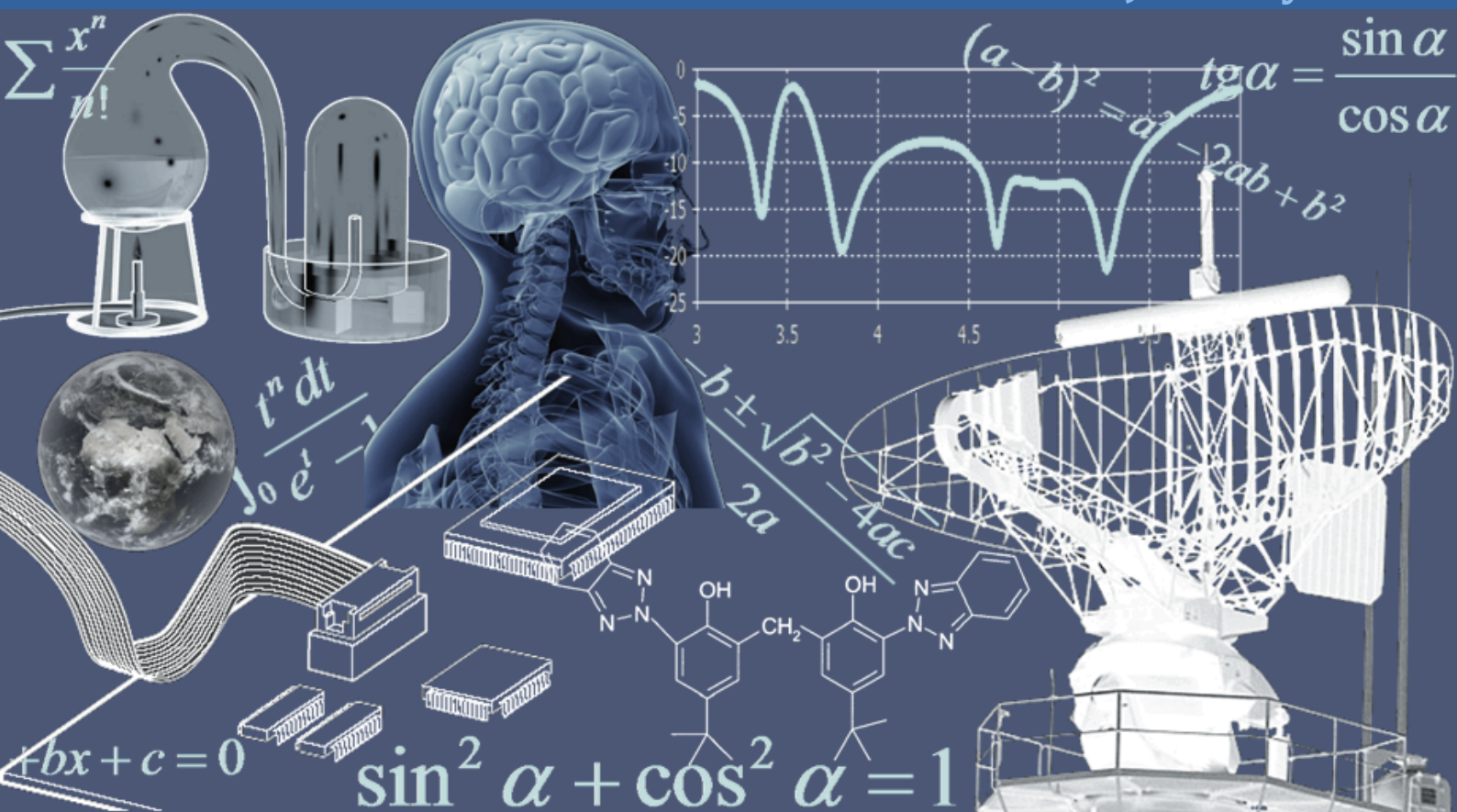


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 35 N. 2 January 2022



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

Amir Samimi, Ph.D. of Science in Chemical engineering, Process Engineer & Risk Specialist of Oil and Gas Refinery Company, Iran
Mahsa Ja'fari, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran
Alin Velea, Paul Scherrer Institute, Switzerland
Kamyar Hasanzadeh, Aalto University, Finland
Ogbonnaya N. Chidibere, University of East Anglia, United Kingdom
Oumair Naseer, University of Warwick, United Kingdom
Wei Zheng, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA
Hu Zhao, University of Southern California, USA
Haijian Shi, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA
Syed Ainul Abideen, University of Bergen, Norway
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 Kavroudakakis, 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

A report on incidence of Covid-19 infection in Campania (Region of Southern Italy)	205-208
<i>Stefania Pellino, Margherita Luciano, Rosamaria Luciano, Erika Mancini, Maria Concetta Conte, Gennaro Volpe, and Tommaso Zerella</i>	
Valorisation des margines dans la région de Fes	209-234
<i>Abdelkhalek Touahar and Amina Stout</i>	
Impacts environnementaux des systèmes de production de l'Igname dans la commune de Ouaké	235-248
<i>Abdoul-Ramane ABDOULAYE</i>	
Effects of biological fertilizers on the yields of onion (<i>Allium Cepa</i> L.) and on soil physico-chemical, microbiological properties in the Centre-west of Burkina Faso	249-259
<i>Jacques Sawadogo, Pane Jeanne d'Arc Coulibaly, Madi Beogo, Claude Arsène Savadogo, and Jean Boukari Legma</i>	
Etude de la toxicité aigüe d'un extrait éthanolique des tiges de <i>Massularia acuminata</i> (Rubiaceae) chez le rat wistar	260-267
<i>Ghogho Moussa, Koné Mama, Oussou N'Guessan Jean-Baptiste, Kporou Kouassi Elisée, Kouadio Koffi Hugue Ulrich, and Yapo Angoué Paul</i>	
Building height estimation from high resolution satellite images	268-281
<i>Abdelatif Rajji, Abdessamad Najine, Amina WAEIK, and Amroumoussa Benmoussa</i>	
Apport des chaînes de Markov et la méthode Intensity Analysis à la détection et la prévision des changements de l'occupation du sol autour du barrage de Taabo (Côte d'Ivoire)	282-293
<i>N'guessan Bi Vami Hermann, Kouame Aristide, Marc Youan Ta, Alechy Fabrice, Saley Mahaman Bachir, and Kouadio Affian</i>	
Caractéristiques des hauteurs significatives et des périodes de retour des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée	294-301
<i>Yao Kouadio Salomon, Anoumou René Tano, Malé Gbegbe, Mondé Sylvain, and Jacques Abe</i>	
Influence des facteurs écologiques sur la répartition de Juvéniles sous semenciers et Modèle écologique de recrutement de <i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C. C. Berg dans une forêt semi-décidue du nord-est de la RD Congo	302-314
<i>N'tambwe Nghonda Dieu-donné, Langunu Serge, Konga ya Sangwa Nicolas, Sumbu Tshimanga Billy, Kalunga Kasongo Aline, Mashagiro Grace Queen, Katusi Lomalisa Roger, and Nshimba Seya Wa Malale Hippolyte</i>	
?? ?????? ?????? ?????? ?????? ?? ????? : ?????? ?????? ??? ?????? ?????? ??? ????????? ????????	315-323
<i>Salk Elmehdi and Abdelilah Ftaich</i>	
Trappe à fiscalité: Le cas de l'économie ivoirienne	324-334
<i>Paul Vivien Oyibo</i>	
Essai d'application de l'approche managériale socio-économique: Une autopsie organisationnelle de l'Institut Supérieur de Commerce (ISC) de Beni, en RD Congo (2010-2019)	335-358
<i>Kambere Muhiwa Kamuha Bernard and Mudjinane Katanga Lucie</i>	
Les sous-groupes Schisto-calcaire et de la Mpioka dans la chaîne panafricaine West-Congo: Témoins de l'évolution paléoclimatique post-Cryogénien, Province du Kongo Central, R.D. Congo	359-366
<i>L. O. Tuema, M. J. A. Makutu, M. T. Kanika, and C. M. E. Cibambula</i>	
Le Sous-groupe de la Mpioka: Témoins de la réactivation des failles post-Schisto-calcaire dans le fossé de la Basse-Sangha	367-374
<i>C. M. E. Cibambula, L. O. Tuema, K. A. Sekeraviti, C. L. Mukeba, and M. N. A. J. Makutu</i>	
L'enseignement à distance dans l'environnement scolaire rural marocain: Moyens et obstacles - Etat de la Direction de Sidi Kacem	375-384
<i>Abdelkhalek Touahar</i>	
Configuration d'une Raspberry Pi comme Serveur et Co-simulation avec un Client Socket pour la Téléopérabilité Optimale d'un Processus Dynamique Asservi par Régulation Quadratique Linéaire avec Poursuite	385-400
<i>Manga Betene Ignace Fabrice, Paune Felix, Mbihi Djoumessi Markov, and Nneme Nneme Leandre</i>	
Identification des critères de choix des consommateurs du fromage «mashanza» dans les villes de Bukavu et Goma, à l'est de la RD Congo	401-411

Birali Mwamini, Sumbu Zola, Masimango Ndiyanabo, and Walangululu Jean

Investigating precipitation extremes over West Africa using two regional climate models from 1981 to 2010 412-424

Ibrahima Diba, Didi S. Regis, Salomon Obahoundje, and Mactar Camara

POLYMORPHISM OF BLOOD SYSTEMS ABO AND RH (D) IN A BLOOD DONORS POPULATION OF THE KORHOGO NATIONAL BLOOD TRANSFUSION CENTRE 425-435

Loukou N'Goran Etienne, N'Goran K. Edouard, Yao Kouadio René Patrice, Yassongui Mamadou Sekongo, Koua Ago Bénédicte, Zede Elisée, and Yapi-Gnaore Chia Valentine

Impact of TIKTOK And snackvideo Apps on Social, Psychological, Educational State And on Moral and Ethical Values Among Teenagers and Youth in Pakistan 436-441

Afshan Qureshi

Conception et réalisation d'un laboratoire téléopérable intégrant des palettes de processus dynamiques accessible via une plateforme mobile 442-456

Mendjemen Yamedjeu Bertrand, Paune Felix, and Kom Charles Hubert

A report on incidence of Covid-19 infection in Campania (Region of Southern Italy)

**Stefania Pellino¹, Margherita Luciano¹, Rosamaria Luciano¹, Erika Mancini¹, Maria Concetta Conte², Gennaro Volpe³,
and Tommaso Zerella¹**

¹Department of Prevention, Azienda Sanitaria Locale (ASL) Benevento, Benevento, Italy

²Health Direction, Azienda Sanitaria Locale (ASL) Benevento, Benevento, Italy

³General Direction, Azienda Sanitaria Locale (ASL) Benevento, Benevento, Italy

Copyright © 2022 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 December 2019 an outbreak of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 was first observed in Wuhan, China. The virus has spread rapidly throughout the world creating a pandemic scenario. The incidence of Covid-19 infection is influenced by several factors such as: lockdown, restriction measures, social distancing, use of face masks, environmental temperature and viral load, vaccinations. This study describes the evolution of the incidence of Covid-19 infection in Campania (Region of Southern Italy) from September 2020 to August 2021.

KEYWORDS: Covid-19, SARS-CoV-2, Infection, Report, Campania.

