, 529 pages plus CD Rom.
[16] Hinton, JC (1996). GIS and remote sensing integration for environmental applications. Int. J. Geogr. Inf. Sci, 10, 877–890.
[17] Houssni, M., Ennouni, H., Ouallali A., et al. (2020). Evolution du couvert végétal naturel au niveau des massifs forestiers de Mallalyine et Taghramt (Rif Occidental Du Maroc). European Scientific Journal August 2018 edition Vol.14, No.24.
[18] ITTO (2002). Guidelines for restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests. ITTO Policy Development Series No. 13. Yokohama, Japan, International Tropical Timber Organization https://www.itto.int/policypapers_guidelines/.
[19] Marien J.N., Billand A., (2009). Les systèmes socio-écologiques forestiers méditerranéens face aux changements globaux - Quelques questions posés par la filière bois énergie au Maroc, Forêt Méditerranéenne – tome XXX – n°4. pp: 297-300.
[20] MTDDE (2018). Les feux de forêt. Dossier Départemental Des Risques Majeurs De l'Aveyron. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction des Inventaires Forestiers, Secteur des Forêts de Québec (2015): Guide d'interprétation des mosaïques des images satellite Landsat, 22p. NASA. (2013). the Electromagnetic Spectrum. Retrieved from http://imagine.gsfc.nasa.gov/.
[21] Neary D.G, Ryan K.C, DeBano L.F, (2005). Fire effects on soil and water. USDA Forest Service General Technical Report RMRS-GTR-42. Vol. 4. Fort Collins, CO: Rocky Mountain Research Station. 250 p.
[22] Neveu, E. (1999). L'approche constructiviste des « problèmes publics», Un aperçu des travaux anglo - saxons, Étude de communication (en ligne). URL: http://edc.revues.org/2342.
[23] Plan Directeur des Aires Protégées (1996). Volume 3. Les sites d'intérêt biologique et écologique du domaine littoral. BCEOM/SECA, BAD, EPHE, ISR, IB. 166pp.
[24] Pimiento E (2010). Shallow landslide susceptibility: modelling and validation. Dept of Physical Geography and Ecosystem Science—Lund University. Thesis, pp 25–29.
[25] Tillier S., (2011). Gérer durablement la forêt méditerranéenne: exemple du parc naturel régional des Alpilles. Thèse de doctorat en Géographie. Université du Maine. pp: 389.
[26] WHO (2017). World Health Organization annual report. https://www.who.int/health-topics/wildfires.
[27] https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat.
[28] https://landsat.gsfc.nasa.gov/.
[29] http://www.aveyron.gouv.fr/

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 41 No. 2 Dec. 2023, pp. 696-705
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Planification du réseau de distribution de l'énergie électrique dans la ville de Kindu à l'horizon 2040

[Planning of the electricity distribution network in the city of Kindu up to 2040]

Batiki Nkoy Remy[1], Meni Babakidi Narcisse[2], and Kinyoka Kabalumuna God'El[1]

[1]Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

[2]Institut Supérieur de Techniques Appliquées, Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: Energy is the essential and fundamental input for the development of all productive activities and for satisfying the basic needs of the population. The aim of this article is to develop an appropriate electrical energy planning system to promote what is profoundly transforming the sector: the rational exploitation of energy resources and the efficient use of energy in all links of the energy chain, by making the investments that will enable Maniema province and precisely the city of Kindu to be assured of a reliable, inexpensive and ecologically sustainable supply. This study is an important step in the implementation of a comprehensive energy planning system in the city of Kindu. It represents a useful tool for all players in the energy sector and in other areas of society and the economy. However, there is no doubt that the process of transforming the sector will only succeed with the active participation of producers, consumers and the state in the analysis and study.

KEYWORDS: Planning, energy, models, networks, MV/LV distribution.