INTRODUCTION

Coronavirus-2 severe acute respiratory syndrome (SARS-CoV-2) is the name given to the disease caused by the new coronavirus of 2019 that had not been identified in humans before December 2019 when it was recognized as the cause of a group of pneumonia cases in Wuhan, a city in China's Hubei province. It spread rapidly, causing an epidemic across China, followed by a global pandemic officially declared by the World Health Organization on March 11, 2020.

Coronaviruses are positive polarity single-stranded RNA viruses. Bats are considered natural hosts of these viruses that circulate among animals and some of them also infect humans. The similarity of the closest RNA sequence is to two bat coronaviruses for which it seems likely that bats are the primary source; it is not known whether the COVID-19 virus is transmitted directly from bats or through some other mechanism (via an intermediate host).

HOW SARS-CoV-2 SPREADS

SARS-CoV2 is mainly transmitted via droplets and aerosols from an infected person who sneezes, coughs, speaks or breathes and is in close proximity to other people. The virus has also been isolated from the feces of infected cases, indicating that fecal-oral transmission could also be a route of infection. The droplets can be inhaled or they can rest on surfaces, with which others come into contact and are, therefore, infected by touching the nose, mouth or eyes. The virus can survive on surfaces for a few hours (copper, cardboard) up to a certain number of days (plastic and stainless steel). However, the amount of viable virus decreases over time and may not always be present in sufficient quantities to cause infection.

WHEN A PERSON IS CONTAGIOUS

The incubation period for COVID-19 (i.e. the time between exposure to the virus and the onset of symptoms) is currently estimated to be between one and 14 days.

The infectious period may begin a day or two before symptoms appear, but people are likely to be more contagious during the symptomatic period, even if the symptoms are mild and very nonspecific. The infectious period is estimated to last from 8 to 10 days in moderate cases and on average up to two weeks in severe cases.

Infected people can transmit the virus both when they have symptoms and when they are asymptomatic. That is why it is important that all positive people are identified by tests, isolated and, depending on the severity of their disease, receive medical treatment. Confirmed but asymptomatic people also need to be isolated to limit contact with others. These measures break the chain of transmission of the virus.

This is why it is always important to observe the appropriate prevention measures (physical distancing, use of the mask, frequent hand washing).

WHAT ARE THE SYMPTOMS OF A PERSON WITH COVID-19

The symptoms of COVID-19 vary based on the severity of the disease, from the absence of symptoms (the so-called "asymptomatic cases") to presenting with fever, cough, sore throat, weakness, fatigue and muscle pain. Severe cases can present with pneumonia, acute respiratory distress syndrome, and other complications, all of which can be life-threatening. Sudden loss of smell (anosmia) or decreased sense of smell (hyposmia), loss of taste (ageusia) or altered taste (dysgeusia) have been recognized as symptoms of COVID-19. Other less specific symptoms may include headache, chills, myalgia, asthenia, vomiting and/or diarrhea.

WHAT CHANGED ON 12 OCTOBER 2020 IN ITALY

The Circular of the Ministry of Health of 12 October 2020 puts an end to the double negative swab system (negativity to two molecular swabs performed 48 hours apart), up to that moment a necessary condition to declare recovery from the infection, and redefines the criteria for putting an end to isolation/quarantine in consideration of the evolution of the epidemiological situation, new scientific evidence, indications from some international bodies (WHO and ECDC) and the opinion formulated by the Technical Scientific Committee on 11 October 2020.

For the first time there is talk of "Long-term positive cases" to indicate people who, although no longer presenting symptoms, continue to test positive for the molecular test for SARS-CoV-2 even 21 days after the onset of symptoms. In case of absence of symptoms (except for ageusia/dysgeusia and anosmia which can last for some time after healing) for at least a week, according to the Circular of 12/10/2020 these people can interrupt the isolation after 21 days from the onset of symptoms (taking into account the immune status of the persons concerned since, for example, the period of contagiousness can be prolonged in immunosuppressed patients).

This conclusion was reached after noting that the viral load is very high immediately before and in the first days following the onset of symptoms, after which it gradually tends to decrease until it is almost no longer detectable by day 21. This also applies to those who are fresh from a severe form of Covid-19, which required hospitalization. On the other hand, the decision taken by the Ministry of Health takes into account the update of the criteria for the interruption of the isolation of patients with Sars-CoV-2 infection completed by the World Health Organization and the conclusions of a Chinese study published in the Journal Nature Medicine and confirmed by another work that appeared in The Lancet Microbe.

Not knowing with certainty the duration of the contagious period of a subject with Covid-19, the risk of transmission of the infection exists even beyond three weeks from the onset of symptoms but respecting the distance and always using the mask, this risk is considered very low.

WHAT ARE THE FACTORS THAT INFLUENCED THE INCIDENCE OF COVID-19 INFECTION IN CAMPANIA

On 9 March 2020, following the high contagiousness and especially mortality of Covid-19, a total lockdown was declared in Italy. At the end of May 2020 there is the gradual reopening of Italy, which will allow us to move even outside the national territory. This restart, even if in part, of normal activity and the spread of variants of SARS-Covid-19, determines an increase in infections, with the need to impose further restrictions in the following months. However, there isn't the blockade of the entire national, but the definition of a low risk area (yellow-area), moderate risk area (orange-area) and high risk area (red-area).

The definition of the risk is based on the Rt index (transmissibility index). Rt indicates how many people can be infected by a single person on average and in a certain period of time. This index has currently been replaced by hospital Rt (the number of beds occupied) plus the incidence rate.

In these months, school attendance has been almost nil throughout the national territory. On September 24, in Campania, the schools opens with presence but only for children from 0 to 6 years.

The Circular of the Ministry of Health of 12 October 2020 release the asymptomatics positives after 21 days by their infections.

Various suspensions occur due to the increase in infections and hospitalizations until mid-March 2021 where Campania returns to the red zone. The reopening of public offices, non-food shops and restaurants was also slow and difficult. An almost total reopening, though with distancing and use of DPI, in Campania took place at the beginning of June 2021: the wedding sector, fairs and festivals until now blocked, has restarted.

Furthermore, Campania is one of the few Italian regions where the obligation to wear a mask also remains outdoors, if distance cannot be guaranteed. Starting from summer 2021, the incidence of positivity has suffered a sharp decline. Certainly thanks to the optimal climatic conditions, the absence of overlapping seasonal co-infections such as influenza, the introduction of the anti-Covid19 vaccination (starting from December 2020) and the introduction of the Green Pass. Incidence of Covid-19 infections is shown in Table 1.

Table 1. Incidence of Covid-19 infection in the five provinces (Napoli, Caserta, Salerno, Avellino, Benevento) of Campania from September 2020 to August 2021

	Napoli	Caserta	Salerno	Avellino	Benevento
September 2020	0,13%	0,10%	0,04%	0,05%	0,06%
October 2020	0,92%	0,83%	0,39%	0,48%	0,24%
November 2020	1,95%	2,12%	1,25%	1,05%	0,66%
December 2020	0,62%	0,61%	0,56%	0,39%	0,64%
January 2021	0,65%	0,46%	0,54%	0,27%	0,39%
February 2021	0,78%	0,55%	0,84%	0,42%	0,44%
March 2021	1,23%	0,99%	1,30%	0,90%	0,65%
April 2021	1,06%	0,88%	0,75%	0,67%	0,99%
May 2021	0,54%	0,44%	0,37%	0,40%	0,32%
June 2021	0,10%	0,04%	0,08%	0,08%	0,07%
July 2021	0,15%	0,09%	0,08%	0,05%	0,06%
August 2021	0,31%	0,16%	0,22%	0,12%	0,13%

CONCLUSIONS

The incidence of Covid-19 infection is influenced by several factors such as: lockdown, restriction measures, social distancing, use of face masks, environmental temperature and viral load, vaccinations. Prevention measures can be applied to reduce the incidence of Covid-19 infection.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare they have no competing interests that could have influenced the work.

REFERENCES

- [1] Holmes E. Initial genome release of novel coronavirus 2020. <http://virological.org/t/initial-genome-release-of-novel-coronavirus/319>.
- [2] Zhou P, Yang XL, Wang XG, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature* 2020; 579: 270.
- [3] Lu R, Zhao X, et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet* 2020; DOI: 10.1016/S0140-6736 (20) 30251-8.
- [4] <https://www.who.int/en/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants/> (Accessed on June 07, 2021).
- [5] Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-2019). February 16-24, 2020. <http://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf> (Accessed on March 04, 2020).
- [6] Zou L, Ruan F, Huang M, et al. SARS-CoV-2 Viral Load in Upper Respiratory Specimens of Infected Patients. *N Engl J Med* 2020; 382: 1177.
- [7] To KK, Tsang OT, Leung WS, et al. Temporal profiles of viral load in posterior oropharyngeal saliva samples and serum antibody responses during infection by SARS-CoV-2: an observational cohort study. *Lancet Infect Dis* 2020; 20: 565.

- [8] Wölfel R, Corman VM, Guggemos W, et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature* 2020; 581: 465.
- [9] He X, Lau EHY, Wu P, et al. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nat Med* 2020; 26: 672.
- [10] COVID-19 Investigation Team. Clinical and virologic characteristics of the first 12 patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the United States. *Nat Med* 2020; 26: 861.
- [11] Jones TC, Biele G, Mühlemann B, et al. Estimating infectiousness throughout SARS-CoV-2 infection course. *Science* 2021; 373.
- [12] Cevik M, Marcus JL, Buckee C, Smith TC. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Transmission Dynamics Should Inform Policy. *Clin Infect Dis* 2021; 73: S170.
- [13] Fung HF, Martinez L, Alarid-Escudero F, et al. The Household Secondary Attack Rate of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2): A Rapid Review. *Clin Infect Dis* 2021; 73: S138.
- [14] Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM Jr, et al. Household Transmission of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2020; 3: e2031756.
- [15] Wang D, Hu B, Hu C, et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA* 2020; 323: 1061.
- [16] McMichael TM, Clark S, Pogojans S, et al. COVID-19 in a Long-Term Care Facility - King County, Washington, February 27-March 9, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020; 69: 339.
- [17] Ghinai I, Woods S, Ritger KA, et al. Community Transmission of SARS-CoV-2 at Two Family Gatherings - Chicago, Illinois, February-March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020; 69: 446.
- [18] Rothe C, Schunk M, Sothmann P, et al. Transmission of 2019-nCoV Infection from an Asymptomatic Contact in Germany. *N Engl J Med* 2020; 382: 970.
- [19] Yu P, Zhu J, Zhang Z, Han Y. A Familial Cluster of Infection Associated With the 2019 Novel Coronavirus Indicating Possible Person-to-Person Transmission During the Incubation Period. *J Infect Dis* 2020; 221: 1757.
- [20] Bai Y, Yao L, Wei T, et al. Presumed Asymptomatic Carrier Transmission of COVID-19. *JAMA* 2020; 323: 1406.
- [21] Hu Z, Song C, Xu C, et al. Clinical characteristics of 24 asymptomatic infections with COVID-19 screened among close contacts in Nanjing, China. *Sci China Life Sci* 2020; 63: 706.
- [22] Qian G, Yang N, Ma AHY, et al. COVID-19 Transmission Within a Family Cluster by Presymptomatic Carriers in China. *Clin Infect Dis* 2020; 71: 861.
- [23] Böhmer MM, Buchholz U, Corman VM, et al. Investigation of a COVID-19 outbreak in Germany resulting from a single travel-associated primary case: a case series. *Lancet Infect Dis* 2020; 20: 920.
- [24] Wang Y, He Y, Tong J, et al. Caratterizzazione di una coorte asintomatica di individui infetti da coronavirus 2 (SARS-CoV-2) con sindrome respiratoria acuta grave al di fuori di Wuhan, in Cina. *Clin Infect Dis* 2020; 71: 2132.
- [25] Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM Jr, et al. Household Transmission of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2020; 3: e2031756.
- [26] Li F, Li YY, Liu MJ, et al. Household transmission of SARS-CoV-2 and risk factors for susceptibility and infectivity in Wuhan: a retrospective observational study. *Lancet Infect Dis* 2021; 21: 617.
- [27] World Health Organization. Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020. <http://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020> (Accessed on February 12, 2020).
- [28] Perlman S. Another Decade, Another Coronavirus. *N Engl J Med* 2020; 382: 760.
- [29] Case definition for coronavirus disease 2019 (COVID-19), as of 3 December 2020 <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/surveillance/case-definition>
- [30] <https://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/dettaglioNotizieNuovoCoronavirus.jsp?lingua=italiano&id=5117>.
- [31] <https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/articoli/lesperto-risponde/se-il-tampone-e-positivo-perche-dopo-21-giorni-si-e-definiti-guariti>.