RESUME: L'énergie représente l'intrant essentiel et fondamental pour le développement de toutes les activités productives et pour satisfaire les besoins fondamentaux de la population. Dans cet article, il est question de développer une planification adéquate de l'énergie électrique afin de promouvoir ce qui transforme profondément le secteur, l'exploitation rationnelle des ressources énergétiques et l'utilisation efficace de l'énergie dans tous les maillons de la chaîne énergétique, en réalisant les investissements qui permettent à la province du Maniema et précisément dans la ville de Kindu d'être assuré d'un approvisionnement fiable, peu coûteux et écologiquement durable. Cette étude constitue une étape importante dans la mise en place d'un système global de planification énergétique dans la ville de Kindu. Il représente un outil utile pour tous les acteurs du secteur de l'énergie et d'autres domaines de la société et de l'économie. Cependant, il ne fait aucun doute que le processus de transformation du secteur ne réussira qu'avec la participation active à l'analyse et à l'étude des producteurs, des consommateurs et de l'État.

MOTS-CLEFS: Planification, énergétique, modèles, réseaux, distribution MT/BT.

1 INTRODUCTION

Le système de distribution ou réseau de distribution d'énergie électrique est chargé d'acheminer l'énergie d'une sous-station à l'utilisateur final en toute sécurité et avec des niveaux de qualité spécifiques, satisfaisant ainsi les besoins des habitants pour ce service de base. Ces niveaux de qualité permettent de répondre aux besoins de ce service de base pour les habitants d'un lieu donné [1].

L'électricité est l'un des services publics les plus demandés par la population, et elle est déterminée par la loi, de sorte que tous les habitants puissent bénéficier de ce service sans aucune discrimination, avec des prix et des tarifs équitables, et sous le contrôle et la régulation de l'État [2].

En République Démocratique du Congo, la population de grande ville est actuellement l'un des principaux bénéficiaires en termes d'accès au service électrique. En revanche, dans les villes à faible densité des personnes, une étude menée par l'Institut Supérieur des statistiques de Kinshasa et des recensements en 2018 a révélé que 71,2 % des habitants des zones urbaines à forte densité ont accès à l'électricité, alors que les habitants des zones à faible densité ont un accès limité à l'électricité.

En revanche, dans le secteur rural, une étude menée par l'Institut Supérieur des statistiques de Kinshasa et des recensements en 2018 a révélé que 61,2 % des ménages équatoriens situés dans le secteur rural ont un accès limité à l'électricité y compris à un approvisionnement sûr et fiable en électricité.

Corresponding Author: Meni Babakidi Narcisse

La même étude réalisée en 2022 a montré que ce chiffre n'a connu qu'une légère réduction de 5 %, laissant une grande partie de la population des zones à faible densité sans accès à ce service indispensable.

Ainsi la province du Maniema est très riche en site hydroélectrique; mais la ville de Kindu qui est le chef-lieu de ladite province n'est pas totalement alimenté par le réseau de distribution de l'énergie électrique de la Société Nationale d'Electricité de Kindu "SNEL" en sigle, tandis qu'ils ont droit aussi de vivre comme tous paisibles citoyens.

L'absence de l'énergie électrique dans les différents quartiers de la ville cause beaucoup des problèmes, notamment:

- Dans plusieurs centres de santé: difficulté de conserver des médicaments (vaccins, les poches de sang, etc.) dans les réfrigérateurs, les femmes accouchent pendant la nuit par des lampes torches soit par des lampes lampantes;
- Les étudiants et les élèves ont les difficultés d'étudier pendant la nuit, de repasser leurs vêtements (uniformes pour les élèves), de regarder même le poste téléviseur;
- La recrudescence de l'insécurité (les viols, les vols, les assassinats, etc.).

Vu toutes ces difficultés évoquées ci-dessus, nous, étant chercheur en génie électrique, réfléchissant dans le même sens, voulons, dans cet article, faire la planification énergétique de ladite province dont le champ d'application est la ville de Kindu.

2 CONCEPTS DE BASES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES

Le réseau électrique est chargé de transporter l'énergie électrique, en acheminant l'électricité des centrales électriques afin de la distribuer aux utilisateurs finaux. La production, la transmission et la distribution est une étape qui sert à fournir de l'énergie électrique [1]. Le réseau de distribution est chargé de fournir de l'énergie électrique à travers une série de conducteurs électriques et de centres de transformation depuis la sous-station jusqu'au client final et est géré par les entreprises d'électricité. Dans le réseau de distribution il y a des réseaux moyenne et basse tension, ceux-ci peuvent être situés aériens ou souterrains, généralement dans la zone urbaine on utilise des réseaux de distribution aériens et souterrains, cependant dans la zone rurale on utilise des réseaux de distribution aérienne car sa mise en œuvre a un faible coût d'investissement [3].

2.1 RESEAU ELECTRIQUE MOYENNE TENSION (MT)

Dans les sous-stations électriques, les niveaux de haute tension sont transformés en niveaux de moyenne tension, appelés réseaux primaires, les niveaux de tension varient entre 600 V et 40 000 V, pour l'implantation du réseau de distribution moyenne tension dans le réseau aérien ou le réseau souterrain, il existe des réglementations qui régissent les entreprises locales publiques ou privées chargées de la distribution et de la commercialisation de l'énergie. Les utilisateurs connectés à ce réseau moyenne tension sont de gros consommateurs d'électricité: industries, entreprises, grandes surfaces, aéroports, etc [4].



Fig. 1. Réseau électrique moyenne tension

2.2 RESEAU ELECTRIQUE BASSE TENSION

Le réseau électrique basse tension transmet l'énergie électrique généralement fournie en basse tension à partir du système de production d'électricité, connectant ainsi aux utilisateurs finaux: éclairage résidentiel, commercial, petite industrie et public [5].

Lors de la conception des réseaux aériens du réseau basse tension, il faut tenir compte des caractéristiques requises par les utilisateurs de la zone, telles que l'emplacement prévu du réseau, le nombre d'utilisateurs dans la zone, le nombre et l'utilisation des équipements électriques, Ceci afin de dimensionner correctement le transformateur et le calibre du conducteur afin que l'électricité puisse être consommée par les

différents circuits et appareils électriques de chacun des utilisateurs avec des niveaux de tension standards de 220/127 V triphasé ou 240/120 V monophasé [6].

2.3 RESEAU DE DISTRIBUTION SOUTERRAIN

Dans le réseau de distribution souterraine, les conducteurs et autres composants électriques utilisés pour l'installation sont installés sous terre ou cachés par des conduites isolantes, et sont reliés entre eux par des chambres de transformation [7]. Actuellement, des réseaux de distribution souterrains sont mis en œuvre dans les zones urbaines ou dans les zones à forte densité de population, afin d'offrir aux personnes sécurité et confort face aux pannes de réseau causées par des catastrophes naturelles, et contribue également à moderniser les villes, à améliorer l'esthétique et met en avant l'aménagement urbain [8].



Fig. 2. Réseau de distribution souterrain

2.4 RESEAU DE DISTRIBUTION AERIENNE

Dans les réseaux de distribution aérienne, les conducteurs sont généralement apparents et aériens, maintenus par des isolateurs, ceux-ci sont placés en façade ou sont tendus par des traverses qui sont soutenus par des poteaux généralement en béton, en bois ou en métal [8]. Dans certains pays comme la République Démocratique du Congo, la majorité de réseau de distribution est aérienne; dans le secteur rural, ces réseaux sont utilisés car le coût de construction et d'installation est faible par rapport au réseau de distribution souterrain. Dans le secteur urbain, la priorité des entreprises de distribution électrique, ainsi que leurs bénéfices respectifs, est de remodeler ou de transformer ce réseau de distribution aérien en un réseau de distribution souterrain.

3 METHODOLOGIE

3.1 PRESENTATION BREVE DE LA VILLE DE KINDU ET ETAT DES LIEUX DE SON RESEAU ELECTRIQUE

La ville de Kindu, en sa qualité de chef-lieu de la province de Maniema, est le siège de toutes les institutions politiques et administratives de la province à savoir: le Gouvernement provincial, l'Assemblée provinciale, les divisions provinciales représentant des secrétariats généraux de différents ministères du gouvernement central, les directions provinciales des services spécialisés, des entreprises publiques et paraétatiques, des cours et tribunaux, etc. Les données fournies par les services de la Mairie pour l'année 2022 renseignent que la population de la ville de Kindu est estimée à cinq cent quatre-vingt mille sept habitants (580 007 hab).