Valorisation des margines dans la région de Fes

[Valorization of margines in the region of Fes]

Abdelkhalek Touahar¹ and Amina Stout²

¹Laboratoire de Biodiversité et Ressources Naturelles, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, Kénitra, Morocco

²Laboratoire de Biotechnologie Microbienne, UFR Amélioration et Transformation Microbienne et Végétale, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, BP 133, 14000 Kénitra, Morocco

Copyright © 2022 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: Margine, effluents from olive oil extraction, pose serious pollution problems due to their high concentration of organic matter and Polyphenols, often discharged into river waters and thus represent a significant pollution load, consider as a source of concern for the region. In our study, we were interested in looking for treatment techniques to reduce the harmful effect of vegetable water, and the different areas that can benefit from the recovery of these effluents. The use of the two-phase system or that of improving the three-phase system by installing a pretreatment system (physicochemical and biological) in the oil mills, remain among the most suitable solutions to be applied in our region, the exploitation of our recommendations remains a little limited unfortunately, and this is mainly due to economic constraints.

KEYWORDS: margine, polyphenols, treatment, recovery.

RESUME: Les margines, effluents d'extraction de l'huile d'olive, posent de sérieux problèmes de pollution par leur concentration élevée en matières organiques et en poly phénols, souvent rejetées dans les eaux des fleuves elles représentent ainsi une charge de pollution importante, considérer comme une source d'inquiétude pour la région. Dans notre étude, on s'est intéressé à chercher des techniques de traitement réduire l'effet nuisible des margine, et les différents domaines qui peuvent bénéficier de la valorisation de ces effluents. L'utilisation du système bi phasique ou bien celle de l'amélioration du système tri phasique par l'installation d'un système de prétraitement (physico- chimique et biologique) dans les huileries, restent parmi les solutions les plus convenables à appliquées dans notre région, l'exploitation de nos recommandations reste un peu limitée malheureusement, et ceci est due essentiellement à des contraintes économiques.

MOTS-CLEFS: margine, polyphénols, valorisation.

1 INTRODUCTION

La margine constitue un problème environnemental pour les pays qui produisent de l'huile d'olive dont le Maroc. De nombreuses études ont mis l'accent sur le traitement et la valorisation des margines. Ces derniers sont riches en éléments nutritifs minéraux et organiques [1]. Ce critère a amené les chercheurs à mettre au point de nombreux procédés de valorisation et d'exploitation des margines [2]. Parallèlement aux recherches réalisées sur le traitement des margines, des études de valorisation ont été effectuées. Les margines sont riches en poly phénols qui se caractérisent par leur pouvoir anti- microbien [3-4]. Les composés phénoliques des margines sont très divers et leur structure est très variable. Ils proviennent de l'hydrolyse enzymatique des glucides et des esters de la pulpe d'olive au cours du processus d'extraction. Les chercheurs ont identifié dans le margine dérivés d'acide cinnamique tels que (l'acide caféique), (l- caffeil - glucose), les acides benzoïque, l'acide vanillique, éthanol / 3-3,4 dérivés _dihydroxyphenyl (4 - hydroxytyrosol - poids - glucoside, 4 hydroxytyrosol - di glucoside et oleuropéine) et les flavonoïdes tels que (l'apigénine, flavanone, la lutéoline, lutéoline -7- glucoside) et de la quercétine, l'acide protocatéchique, l'acide vanillique, l'acide p-hydrox benzoïque, le p- hydroxybenzaidehyde, le tyrosol, l'hydroxytyrosol, l'acide hydroxyphényl, syringaldehyde p- cumarique, p- vanilline, l'acide férulique, le 3,4 dihydroxymandélique acide et souletin [5-6].

1.1 MARGINE

1.1.1 DEFINITION

Les margines sont des eaux de végétation qui sont générées lors de l'extraction de l'huile d'olive vierge. Ce sont des effluents riches en matière organique (composés phénoliques, lipides, sucres, protéines...) et en sels minéraux (potassium, Sodium, magnésium...). Ces margines sont souvent épandues de manière incontrôlée sur les sols agricoles ou stockées dans les cuvettes, exposant ainsi les systèmes eau sol- plant à une pollution inéluctable [7].



Fig. 1. Rejet des margines dans un Oued

1.1.2 ORIGINE DES MARGINES

Les margines sont obtenues lors de l'extraction de l'huile d'olive à partir de l'eau contenue dans le fruit, ajoutée au cours du broyage et des étapes de trituration. La qualité et la quantité des margines dépendent de l'opération d'extraction d'huile d'olive. Elles sont aussi influencées par la variété d'olives, la saison de récolte, le taux de maturation des fruits et les conditions climatiques. Les différentes techniques d'extraction d'huile d'olive aboutissent à la formation des margines en quantités variables, allant de 400 à 500 L/tonne d'olives pour les unités traditionnelles et une tonne de margines /tonne d'olives pour les unités modernes [8].

1.1.3 CARACTERISTIQUE PHYSICO- CHIMIQUES ET CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUE

1.1.3.1 LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Les margines sont des liquides résiduels aqueux brun, avec un goût amer. Leur pH est acide (4 - 5,5), elles dégagent une odeur fétide qui se développe au fur et à mesure que les margines vieillissent [9-10].

1.1.3.2 LES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

Stipule que les analyses menées sur les margines (Tab.1) peuvent nous renseigner sur la variabilité des paramètres chimiques [11].

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des margines

Paramètres	Unité	Valeurs moyennes	Référence
PH	Echelle (0-14)	4-5,5	C.O.I. 1990 et Levi-Minzi al.1992
Conductivité	ms/cm	18-50	Levi-Minzi et al.1992
DBO5	g/l	100	Balice et al.1990
DCO	g/l	200	Balice et al.1990

1.1.3.3 CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES

Il existe plusieurs paramètres biologiques intervenir dans la caractérisation des margines tel que la demande chimique en oxygène et la demande biologique en oxygène.

Tableau 2. Caractéristiques biologiques des margines [12]

Paramètres	Valeurs
DCO	100 à 200 kg /m
DBO5	100 kg /m
Poly phénols	1; 2 g/l

1.1.4 COMPOSITION CHIMIQUE DES MARGINES

De nombreuses études sur la composition des margines ont montré qu'elles comportent approximativement 83 à 94 % d'eau, 4 à 16 % de matières organiques et 0,4 à 2,5 % de substances minérales [13-14].

Tableau 3. Composition chimique de la pâte des margines obtenue par le procédé Dalmolive [65]

Composant	Valeurs % de la matière sèche totale
Matière azotée totale	21.6
Matière grasse	4.0
Cellulose brute	13.1
Matière minérale	8.9
Extrait non azotée	52.5
Matière azotée digestible	17.2

1.1.4.1 FRACTION MINÉRALE

Les margines comportent des quantités significatives de sels minéraux (tableau). Une proportion de 80% de ces sels sont solubles (phosphate, sulfates et chlorures) et 20% sont insolubles (carbonates et silicates) [15].

1.1.4.2 FRACTION ORGANIQUE

Les margines comportent deux fractions organiques: la fraction insoluble qui représente les matières en suspension et colloïdales et fraction soluble qui représente les sucres, les lipides, les acides organiques, et les composés phénoliques [16].

1.1.4.2.1 SUCRES

La teneur en glucides varie entre 2 et 8% du poids de la pulpe d'olive fraîche. Les glucides rencontrés contiennent principalement des composés ligno-cellulosique et des pectines qui représentent respectivement 3% et 0,6%. D'autres sucres simples comme le glucose, le saccharose, le mannose, l'arabinose, la raffinose et le xylose sont aussi présents [17-18].

1.1.4.2.2 COMPOSÉS PHÉNOLIQUES

Les composés phénoliques des margines sont très divers et leur structure est très variable. Ils proviennent de l'hydrolyse enzymatique des glucides et des esters de la pulpe d'olive au cours du processus d'extraction.

➤ Les monomères phénoliques

Plusieurs monomères aromatiques ont été identifiés dans les margines par des techniques de chromatographie (HPLC ou CPG). Ils sont représentés essentiellement par des acides et des alcools phénoliques.

✓ Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont les monomères les plus abondants dans les margines, ce qui explique leur acidité. Plusieurs acides phénoliques ont été identifiés dans différents types de margines:

- Acide caféique [19, 20]
- Acide p-coumarique [19,20]
- Acide protocatéchique [19,20]
- Acide vanillique [19,20]

- Acide 4-hydroxyphénylacétique [20]
- Acide syringique [21]
- Acide p-hydrox benzoïque [21]
- Acide vératrique [21]

✓ Alcools phénoliques

Parmi les alcools phénoliques les plus rencontrés dans les margines, nous citons:

- Hydroxyphényléthanol [22].
- dihydroxyphényléthanol [22]
- hydroxyphényléthanol (tyrosol) [19].
- Syringaldéhyde [19].

Ces alcools peuvent être parfois liés à des glucosides comme le 4-di glucoside β (3,4_dihydroxyphenyl) éthanol.

✓ Les polymères phénoliques

Les poly phénols identifiés dans les margines sont essentiellement:

- Les anthocyanes.
- Les tannins: leur structure est très complexe, leur

Concentration peut atteindre 12 g.l^{-1} [23-24]. Ils sont classés conventionnellement en tanins hydrolysables et tanins condensés.

➤ Autres composés phénoliques

D'autres composés phénoliques monomères ont été identifiés [25]:

- Oleuropéine
- L-caféyl- glucose
- Apépine
- Lutéoline

1.2 IMPACTS DES MARGINES SUR L'ENVIRONNEMENT

Selon [26], le rejet des effluents des industries productrices d'huiles d'olive est un problème majeur surtout dans les pays du bassin méditerranéen. Ces eaux fortement polluées causent de sérieux dégâts environnementaux (figure 1).

1.2.1 LA POLLUTION DE L'AIR

Causée généralement par la décomposition de ces effluents. Leur forte teneur en sels, leur forte charge organique et leur acidité saturant les milieux récepteurs et provoquent des dégagements d'odeur désagréable liée à la formation d'hydrogène sulfureux (H_2S), lors du processus de fermentation [27].

1.2.2 LA POLLUTION DES EAUX

Leur très forte charge en matière organique empêche les eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances [28]. Leur teneur en matière grasse provoque la formation d'un film imperméable, empêchant la pénétration de la lumière et de l'oxygène et leur forte acidité provoque l'asphyxie de la faune et la flore marine [29]. Caractères Valeurs DCO g/l 340 Composé phénolique g/l 2,05 Chlorure g/l 11.16 Conductivité ms/cm 24 pH 4,75 Taux des sucres g/l 26,87 DBO5 g/l 1250 Matière sèche g/l 240 Matière minérale g/l 23 Matière volatile g/l 212 Matière en suspension g/l 10 Taux d'humidité % 86 Masse volumique (g/cm^3) 1,05.

1.2.3 LA POLLUTION DU SOL

L'épandage direct des effluents d'huileries d'olive sur les sols provoque un colmatage et une diminution de leur qualité [30]. Les substances toxiques contenues dans ces eaux se fixent dans les sols. Certaines de ces substances telles que les phénols peuvent inhiber l'activité microbienne du sol [31].

1.3 LES TRAITEMENTS DES MARGINES

Jusqu'à nos jours, le traitement des margines constitue un problème complexe vu la qualité et la quantité des substances chimiques qu'elles renferment. En effet, l'application d'un traitement simple s'avère insuffisant et incomplet [32]. Dans cette partie, on va exposer seulement les principales technologies disponibles pour le Traitement et / ou l'épuration des déchets générés dans la production de l'huile d'olive. Toutefois, les procédés de traitement envisageables pour l'élimination de la charge polluante des margines peuvent être classés selon quatre catégories, et peuvent être utilisés seuls ou combinés:

- Procédé thermique,
- Procédé physique,
- Procédé chimique,
- Procédé biologique.

Le choix du système de traitement approprié est lié à plusieurs facteurs locaux, à savoir le système utilisé pour l'extraction d'huile, la possibilité de stockage et le rapport entre la charge Produite par les huileries et la population locale [33].

1.3.1 PROCEDES THERMIQUES

✓ Evaporation naturelle

L'évaporation dépend étroitement de la vitesse du vent, du degré d'ensoleillement et de l'humidité de l'air. Ce procédé consiste à stocker les margines dans des bassins de faible profondeur (0,7 à 1,5 m). Elles sont ensuite séchées pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois selon les conditions climatiques. Cette méthode simple permet d'éviter le rejet des margines dans les égouts et dans les rivières. Mais ce système présente aussi plusieurs inconvénients, tels que:

- Problèmes d'esthétiques et odeurs nauséabondes,
- Faible
- Pellicule lipidique étanche à la surface qui entrave la pénétration de la lumière et limite l'évaporation naturelle.

✓ Evaporation forcée

Pour pallier les problèmes de l'évaporation naturelle, formation d'une croûte, des panneaux évaporateurs dans les bassins de stockage des margines ont été introduits. Ainsi, elles sont pompées puis projetées par des asperseurs sur les panneaux juxtaposés, ayant une importante surface d'échange d'air. Cette installation permet de faciliter l'évaporation de la phase aqueuse des margines de 100 à 300 m²/m³ du bassin. Parmi les inconvénients de cette méthode; le dégagement de mauvaises odeurs et l'importance du coût d'énergie dépensée.

1.3.2 PROCEDES PHYSIQUES

✓ Procédé des membranes

Les procédés à membranes comme l'ultrafiltration et l'osmose inverse, s'emploient souvent dans le traitement de certains courants liquides résiduels, ceci permettant d'éliminer les polluants de l'eau en générant un courant liquide et un courant concentré.

✓ Procédé de bio-filtration

Ces procédés s'emploient fréquemment pour éliminer les solides des eaux résiduelles. Les solides contenus dans l'eau sont retenus en formant un tourteau qui augmente la résistance au passage du déchet, augmentant en même temps l'efficacité de la filtration et aussi le coût opérationnel. Dans les filtres conventionnels, les composés dissous passent avec le déchet aqueux et restent à l'état brut. Cependant, les procédés de bio-filtration sont une exception, dans ce cas le filtre, le filtre sert en plus de nutriment pour les bactéries, donnant lieu à un procédé de dégradation biologique des substances organiques dissoutes. Les installations de bio-filtration éliminent 100% les solides et entre 70-80% des composés organiques dissous.

Avantages :

- Rétention des solides.
- Elimination d'une grande partie des composés organiques dissous.

Inconvénients:

- Engorgement du filtre et le pouvoir polluant élevé du concentrât (tourteau) résultant.
- Coût d'investissement trop élevé.

Une variation ou alternative à la bio-filtration est l'adsorption.

1.3.2.1 L'ADSORPTION

L'adsorption consiste la concentration du polluant organique dans un support solide avec une grande superficie spécifique, généralement du charbon actif (500—1500 m²/g). Dans le traitement des margines, le principal objectif de l'adsorption est celui de biodégrader les composés organiques ayant des effets bactéricides, inhibiteurs ou colorants (tanins -phénols).

1.3.3 PROCÉDES CHIMIQUES

✓ Oxydation humide

On procède à l'oxydation des substances organiques en phase liquide, en se servant de l'oxygène ou d'un autre oxydant chimique tel que (ozone ou peroxyde d'oxygène). Le procédé se fait à hautes pressions (10 à 220 Bars) et à des températures relativement élevées (120 à 330°C), le procédé d'oxydation fournit du CO₂ et H₂O; mais ce procédé nécessite aussi un traitement aérobie. Malgré son efficacité, ce traitement n'a pu être réalisé à l'échelle industrielle son coût d'investissement reste trop élevé.

✓ Coagulation – floculation

Le principe de la technique de la coagulation-floculation est basé sur la déstabilisation des particules en suspension par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques afin de favoriser leur agglomération et de permettre leur décantation. Les particules en suspension les plus difficiles à éliminer dans les eaux à traiter sont celles qui possèdent une très petite taille (particules colloïdales causant la turbidité) et celles qui sont dissoutes (matières organiques causant la coloration). Ces colloïdes portent habituellement une charge électrique négative qui empêche les particules de s'agglomérer les unes aux autres pour former des particules plus volumineuses (flocs) et faciliter leur élimination par sédimentation et filtration.

Le but de la coagulation est de neutraliser les charges de ces particules afin de favoriser la formation d'un agglomérat. Pour ce faire, on introduit habituellement dans l'eau à traiter un produit chimique nommé « coagulant », le plus souvent des sels d'aluminium ou de fer.

1.3.4 PROCÉDES BIOLOGIQUES

Ils sont basés sur la croissance des microorganismes aux dépens des matières organique (Matières en suspension et matières dissoutes), biodégradables, qui constituent, pour eux, des Aliments. La dégradation biologique à l'opposé des autres procédés est considérée comme une méthode plus saine, efficace et moins coûteuse pour la réduction des polluants.

✓ Traitement aérobie des margines

Plusieurs études ont été réalisées sur le traitement aérobie des margines, par des cultures pures de micro-organismes tels que *Aspergillus Niger*, *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, *Aspergillus terreurs*, *Phanerochaete chrysosporium* et *Pleurotus ostreatus* [34].

D'autres travaux ont prouvé l'efficacité du traitement aérobie par des cultures mixtes. Une Dégradation considérable de deux composés phénoliques les plus représentatifs dans les margines (tyrosol et l'acide caféique) a été obtenue en utilisant les micro-organismes isolés des margines [35].

Ainsi d'autres chercheurs ont étudié le prétraitement des margines par *Aspergillus Niger* afin de réduire leur effet inhibiteur vis-à-vis des bactéries méthanogènes. Des taux d'abattement de 60% et de 58% pour la DCO et les composés phénoliques ont été enregistrés respectivement. Les margines prétraitées ont subi ensuite une digestion anaérobie [36-43]. Alors que des souches de *Penicillium sp.* isolé à partir des margines capables de dégrader les polyphénols et de produire la biomasse à partir des margines brutes (DCO: 120 g d'O₂.l⁻¹).

Les résultats enregistrent un taux de réduction de la DCO qui se situe entre 61,82% et 74,75%. Au Maroc, le traitement aérobie des margines à pH neutre par les micro-organismes du sol a permis d'éliminer 70% des composés phénoliques et de réduire 63% de la DCO initiale [38]. D'autres travaux ont prouvé l'efficacité du traitement aérobie des margines par *Phanerochaete chrysosporium*. Les résultats

de cette étude ont révélé des taux d'abattement de la DCO et des polyphénols de l'ordre de 73% et 83% respectivement après 12 jours d'incubation pour une DCO initiale de 50 g d'O₂.l⁻¹. Une élimination de la DCO de l'ordre de 55%, 52,5% et 62,8% a été obtenue avec des margines traitées en aérobiose par *Geotrichum* sp, *Aspergillus* sp. Et *Candida tropicalis* respectivement [39]. L'inconvénient majeur du traitement aérobique est la consommation excessive d'oxygène. En général, le traitement des margines par l'application seule des procédés biologiques a donné des résultats insuffisants [40]. Ceci est dû en grande partie à la présence de fortes charges organiques polluantes représentées particulièrement par les composés phénoliques.

✓ **Traitement anaérobie des margines**

La fermentation anaérobie peut être utilisée comme un moyen de traitement et d'exploitation des margines [41]. En effet, la digestion anaérobie des margines offre des avantages significatifs en matière de réduction de la consommation d'énergie et de la production de boues. De plus, elle a révélé des performances élevées en comparaison avec le traitement anaérobie d'autres rejets industriels agroalimentaires. Parmi les avantages de ce type de traitement:

- Les bactéries anaérobies ont la capacité de transformer en méthane la plupart des substances organiques présentes, la demande de nutriments est faible,
- Les mauvaises odeurs ne sont pas émises.

Le traitement anaérobie des margines comprend plusieurs procédés tels que les digesteurs contact anaérobies, le lit de boues à flux ascendant (Up flow Anaérobie Sludge Blanked UASB) et les lit de boues à filtre anaérobie.

1.3.5 PROCÉDES COMBINÉS

Les margines ne peuvent être traitées par un simple procédé biologique, physique ou chimique. Une série de traitements s'avère nécessaire pour réduire la forte concentration en composés phénolique.

✓ **Traitement des margines par électrocoagulation et méthanisation**

Pour répondre aux besoins des industries productrices d'huiles d'olives des pays méditerranéens, un procédé de traitement des margines par électrocoagulation et bio méthanisation a été développé, le couplage de ces deux procédés représente une solution adaptée au problème de l'élimination des margines: la bio-méthanisation permet la transformation de la matière organique en substances chimiques diverses en condition

D'anaérobiose et sous l'action de bactéries présentes dans le milieu. Ce procédé permet la formation de biogaz, seulement l'action des bactéries, est dans le cas des margines fortement ralentie par la présence de poly phénols contenus dans les margines, substances toxiques contenus dans ces eaux, un prétraitement est donc nécessaire et se fait par électrocoagulation.