La centrale hydroélectrique de Lutshurukuru se situe dans la Province du Maniema, Territoire de PANGI, collectivité de BEIA, groupement LULIMBA, au Nord – Est de la cité minière de KALIMA. Cet aménagement utilise une chute de deux affluents dont Lutshurukuru et Likulu d'environ 1500 mètres et se compose essentiellement de:

- Un barrage déversoir des vannes wagons qui forment un bassin de retenue et qui de ce fait, permet une décantation suffisante des sédiments. La retenue ainsi formée permet de porter en pointe journalière le débit turbiné à 90 m^3/seconde;
- Deux prises d'eau munies de chasses à sable qui permettent d'éliminer les graines de sable moyen (jusqu'à une granulométrie d'environs 0,6 mm;
- Une galerie d'amenée (canal d'amené) souterraine;
- Un chemin d'équilibre à étranglement intérieur avec puits;
- Une conduite forcée en acier avec anneaux de raidissement;
- Un bâtiment central, prévu pour recevoir 3 groupes pour une puissance installée de 5,1 MW, le poste élévateur se trouve à l'extérieur du bâtiment.

La situation actuelle des machines se présente comme suit:

- Groupe 1 (2,7 MW): en service; Un: 6 kV; Couplage: Y; Fréquence: 50Hz; nombre de phase: 3;
- Groupe 2 (2,7 MW): en service; Un: 6 kV; Couplage: Y; Fréquence: 50Hz; nombre de phase: 3;
- Groupe 3 (2,7 MW) en service; Un: 6 kV; Couplage: Y; Fréquence: 50Hz; nombre de phase: 3.

L'exploitation d'une centrale hydroélectrique nécessite une bonne maitrise des installations c'est – à – dire une parfaite connaissance de l'aménagement hydroélectrique.

3.2 CALCUL DE TAUX DES CHARGES DE RESEAU DE DISTRIBUTION MT/BT DE LA VILLE DE KINDU

Le taux de charge est un indicateur de gestion qui permet de réduire ou d'éviter les usures qui résulteraient d'une variation des paramètres en exploitation; il s'exprime en pourcentage (%).

POUR LES TRANSFORMATEURS DES POSTES ET SOUS – STATION

Le taux de charge des postes et sous station s'obtiennent par la relation suivante :

$$Txc = \frac{IL.Uc\sqrt{3}.}{Sn}100 \quad (1)$$

Avec :

IL : courant ou charge lue sur l'ampèremètre (A)
IL = Ip (la charge lue peut également entre la pointe) (A)
U_c : tension de consigne ou de service (kV)
S_n : puissance apparente (kVA)
Txc : Taux de charge (%)

POUR UN FEEDER

Le taux de charge deFeeder s'obtient par la relation suivante :

$$Txc = \frac{IL.100}{Inc} \quad \text{soit } Txc = \frac{Ip.100}{Inc} \quad (2)$$

Avec :

IL = Ip : charge lue ou intensité atteinte (I moy).
Inc : Intensité nominale du feeder (A).
Txc : Taux de charge (%)

POUR UN TRANSFORMATEUR MT/BT

Le taux de charge de transformateur MT/BT s'obtient par la relation suivante :

$$Txc = \frac{Imoy.100}{In2\ Tfo} \quad (3)$$

Avec :

I_{moy} : le courant moyen de la somme de trois phases divisé par 3 (A)
In_2Tfo : l'intensité nominale au secondaire du transformateur (A)
Txc : taux de charge (%)

$$Or : I_{moy} = \frac{\Sigma Ir + \Sigma Is + \Sigma It}{3} \quad (4)$$

CHARGE DE LIAISON 400 V (LA LIAISON TRANSFORMATEUR ET TGBT)

Le taux de charge de liaison transformateur et le tableau général basse tension s'obtient par la relation suivante :

$$T_{xc} = \frac{Iph.100}{In2\ Tfo} \quad (5)$$

Avec :

I_{ph} : le courant lu dans l'une de trois phases (A)
In_2Tfo : l'intensité nominale au secondaire du transformateur (A)
Txc : taux de charge (%)

POUR LES DÉPARTS

Les taux de charge de départs s'obtiennent par la relation suivante :

$$T_{xc} = \frac{Imoy.100}{Inc} \quad (6)$$

$$\text{Or } I_{moy} = \frac{Ir+Is+It}{3} \quad (7)$$

Avec :

I_{moy} : le courant moyen de chaque départ (la somme de 3 phases divisé par 3) (A)
I_{nc} : le courant admissible du conducteur (A)
(Inc) : Dépend de la nature de conducteur.

POUR LE TABLEAU GÉNÉRAL BASSE TENSION (TGBT)

Le Tableau général basse tension (TGBT) est un équipement sur lequel sont accrochés les différents départs BT ; il est dimensionné en fonction des courants nominaux des conducteurs BT.

$$Ndep = \frac{In2\ Tfo}{Inc} \quad (8)$$

Avec :

In_2 Tfo : intensité nominale au secondaire du transformateur (A)
Inc : intensité admissible du conducteur BT (A)
Ndep : nombre de départ.

3.3 PROCEDURE DE RENFORCEMENT A L'HORIZON DONNE D'UN RESEAU ELECTRIQUE (MT/BT)

Un réseau électrique qui comporte en son sein un nombre donné de transformateur électrique de puissance apparente (Sn1), taux de charge (Txc1), Sn2, Txc2…….Sn, Txcn doit être renforcé pour un horizon donné (planification énergétique), pour limiter le coût d'exploitation en maintenant le niveau de fiabilité élevé avec des contraintes liées à l'environnement.

Cette planification se fait par horizon temporel définit comme suit :

- De 0 à 5 ans : court terme ;
- De 5 à 10 ans : moyen terme ;
- De 10 à 20 ans : long terme ;
- Au – delà de 40 ans, on parle de la stratégie énergétique (l'ensemble de politiques énergétiques à mettre en place pour répondre à la demande du futur).

La procédure de renforcement à suivre est indiquée ci – dessous :

3.3.1 PREMIÈRE ÉTAPE

Relever les caractéristiques techniques de toutes les cabines (transformateurs électriques : puissance apparente et taux de charge) :

- Relever les caractéristiques de tous les transformateurs électriques qui dépendent de ce feeder : puissance apparente nominale (Sn1, Sn2 Sn3 Sn4…….. Sn) ;
- Relever et calculer le taux de charge de tous les transformateurs électriques : (Txc1, Txc2, Txc3, Txc4……Txcn)

3.3.2 DEUXIÈME ÉTAPE

Déterminer la puissance apparente totale installée du réseau à renforcer par la formule ci-dessous :

$$S_{nt} = \sum_{k=0}^{n} S_{n1} + S_{n2} + S_{n3} + S_{n4} + \cdots + S_n \quad (9)$$

Avec :

s_{nt} : puissance apparente totale installée du réseau électrique à renforcer (kVA) ;
s_{n1} : puissance apparente du premier transformateur du réseau électrique (kVA) ;
s_{n2} : puissance apparente du deuxième transformateur du réseau électrique (kVA) ;
s_{n3} : puissance apparente du troisième transformateur du réseau électrique (kVA) ;
s_{n4} : puissance apparente du quatrième transformateur du réseau électrique (kVA) ;
s_n : puissance apparente du nième transformateur du réseau électrique (kVA).

3.3.3 TROISIÈME ÉTAPE

Déterminer le taux de charge moyen du réseau électrique à renforcer par la formule suivante :

$$T_{XCmoy} = \frac{\sum T_{Xc1}+T_{Xc2}+T_{Xc3}+T_{Xc4}+\cdots+T_{Xcn}}{n} \quad (10)$$

Avec :

Txcmoy : taux de charge moyen (%) ;
Txc1 : taux de charge du premier transformateur (%) ;
Txc2 : taux de charge du deuxième transformateur (%) ;
Txc3 : taux de charge du troisième transformateur (%) ;
Txc4 : taux de charge du quatrième transformateur (%) ;
Txcn : taux de charge du nième transformateur (%) ;
n: nombre de transformateur que compte le réseau électrique à renforcer.