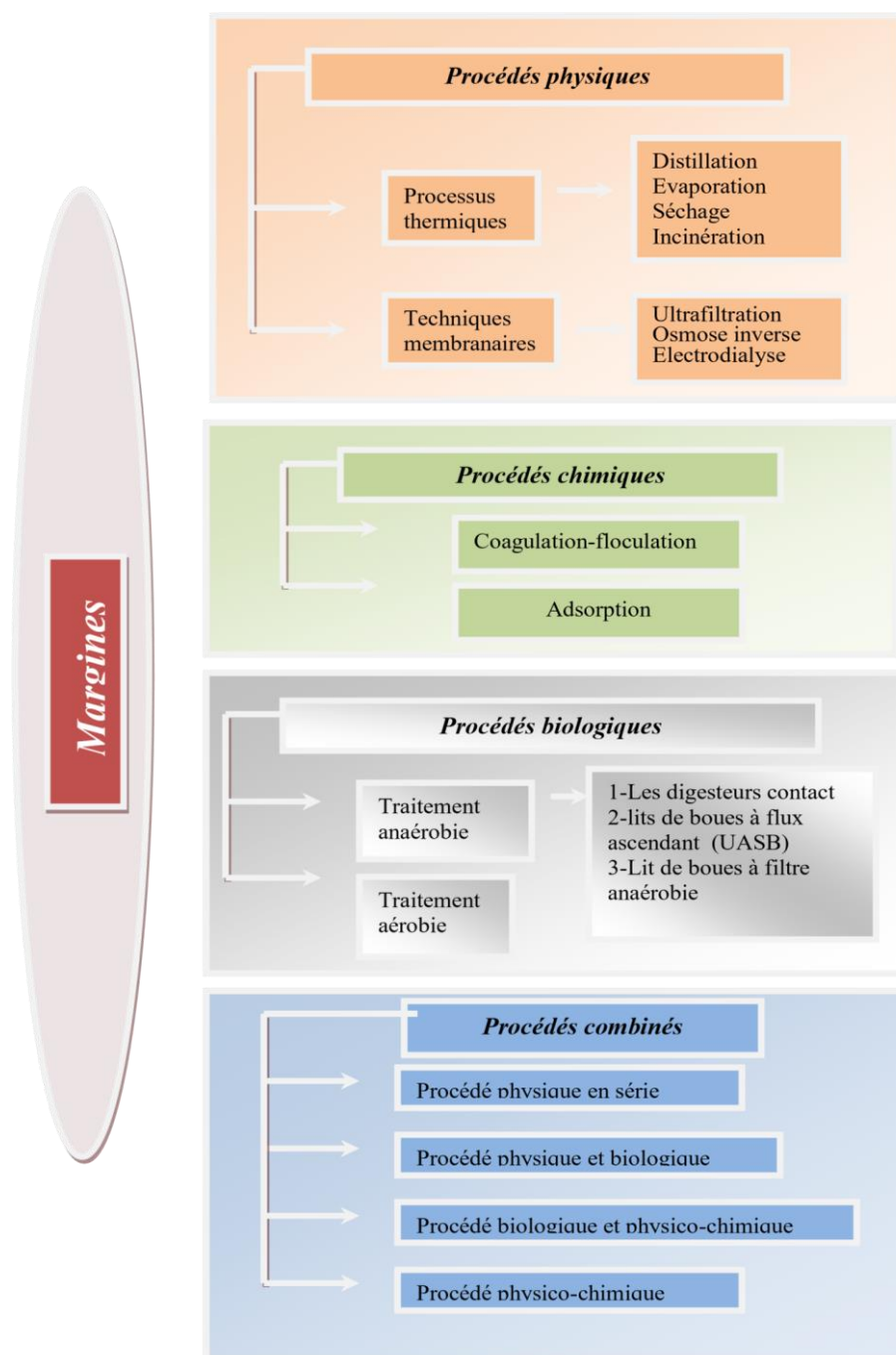


Fig. 2. Les principales voies de traitement des margines

1.4 LA VALORISATION DES MARGINES

Parallèlement aux recherches réalisées sur le traitement des margines, des études de valorisation ont été effectuées. Les margines sont riches en éléments nutritifs minéraux et organiques. Ce critère a amené les chercheurs à mettre au point de nombreux procédés de valorisation et d'exploitation des margines aussi bien à l'échelle de laboratoire qu'à l'échelle pilote [42]. Cette valorisation a pour objectif l'élimination des composés phénoliques d'une part et l'utilisation des margines dans les domaines de la biotechnologie, de la chimie et de l'agriculture d'autre part.

1.4.1 PRODUCTION DE BIOGAZ

L'application du processus de la digestion anaérobie aux margines permet de transformer environ 80% des substances organiques en biogaz (65 à 70% de méthane). Ainsi, la fermentation méthanique permet la dépollution des margines tout en produisant de l'énergie [42].

1.4.2 COMPOSTAGE DES MARGINES

Les margines peuvent être utilisées pour obtenir un compost fertilisant pour les sols [43]. Le compostage des margines a été réalisé traditionnellement en Espagne dans des bassins d'évaporation [44, 45]. La technique consiste à ajouter aux margines toutes sortes de résidus secs, agricoles ou forestiers, et le mélange subit une fermentation aérobie anaérobie. Ensuite, un séchage partiel et un conditionnement sous forme de pellette sont effectués. Le produit ainsi obtenu est utilisé comme engrais. L'avantage du compost formé à partir des margines est l'absence des micro-organismes pathogènes avec des concentrations élevée phosphore et en potassium contrairement aux résidus solides urbains [46]. Ont mis en oeuvre un procédé permettant la biotransformation des margines en engrais. Les margines sont mélangées avec la paille de blé, et compostées sous aération forcée.



Fig. 3. Le compostage des margines

1.4.3 PRODUCTION DES PROTEINES D'ORGANISMES UNICELLULAIRES (POU)

L'obtention des protéines unicellulaire constitue une des solutions optimales pour la valorisation de l'effluente huilerie d'olive. La plupart des procédés appliqués sont basés sur l'utilisation des levures capables de transformer les substances organiques en biomasse à haut contenu en protéines et vitamines de grande valeur pour l'alimentation animale et même humaine [47].

1.4.4 PRODUCTION D'ENZYMES

Les effluents huileries d'olive peuvent être utilisés comme milieu pour la production d'enzymes en utilisant des microorganismes. Cultivées sur les effluents huileries d'olive, *Cryptococcus albidus* permet une production de 13 UI/ml de pectinases en 48 heures. Cette production peut être améliorée à 29.6 UI/ml en éliminant les phénols par floculation clarification [48]. La réutilisation de ces enzymes pectinolytiques dans le processus mécanique d'extraction d'huile d'olive permet d'augmenter le rendement en huile [49].

1.4.5 EPANDAGE

La valorisation des margines par épandage a été largement étudiée par plusieurs auteurs [50, 51, 52, 53]. Les margines peuvent être utilisées dans l'irrigation en raison de leur richesse en eau et en minéraux nutritifs. Un mètre cube de margines apporte 3,5 à 11 kg de K₂O; 0,6 à 2 kg de P₂O₅ et 0,15 à 0,5 kg de MgO par hectare de terrain irrigué. Cependant, 12 cette technique présente certains inconvénients: Problèmes du stockage vu que la période oléicole coïncide avec la période, pluviale, Colmatage du sol [51], L'acidité et la salinité élevées peuvent provoquer des brûlures sur les plantes [54], Contamination des eaux souterraines [55,51], Inhibition de la germination due à l'effet phytotoxique exercé par les composés phénoliques sur les plantes [50,51], Modification de la composition de la flore du sol [55], Modification des caractéristiques physico-chimiques du sol [56, 57] et Coût élevé de transfert des margines des huileries vers les terres agricoles. Quoique le potassium et le phosphore contenus dans les margines puissent remplacer ceux des engrais chimiques, l'acidité, la forte salinité et la haute conductivité, ainsi que le contenu en composés phénoliques sont à l'origine d'une limitation de toute utilisation efficace des margines comme fertilisant. Pour résoudre partiellement ce problème, [58] ont développé une méthode automatique pour la détermination et la récupération des anions inorganiques totaux présents dans les margines après 10 minutes. Cette technique repose sur l'utilisation de la dialyse couplée à la chromatographie d'échange ionique sans l'addition de réactifs qui risquent d'infecter les quantités d'anions solubles.



Fig. 4. *L'épandage des margines*

1.4.6 PRODUCTION D'ANTIOXYDANTS NATURELS

Huile d'olive est classée parmi les huiles végétales les plus résistantes à l'autoxydation. Cette stabilité oxydative est fortement liée à la teneur en composés phénoliques totaux. Cette résistance à l'oxydation des huiles vierges diminue assez rapidement quand on élimine les poly phénols par extraction au méthanol [59].

Des chercheurs ont proposé d'extraire les composés phénoliques de l'effluente huilerie d'olive pour les valoriser en tant qu'antioxydants naturels. Parmi les composés les plus utilisés on peut citer l'acide caféique, le tyrosol et l'acide 4-hydrox benzoïque. Ces derniers sont des précurseurs très utilisés dans l'industrie agro-alimentaire et pharmaceutique [60].

1.4.7 UTILISATION EN ALIMENTATION ANIMALE

Les margines ont été utilisées directement comme aliment pour le bétail [61]. Cependant, cette pratique reste à risque, en raison des taux élevés en sodium et en composés phénoliques pouvant engendrer un effet antitryptique. De même, elles ont été fournies aux volailles à la place de Léau potable [62]. Cette expérience a montré qu'il y avait un léger abaissement du taux de mortalité de ces animaux.

L'apport des margines déshydratées a provoqué des diarrhées chez les ruminants [63, 64]. Le procédé Dalmolive décrit par [65] semble remédier au problème. Il consiste à mélanger 50 kg de margines avec 20 kg de grignons et 12,6 kg de divers résidus et sous produits agricoles pour réduire l'effet inhibiteur des composés phénoliques. Ceci produit 29 kg d'aliments en pellettes dont la composition est indiquée dans le tableau 3.

2 MATERIEL ET METHODE

MÉTHODE ET MATÉRIEL

Dans ce chapitre, nous avons décrit le matériel et les Méthodes généraux utilisés lors des protocoles expérimentaux.

ECHANTILLONNAGES

Les margines qui ont servi lors étude sont prélevées d'une unité de trituration d'olives de la région Hamria à Fès.

2.1 ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DES MARGINES

La caractérisation physico-chimique a été basée sur l'étude des paramètres suivants: la conductivité, les composés phénoliques, le pH, la turbidité, et la salinité. Cette caractérisation concernant le margine brute et le margine dilué 1/10.

2.1.1 PH

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre type (HANNA instruments modèle 210).

2.1.2 LES COMPOSES PHÉNOLIQUES

Ces composés contenus dans les margines sont déterminés par spectrophotométrie selon la méthode [66].

2.1.3 CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE, ET LA SALINITÉ

La conductivité, la salinité et TDS sont mesurés à l'aide d'un conductimètre de type inoLabLevel 1. La Conductivité est. Exprimée en ms/cm.

2.1.4 LA TURBIDITÉ

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre de type AQUA LYTIC modèle AL250T- IR, elle est exprimée en NTU.