3.3.4 QUATRIÈME ÉTAPE

Déterminer le taux de charge restant (Txcr) à projeter du réseau à renforcer par la formule ci – dessous :

$$Txcr = Txmoy - 80\% \quad (11)$$

Avec :

Txcr : taux de charge restant du réseau électrique à renforcer (%) ;
Txcmoy : taux de charge moyen du réseau électrique à renforcer (%) ;
80% : taux de plage de fonctionnement de cabines électriques voulue par la norme de la Commission Electrotechnique Internationale en sigle "CEI".

3.3.5 CINQUIÈME ÉTAPE

Déterminer la puissance électrique apparente restante à projeter (Sr) au réseau à renforcer par la formule ci – dessous :

$$S_r = \frac{Txc_r \; x \; S_{nt}}{100} \quad (12)$$

Avec :

Sr : puissance apparente restante à projeter au réseau à renforcer (kVA) ;
Txcr : taux de charge restant du réseau électrique à renforcer (%) ;
Snt : puissance apparente totale du réseau électrique renforcé (kVA).

3.3.6 SIXIÈME ÉTAPE

Déterminer la puissance apparente future (Sf) du réseau à renforcer par la formule ci – dessous :

$S_f = Sr\ (1+ Amoy)^t$ (13)

Avec :

S_f : puissance apparente future du réseau à renforcer (kVA) ;
Sr : puissance apparente restante à projeter au réseau à renforcer (kVA) ;
Amoy : taux d'accroissement moyen qui se calcule, la valeur moyenne est de 5 % (0,05) ;
t : le temps d'intervalle de projection qui va du temps final en soustrayant le temps initial.

3.3.7 SEPTIÈME ÉTAPE

Déterminer le nombre de transformateur à implanter au réseau à renforcer par la formule ci – dessous :

$$N^{bre}\ de\ tfo = \frac{Sf}{0,8\ x\ Su} \quad (14)$$

Avec :

S_f : la puissance apparente future du réseau à renforcer (kVA) ;
Su : la puissance apparente unitaire d'un transformateur de décharge choisi par l'ingénieur du projet à implanter au réseau à renforcer (kVA) ;
0,8 : 80% taux de plage de fonctionnement de cabines électriques voulue par la norme de la Commission Electrotechnique Internationale en sigle "CEI".

3.3.8 HUITIÈME ÉTAPE

Déterminer les éléments de transformateur à implanter du réseau à renforcer qui sont :

- Le nombre de départ ;
- La section de conducteur du tableau général basse tension (TGBT) ;
- La section de conducteur de départs et calcul de la protection.

1ÈR CAS : L'HYPOTHÈSE DE LA SECTION DU CONDUCTEUR À UTILISER EST DÉFINIE À L'AVANCE

Cela est donné par l'expression ci-dessous :

$$Nbre\ de\ départs = \frac{In_{2tfo}}{Inc\ x\ kTX}\ ou = \frac{In_{2tfo}\ x\ 1,2}{Inc} \quad (15)$$

Avec

In_2tfo : courant nominal du transformateur en A ;
Inc : courant nominal du conducteur en A ;
kTx : 0,8 (80% norme commission électrotechnique internationale), coefficient taux de charge.

2ÈME CAS : L'HYPOTHÈSE DU NOMBRE DE DÉPART EST DÉFINIE PAR L'INGÉNIEUR CONCEPTEUR DU PROJET

Pour un nombre n de départs par transformateur :

$$P = S\ x\ \cos\varphi \quad (16)$$

$$Puissance\ /départs = \frac{Puissance\ tfo}{Nbre\ de\ départ} \quad (17)$$

$$P = \sqrt{3}\ UI\cos\varphi\ (kW) \quad (18)$$

$$In/départs = \frac{P\ départ}{\sqrt{3}UI\cos\varphi} \quad (19)$$

$$S/départs = \frac{In\ départ}{\gamma} \quad (20)$$

Densité électrique en A/mm^2, la valeur économique est de ($\gamma = 4$ à 5/mm^2).

3.3.9 NEUVIÈME ÉTAPE

Calculer la chute de tension en fonction du réseau à renforcer par les formules ci – dessous :

$$STxmoy = \frac{Txcmoy \times Snt}{100} \quad (21)$$

$$P = STxmoy \times \cos\varphi \quad (22)$$

Avec :

STxmoy : puissance apparente total du réseau à renforcer (kVA) ;
Txcmoy : taux de charge moyen du réseau électrique à renforcer (%) ;
Snt : puissance apparente totale installée du réseau électrique (kVA) ;
P : puissance active totale demandée au réseau électrique à renforcer (kW) ;
cosφ : facteur de puissance (0,85,.....0,9).

CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION

$$\Delta U(\%) = \frac{P \times L\,(R + X \tan\varphi)\,100}{U^2} \quad (23)$$

Avec :

$\Delta U(\%)$: chute de tension admise au réseau à renforcer ($\leq 10\%$ en MT et HT) ;
P : puissance active totale demandée au réseau électrique à renforcer (MW) ;
L : longueur du feeder en kilomètre de la sous station au réseau électrique à renforcer ;
R : résistance linéique du feeder donnée par le constructeur (Ω/km) ;
X : réactance linéique du feeder donnée par le constructeur (Ω/km) ;
tangφ : donné par le rapport de sinφ et cosφ , la valeur pratique est 0,484 ;
U : tension de transit de l'énergie électrique (feeder) (kV).

3.3.10 DIXIÈME ÉTAPE

Etudes financières du réseau électrique à renforcer

4 RESULTATS ET ANALYSE

4.1 CALCULS DES TAUX DE CHARGE DE TRANSFORMATEUR, DE LIAISON ET DES DEPARTS

Le tableau 1 ci-dessous donne les taux de charge des transformateurs de puissance, des liaisons et le tableau général basse tension de toutes les cabines électriques MT/BT de la ville de Kindu.

Tableau 1. Taux des charges de toutes les cabines électriques MT/BT de la ville de Kindu

N°	Cabines électriques	Puissance nominale (kVA)	Taux de charge de liaison TGBT Transformateur de puissance (%)			Taux de charge (%)
			Phase R	Phase S	Phase T	
1	Lumumba	400	147,8	162,5	121,6	143,9
2	Lufungola	400	104	93,5	107,5	102
3	3Z	315	54	59,3	77,1	63,4
4	Handicapé	160	190,2	160,8	163,4	171,7
5	Basoko	160	40,2	42,8	80,4	54,4
6	Noviciat (Jamaïque)	160	155,7	88,6	167,3	137,2
7	RVA-Nord	315	172	193,3	183	159,4
8	RVA-Sud	250	196,8	174,4	146,7	172,6
9	Hewa Bora	315	51,8	46,5	50,9	58,5
10	Hôpital de référence	50	144	185,5	203,6	177,7
11	Tfo MT/BT s/s 2	250	37,7	47,3	32,1	39
12	RVA-Aéroport Kindu	50	62,3	65	85,8	71
13	SNCC	315	71,8	63,3	71	70
14	Tfo MT/BT s/s 1	250	175,1	159,4	162,6	165,7
15	Hôtel Karibu	250	9,9	7,7	8,8	8,8
16	Mission	630	20,4	20,7	8	19,6
17	Château d'eau	250	114,8	136,4	133,4	128,2
18	Brazza	250	6	9,4	8	7,8
19	Mikelenge	400	111,5	131	133,1	125,2
20	Tokolote 1	315	91,6	97,5	97,5	95,5
21	Tokolote 2	250	81,3	91,6	83,3	85,4
22	Lukunda	315	70	69,2	63,7	67,6
23	RENATELSAT	50	101,1	67,8	54,5	74,5
24	Tokedi/ Matapa	400	38,9	26,5	34,2	33
25	Lukunda 2	250	10,2	4,1	8,3	7,5
26	Université MAPON	630	9,3	11,3	10,1	10,2
27	Lwama UNIKI	250	42	31,5	25,4	33
28	Saint Paul	250	260,2	242,8	256,6	253,2
29	Kama II	250	165,2	158	158,6	160,6

En calculant les taux des charges de toutes les cabines électriques MT/BT de la ville de Kindu, nous avons constaté que les 14 cabines électriques MT/BT sont vraiment surchargées.