2.1.5 L'INTENSITÉ DE LA COULEUR

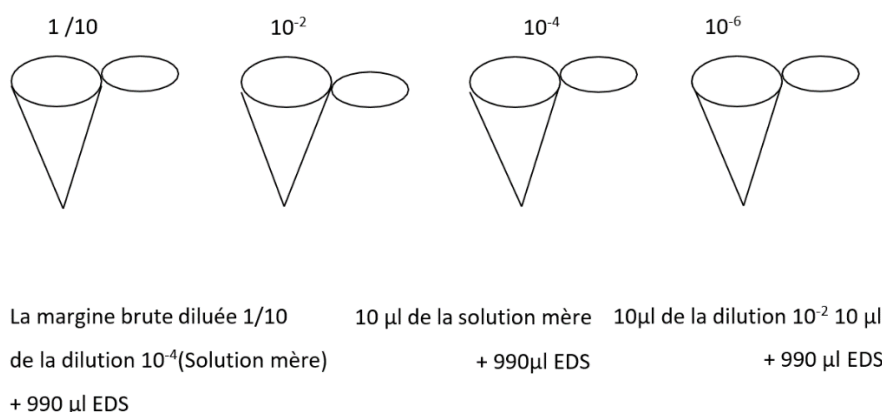
L'intensité de la couleur a été déterminée par la mesure de l'absorbance à l'intervalle [430-710nm] (spectrophotomètre visible (JENWAY modèle 6051)).

2.2 ETUDE MICROBIOLOGIQUE DES MARGINES

Les analyses microbiologiques des margines sont réalisées à travers le dénombrement des bactéries, des levures et des champignons.

2.2.1 DÉNOMBREMENT

L'analyse microbiologique des échantillons a été réalisée dès réception au laboratoire, afin d'éviter toute contamination. Après homogénéisation des margines, une série de dilutions dans de l'eau distillée stérile est réalisée. Un volume de 0,1 ml de chaque dilution appropriée est étalé sur des boîtes de Pétri contenant le milieu gélosé de choix.



✓ Les bactéries

Le milieu de culture utilisé est le milieu LB, l'incubation des boîtes étalées est effectuée à 37°C pendant 24 heures.

✓ Champignons

Le milieu EM est le milieu de culture est utilisé, l'incubation des boîtes ensemencées est réalisée à 30°C pendant 3 à 7 jours

✓ Levures

Le milieu YPG est choisi pour cette culture, ajouté le Kanamycine sulfate (25 µg.ml⁻¹) Comme antibiotiques afin d'inhiber la croissance bactérienne. L'incubation est faite à 30°C pendant 48 à 72 heures.

2.3 L'ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE DES MARGINES

2.3.1 PRÉPARATION DES MARGINES

Les margines ont subi une filtration pour éliminer les matières solides flottantes puis ces effluents ont été concentrées par évaporation à 103°C.

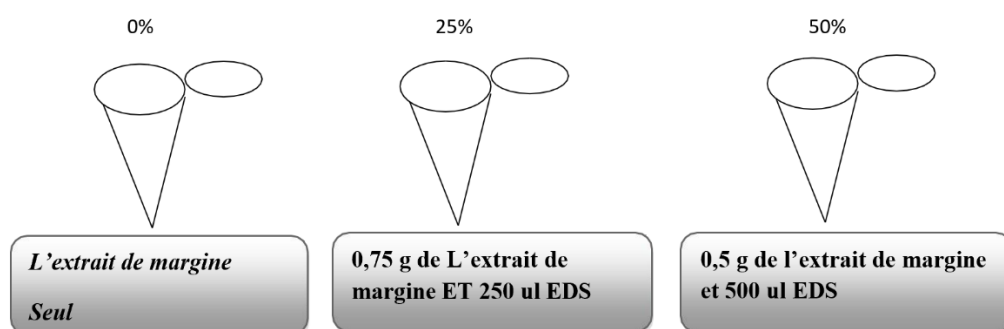
✓ Les souches testées

On a ciblé six microorganismes (originaire de Laboratoire de Biotechnologie Microbienne) pour les tests de l'activité antimicrobienne.

- Escherichia coli
- Salmonella
- Pseudomonas aeruginosa
- Staphylococcus aureus
- Bacillus cereus
- Bacillus subtilis

✓ Les dilutions réalisées des margines visqueuses

En vue de tester les activités antibactériennes des margines de travailler sur trois dilutions différentes.



✓ Activité antimicrobienne par la méthode de diffusion sur disque

L'activité antimicrobienne a été réalisée en utilisant la méthode de diffusion sur les milieux gélose de LB pour les bactéries. Ainsi, les milieux LB sont uniformément ensemencés à l'aide d'un écouvillon stérile par une suspension en saline (Na Cl 0,9%) de la souche à étudier, préalablement ajustée à l'aide de l'étalon 0,5 Mc Ferland a une turbidité environ de 10^8 bactéries/ ml. Des disques en papier absorbant de Whatman de 6 mm de diamètre sont stérilisés à l'autoclave (121°C pendant 20 minutes). Ils sont imbibés par les margines à tester (introduits dans les flacons contenant les margines évaporés de différent concentration). Les disques ainsi préparés sont déposés sur les milieux de LB. Après 24 h d'incubation à 37°C.

2.4 PRÉPARATION DES EXTRAITS PHÉNOLIQUES

2.4.1 MÉTHODE D'EXTRACTION DES POLY PHÉNOLS À PARTIR DES MARGINES BRUTE

L'extraction des composés phénoliques à partir des margines brutes est une extraction de type liquide-liquide qui repose sur le principe de solubilité dans les solvants organiques. Le choix du solvant dépend de la nature des composés à extraire, de leur solubilité dans le solvant et de la nature du matériel végétal.

2.4.2 EXTRACTION DES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES À L'ACÉTATE D'ÉTHYLE

Les composés phénoliques contenus dans les margines sont extraits selon la méthode [67]. Les margines doivent, au préalable, subir un prétraitement par l'hexane pour éliminer les lipides. Il s'agit d'une extraction liquide-liquide à l'acétate d'éthyle celui-ci souvent utilisé pour ce type d'extraction [68].

2.4.3 EXTRACTION À L'ACÉTATE D'ÉTHYLE

L'acétate d'éthyle est additionné aux margines délipidées (V/V). L'ensemble est homogénéisé, après une centrifugation à 5000 ppm/12min, le mélange est complètement séparé en deux phases: l'acétate d'éthyle riche en poly phénols en surnageant et les margines en culot. La phase organique riche en composés phénoliques subit une évaporation sous vide dans un évaporateur rotatif à 75°C. Ces extraits phénoliques obtenus ont servi aux tests d'activité antibactérienne vis-à-vis des six souches choisies.

2.5 TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE

2.5.1 LA MÉTHODE COAGULATION-FLOCULATION

2.5.1.1 PRINCIPE DE LA MÉTHODE DE JAR TEST

La méthode Jar-test repose sur le phénomène de coagulation floculation: une série de 4 béchers agités de la même façon. Cette série comportant les mêmes échantillons des margines est soumise à des doses croissantes du coagulant afin de déterminer la dose optimale. Les résultats sont appréciés visuellement ou par la mesure de la turbidité. Ce processus comprend trois phases:

- **Agitation rapide:** le coagulant est introduit dans l'échantillon répandu rapidement et uniformément.
- **Coagulation:** Le but de la coagulation est de neutraliser les charges de ces particules afin de favoriser la formation d'un agglomérat.
- **Floculation:** correspond par définition à la formation des floes qui sont des agrégats particulaires. C'est la deuxième étape de la formation des particules décan tables à partir des colloïdes déstabilisés. Ceci est du à une agitation lente, qui transforme les particules en flocons de plus grande taille pour permettre la séparation par décantation.

2.5.1.2 CONDITIONS D'ESSAIS

Tous les essais ont été effectués en pratiquant, successivement, une agitation rapide (200tr/min) pendant 10 minutes, une agitation lente (45tr/min) pendant 30 minutes et enfin une décantation pendant 3 heures. Les paramètres suivis dans le surnageant recueilli après la décantation sont tel que le pH, la turbidité, la conductivité, le volume des boues décantées et la coloration du surnageant.

2.5.1.2.1 REACTIF

- Margine.
- La solution de HCL pour baisser le pH ou la solution de Na OH (2N) pour l'augmenter.
- Sulfate d'Alumine A12 (SO4) 3.
- Chlorure ferrique FeCl3.

2.5.1.2.2 APPAREILLAGE

- Jar-test.
- pH mètre.
- Conductimètre.
- Turbidimètre.
- Spectrophotomètre.

2.5.1.3 TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

Dans une série de 4 béchers introduit 40 ml de margine brute ajustée avec 400 ml d'eau, puis le pH est ajusté selon le coagulant utilisé. En suite exploité des doses croissantes du coagulant. Le mélange est laissé sous agitation rapide durant 10 minutes puis sous-agitation lente pendant 30 minutes. L'agitation est enfin arrêtée et la solution est transvasée dans éprouvette graduée. Le mélange est laissé pendant 3 heures pour une décantation. Alors prélevé un volume du surnageant pour mesurer la turbidité. La turbidité des eaux usées étudiées renseigne en fait sur l'efficacité du traitement par chaque dose de coagulant. Mesurer d'une part le pH, la conductivité, les volumes des boues décantées du surnageant pour les différentes concentrations et d'une autre part on a suivi visuellement la coloration du surnageant de chaque concentration. Et enfin réalise aussi le dosage des composés phénoliques présents dans le surnageant après traitement physicochimique.



Fig. 5. Appareillage de jar-test

2.6 LA BIO TRAITEMENT

Deux espèces de levures *Candida albicans* et *Candida tropicalis* et une espèce de champignon *Aspergillus Niger* sont sélectionnées pour le traitement des margines.

2.6.1 MODE OPÉRATOIRE

Des volumes de 20 ml de différent type de margines (le margine brute, diluée et les différent margine traitée) par coagulation-floculation sont mis dans des Erlenmeyers de 250 ml. Ces Erlenmeyers sont stérilisés par autoclavage à une température de 120°C pendant 20 minutes. Ensuite ajout d'un 1ml de la souche en suspension. Après incubation à 30°C sous agitation pendant 48 heures, un échantillon de 5 ml est prélevé et centrifugé. Le surnageant est utilisé pour doser les composés phénoliques.

2.6.2 DOSAGE DES COMPOSÉS PHÉNOLIQUE PAR COLORIMÉTRIE

Les composés phénoliques sont déterminés par la méthode spectrophotométrique [66]. Elle est basée sur la réduction d'un mélange d'acide phosphotungstique (Réactif de Folin-Dennis).

Les mono phénols et les poly phénols réduisent ce réactif à un mélange bleu d'oxyde de tungstène et de molybdène. La coloration produite présente un maximum d'absorption à 765 nm. Les résultats sont exprimés en équivalent de gramme d'acide gallique par litre d'échantillon utilisé dans la gamme étalon.

A 1 ml de l'extrait dilué (1ml de l'extrait phénolique +4ml eau distillée), sont ajoutés 500 ul d'eau distillée, 500 ul de la solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) puis 500 ul du réactif Folin- Ciocalteu. Après 30 min d'incubation à 40°C et à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 765 nm au spectrophotomètre contre un blanc sans extrait. La quantification des composés phénoliques a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire de la forme $y = ax$ réalisée en utilisant l'acide gallique comme référence. Les résultats seront donc exprimés en équivalents d'acide gallique.

2.7 TEST D'ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE APRÈS LE TRAITEMENT PAR COAGULATION-FLOCULATION ET BIOLOGIQUE

2.7.1 TEST D'ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE APRÈS LE TRAITEMENT PAR COAGULATION- FLOCULATION

Les margine traitées par la dose optimale de FeCl_3 et de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Elles ont été concentrées par l'évaporation à 103°C, pour éliminer l'eau puis L'activité antimicrobienne est réalisée en utilisant la méthode de diffusion sur disque.

2.7.2 TEST D'ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE APRÈS LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE

Les échantillons traités par la dose optimale de FeCl_3 et d' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ont ensuite subi un traitement biologique. De la même façon, ces échantillons ont été concentrés par l'évaporation 103°C, puis L'activité antimicrobienne de ces margines est étudiée.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUE DES MARGINES

Les margines présentent un rejet fortement pollué sous forme de liquide résiduel dont la composition est variable. Cette variabilité dépend du type d'olives (l'espèce picholine marocaine est le plus dominante au Maroc), du degré de leur maturation (selon la période de collecte), des systèmes de culture, de la pratique de salage pour la conservation des olives, des conditions climatiques et du procédé utilisé pour l'extraction d'huile d'olive [69]. Les margines se caractérisent aussi par une odeur nauséabonde qui s'accroît au fur et à mesure de leur stockage. Dès le premier aperçu des margines, constaté qu'ils représentent une coloration brune à brune-rougeâtre, qui devient de plus en plus sombre au cours de leur stockage, avec un aspect trouble et une odeur forte qui rappelle celle d'huile d'olive. Analyse est répétée deux fois.

3.1.1 LE PH

La mesure du pH effectuée donne une valeur de l'ordre de 4,5. Les margines sont donc des effluents acides, en raison de la présence des acides organiques (acides phénoliques, acides gras...). La valeur enregistrée dans notre étude se trouve dans la limite inférieure de la fourchette citée dans la littérature (4,5 à 6). Cette variation dépend des facteurs mentionnés ci-dessus.

3.1.2 LA CONDUCTIVITE ÉLECTRIQUE ET LA SALINITE

Les margines étudiées ont une conductivité électrique trop élevée de l'ordre de 7 mS.cm⁻¹ et une salinité de 4,7. Ces valeurs reflètent la teneur élevée en sels présents dans ces effluents. En effet, en plus de la richesse naturelle en sels minéraux, les olives sont conservées au niveau des usines dans le sel commercial, ce qui confère aux margines une forte conductivité électrique.

3.1.3 LES COMPOSES PHENOLIQUES

Ces rejets sont aussi caractérisés par la prédominance de substances toxiques notamment les composés phénoliques (4,3 g/l) qui leur confèrent un pouvoir antimicrobien. Cette concentration élevée pourrait limiter toute biodégradation naturelle, et par conséquent pourrait entraîner une perturbation profonde de tout écosystème.

3.1.4 LA TURBIDITE

Ces margines présentent une turbidité de l'ordre de 667 NTU en raison des teneurs élevées en matières en suspension et en substances organiques.

Après l'opération de dilution (1/10), les caractéristiques des margines montrent une faible augmentation du pH (4,9), une diminution de la turbidité (100 NTU), de la conductivité (2,02mS/cm à 23,3°C) de la salinité (0,9) et des composés phénoliques (0,55g/l).

3.1.5 L'INTENSITE DE LA COULEUR

Un suivi par spectrophotométrie a été réalisé sur l'effluent dans la zone du visible (depuis la longueur d'onde 430 nm jusqu'à 710 nm). Ceci en vue de mesurer les absorbances correspondantes. La figure 6 représente la variation de l'absorbance en fonction de la longueur d'onde.

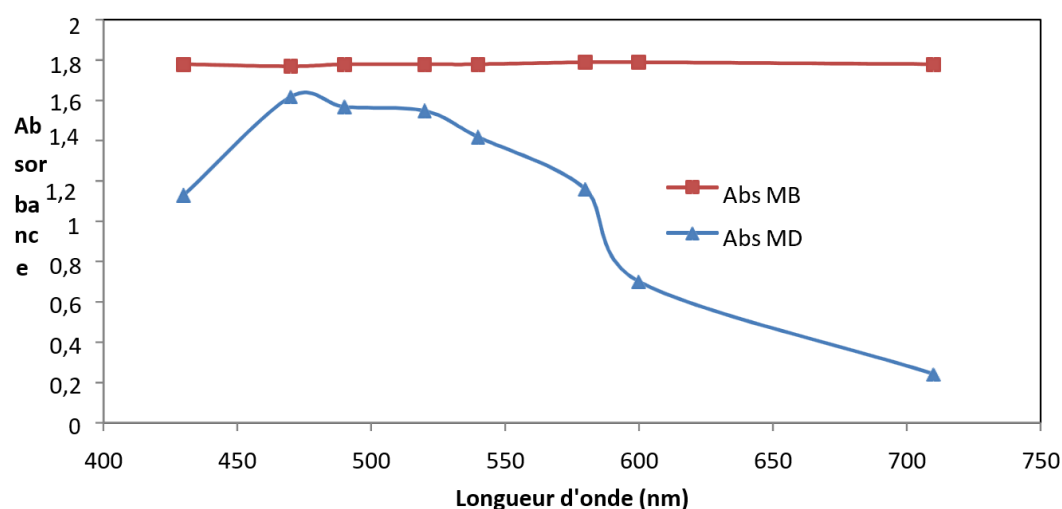


Fig. 6. Evolution de l'absorbance en fonction de la longueur d'onde

On remarque que les margines brutes présentent de fortes absorbances pour toute la gamme du visible (de 430 à 710 nm). Cependant les margines diluées montrent une diminution des absorbances notamment à partir de $\lambda = 520$ nm.

3.2 CARACTERISATION MICROBIOLOGIQUE

Dans cette étude ce fait dénombrement des microorganismes des margines pour établir l'effet des composés phénoliques sur la biomasse microbienne de ces effluents et aussi pour une mise en évidence des microorganismes capables de survivre dans ces conditions.

3.2.1 DENOMBREMENT DES MICRO-ORGANISMES

Les résultats du dénombrement des germes présentés dans le tableau 6. Ceci montrent que les levures et les champignons qui sont respectivement de l'ordre de $4 \cdot 10^6$ UFC.ml⁻¹ et $6 \cdot 10^6$ UFC.ml⁻¹ représentent la flore majoritaire de cet effluent. Ces données sont en accord avec les résultats obtenus par d'autres auteurs qui ont montré que dans les margines, les champignons et les levures sont capables de se développer plus que les bactéries [70]. Ceci serait lié aux caractéristiques physico-chimiques des margines qui inhibent la croissance bactérienne notamment la présence des substances antimicrobiennes (composés phénoliques, tanins, acides gras).

Tableau 4. Caractérisation microbiologique des margines étudiées

Flore microbienne	UFC/ml
Les champignons	$6 \cdot 10^6$
Les levures	$4 \cdot 10^6$
Les bactéries	0

D'après cette étude microbiologique nous avons conclu que les margines étudiées renferment une charge microbienne importante. L'étude physico-chimique effectuée sur ces margines a montré qu'elles sont caractérisées par une forte pollution organique. L'activité et la croissance des micro-organismes seraient probablement influencées par la forte concentration des composés phénoliques.

3.3 L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES COMPOSES PHENOLIQUES EXTRAITS DES MARGINES

3.3.1 L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE

La méthode de diffusion sur disques nous a permis de mettre en évidence l'activité antibactérienne des margines sur des bactéries pathogènes (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *Salmonella*, *S. aureus*, *B. cereus*, *B. Subtilis*). Les résultats de cette l'activité se manifestent différemment sur les six bactéries testées montrant ainsi différents diamètres des zones d'inhibitions (entre 9 et 16 mm), (Tableau 4). Constaté que cet effet antibactérien est plus important sur les bactéries gram positives (auréole de 11 à 16 mm).

Tableau 5. Diamètres des zones d'inhibitions des margines en mm

Bactéries	Bacillus cereus	Staphylococcus aureus	Bacillus Subtilis	Pseudomonas aeruginosa	Salmonella	E. coli
0%	17	16	13	12	10	12
25%	15	15	11	10	9	10
50%	12	14	10	10	9	11

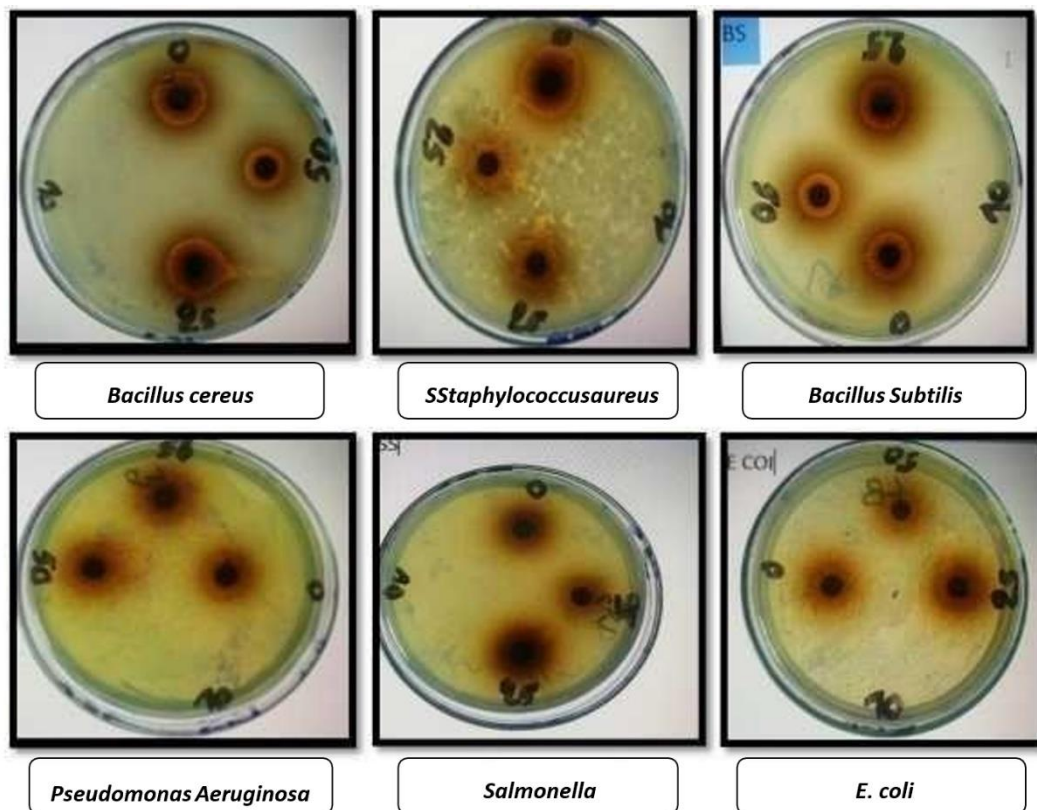


Fig. 7. Activité antibactérienne des margines vis-à-vis des bactéries testées

3.3.2 L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES COMPOSES PHENOLIQUES EXTRAITS DES MARGINES

Les composés phénoliques des margines serait le principal facteur du pouvoir antibactérien. Pour confirmer cette déduction nous avons testé l'effet des composés phénolique (extraits des margines) sur la multiplication des bactéries testées (figure7).