4.2 PLANIFICATION DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Après état des lieux sur le réseau de distribution MT/BT de la ville de Kindu les résultats suivants ont été obtenus:

- La puissance demandée augmentera de 6,48 MW à 10 MW pour alimenter très bien toute la ville de Kindu;
- La puissance apparente totale de la ville de Kindu: 8130 kVA;
- Le taux de charge moyenne global: 139,5 %;
- Le taux de charge restant à renforcer au réseau: 59,5 %;
- La puissance apparente restante à projeter au réseau: 4837,3 kVA;
- La puissance apparente future du réseau à renforcer: 12 MVA;
- Le nombre de transformateur MT/BT de 800 kVA à implanter: 18;
- Le Nombre de départs par cabine électrique MT/BT: 6;
- La Section et nature de conducteur de la cabine: 4 x 95 mm^2 + N cuivre;
- La tension de transite: 20 kV;
- La chute de tension: 4,4 %;
- Le Nombre de transformateur MT/MT (Sous – station) de 15 MVA: 1.

5 CONCLUSION

Dans cet article s'est fixé comme objectif de planifier le réseau de distribution MT/BT de la ville de Kindu en fonction de la demande énergétique à l'horizon temporel de 2040 et de proposer la construction d'une centrale hydro électrique capable de produire et fournir de l'énergie électrique en vue d'éviter la dégradation précoce des ouvrages du réseau, causée par la demande énergétique toujours croissante. Après calcul de load flow nous avons remarqué que le courant simple est en avance par rapport à la tension simple d'un angle de 31,78°, le courant au point A et B est en avance par rapport à la tension simple d'un angle de 57,07° et le courant IG est déphasé d'un angle de – 44,42° par rapport à la tension simple. Nous espérons qu'avec les pistes des solutions émises dans cet article pourront améliorer les conditions d'exploitation de ce réseau.

ACKNOWLEDGMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

[1] Northcote-Green, James, and Robert G. Wilson. «*Control and automation of electrical power distribution systems*». Vol. 28. CRC press, 2017.
[2] Raza, Muhammad Amir, et al. «*Energy demand and production forecasting*» Energy Strategy Reviews 39 (2022): 100788.
[3] Cheng, Zheyuan, et al. «Protection and Control Challenges of Low-Voltage Networks with High Distributed Energy Resources Penetration-Part 1: Utility Workshop and Low-Voltage Network Modeling.» 2023 76th Annual Conference for Protective Relay Engineers (CFPR). IEEE, 2023.
[4] Lievin, Yaba Moke Ngeme. «Etude d'impact de l'économie d'énergie dans le réseau de distribution Moyenne-Tension/Basse-Tension du quartier Camps LUKA, dans la commune de Ngaliema, ville province de Kinshasa en RD Congo.» International Journal of Innovation and Applied Studies 36.1 (2022): 226-230.
[5] Alvarez-Hérault, Marie-Cécile, et al. Planification des réseaux électriques de distribution: Évolution des méthodes et outils numériques pour la transition énergétique. ISTE Group, 2022.
[6] Chen, Kao. Industrial Power Distribution and Illuminating Systems. Vol. 65. CRC Press, 1990.
[7] Mohamed, Dine. «Localisation des Défauts dans les Réseaux de Transport d'Energie Electrique Mixtes (Aérien et Souterrain).» (2021).
[8] Vahidinasab, Vahid, et al. «Overview of electric energy distribution networks expansion planning.» IEEE Access 8 (2020): 34750-34769.