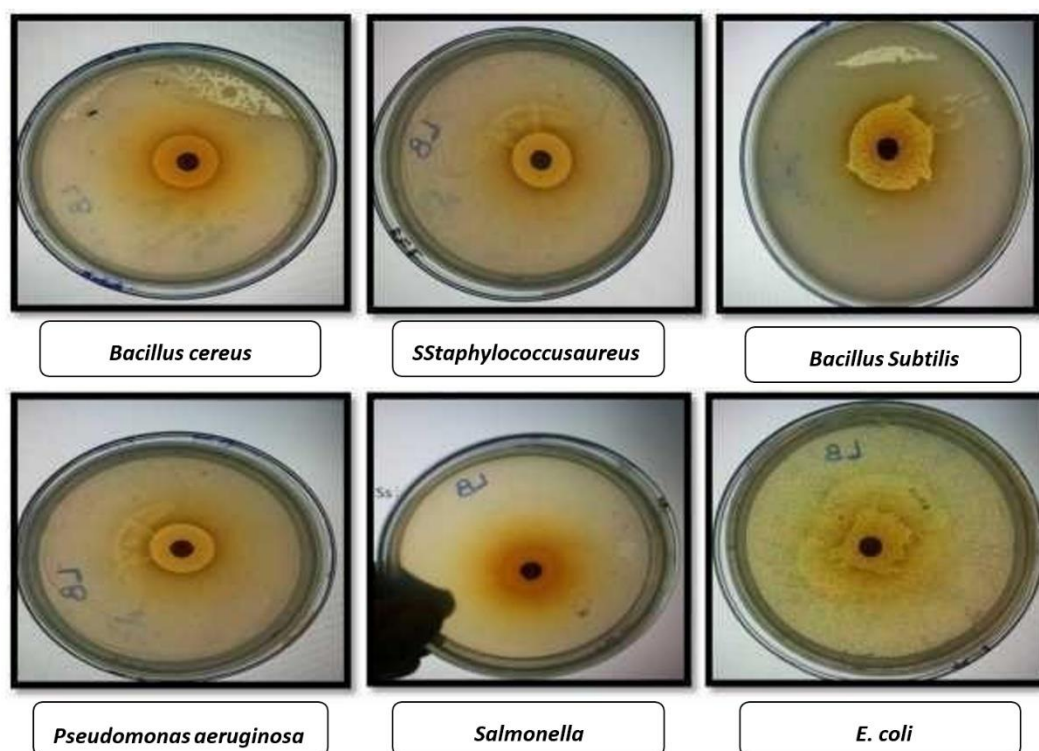


Fig. 8. Activité antibactérienne des composés phénoliques vis-à-vis les bactéries testées

D'après ces résultats les composés phénoliques confèrent aux margines un pouvoir antibactérien [70-71], car d'une part ces composés sont caractérisés par une très forte réticulation et aussi une dénaturation des protéines, d'une autre part en raison de leur chaîne latérale acide [72]. Les acides phénoliques sont beaucoup moins polaires. Cette propriété peut faciliter le transport de ces molécules à travers la membrane cellulaire. Ils sont capables se complexer avec les protéines extracellulaires solubles et aussi avec les parois bactériennes comme c'est le cas des quinones. Les flavonoïdes (plus lipophiles) peuvent également perturber les membranes microbiennes [73].

3.4 TRAITEMENT PHYSICOCHIMIQUE DES MARGINES

Dans cette partie, réalisés une étude du traitement des margines par une méthode physico- chimique de coagulation-floculation. Ceci en vue de comparer d'une part l'efficacité de ce traitement des margines avec celui des micro-organismes. D'autres parts, pour combiner les deux types de traitements visant une meilleure efficacité de l'abattement des composés phénoliques des margines.

3.4.1 TRAITEMENT AU CHLORURE FERRIQUE

Les conditions et les résultats des essais de coagulation utilisant le chlorure ferrique comme coagulant sont illustrés sur le tableau 6. Tous les essais ont été réalisés avec un ajustement de pH aux environs de 7. En effet, cette zone correspond à la zone de pH optimale de $FeCl_3$.

Signalons que l'addition progressive de chlorure ferrique aux margines provoque une baisse du pH de 4,9 à 1,19. Un ajustement de pH à 7 était donc nécessaire pour permettre une bonne coagulation-floculation. Concernant le volume de boue, mesuré en fonction du temps de décantation (8 heures). Les résultats sont présentés sur le tableau 6.

Tableau 6. Conditions et résultats des essais au $FeCl_3$

Essai	Quantité de coagulant (g/l)	pH après l'ajout de coagulant	pH ajusté	Volume de boue (ml)	Turbidité (NTU)
1	10	1.08	7.63	150	70.5
2	12.5	1.19	7.66	230	51.0
3	15	1.10	6.58	220	53.4
4	17.5	1.06	6.75	220	56.3
5	20	1.00	7.40	210	61.0



Fig. 9. Volume des boues décantées dans le traitement au FeCl_3

La figure 9 montre alors l'évolution de la turbidité et du volume des boues décantées en fonction de la dose du coagulant lors du traitement au FeCl_3 .

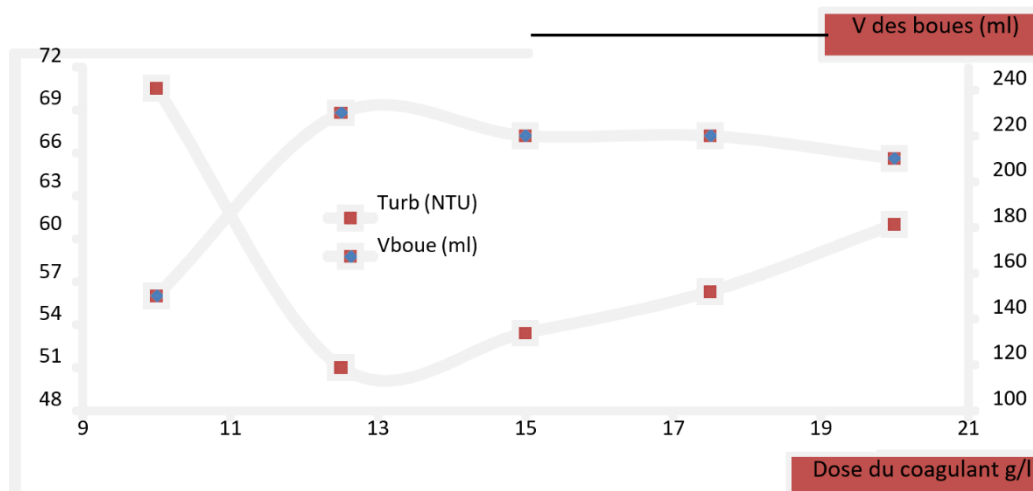


Fig. 10. Variation de la turbidité et du volume des boues en fonction de la dose de FeCl_3

Constate que la turbidité est minimale pour une quantité de 12,5 g/l (FeCl_3) puis elle augmente au fur et à mesure que la dose du coagulant augmente. Le volume des boues est maximal aux environs de 12,5 g/l (FeCl_3) et diminue avec l'ajout du coagulant. On obtient des décolorations pour les doses à partir de 12,5g/l (FeCl_3). On peut donc conclure que la dose optimale de 12,5 g/l de FeCl_3 permet un bon abattement de la turbidité (90.14 %) et une bonne décoloration. Ce coagulant permet donc de produire un maximum de volume des boues (575ml/l) suite au traitement des margine diluées.

3.4.2 TRAITEMENT AU SULFATE D'ALUMINIUM

Les conditions et les résultats des essais de coagulation utilisant le sulfate d'aluminium sont illustrés sur le tableau 7. Le pH est ajusté dans ce cas à une valeur de 6,50.

Le tableau 7 présente l'évolution de la turbidité et du volume des boues décantées en fonction de la dose du coagulant (sulfate d'aluminium).

Tableau 7. Conditions et résultats des essais au Sulfate d'Aluminium

Essai	Quantité de coagulant (g/l)	pH après l'ajout de coagulant	pH ajusté	Volume de boue (ml)	Turbidité (NTU)
1	15	3.43	6.61	190	39.2
2	17.5	3.40	6.56	205	38.0
3	20	3.40	6.59	210	34.4
4	22.5	3.40	6.65	295	32.2
5	25	3.34	6.55	240	33.0

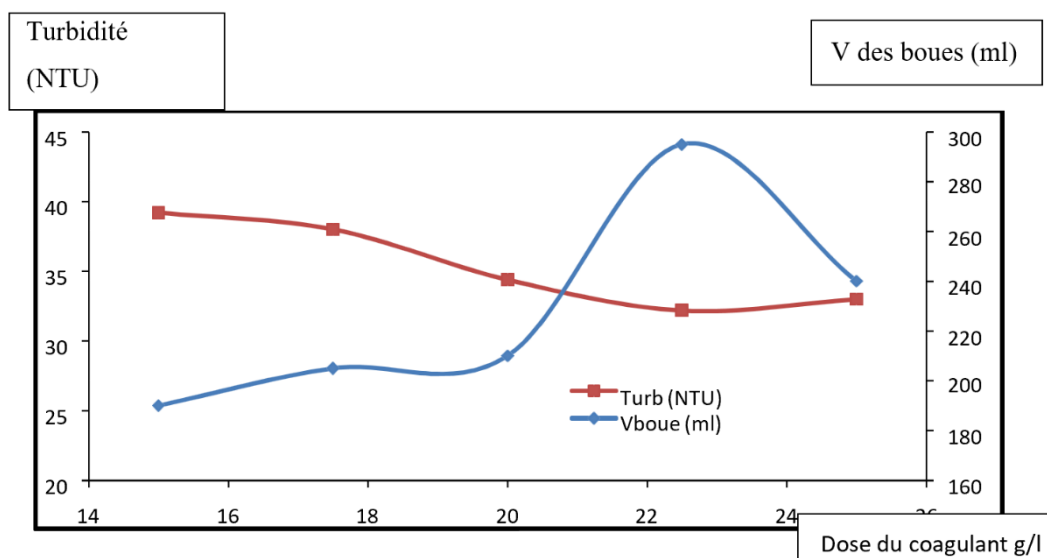


Fig. 11. Variation de la turbidité et du volume des boues avec la dose de sulfate d'aluminium

Comme dans le cas du chlorure ferrique, et après observation de l'évolution des différents paramètres, conclu que, la dose de 22.5 g/l de sulfate d'aluminium permet une meilleure diminution de la turbidité (96.81 %) et une bonne décoloration. Le maximum de boues produites sont de 737.5 ml/l des margines diluées.

3.4.3 COMPARAISON DES RESULTATS DE COAGULATION OBTENUS

Le tableau 8 résume les résultats des essais effectués pour les deux types de coagulants (sulfate d'aluminium et chlorure ferrique) et aussi les paramètres (Turbidité et volume des boues) correspondant à la dose optimale.

Tableau 8. Turbidité et volume de boue de la margine traitée par les différents coagulants

Coagulant	Quantité de coagulant (g/l)	Volume de boue (ml)	Turbidité (NTU)
Chlorure ferrique	12.5	230	51.0
Sulfate d'aluminium	22.5	295	32.2

La figure 12 représente les deux échantillons correspondant aux doses optimales des margines traitées à l'aide des deux coagulants (sulfate d'aluminium et chlorure ferrique). Une bonne décoloration dans les deux cas. Cependant la décoloration est nettement meilleure pour le traitement avec le sulfate d'aluminium.



Fig. 12. *Echantillons de margine traitée par le sulfate d'aluminium et le chlorure Ferrique*

La figure 13 montre la variation de l'absorbance des margines traitées par le chlorure ferrique et le sulfate d'aluminium en fonction de la longueur d'onde dans l'intervalle [430-710] nm.

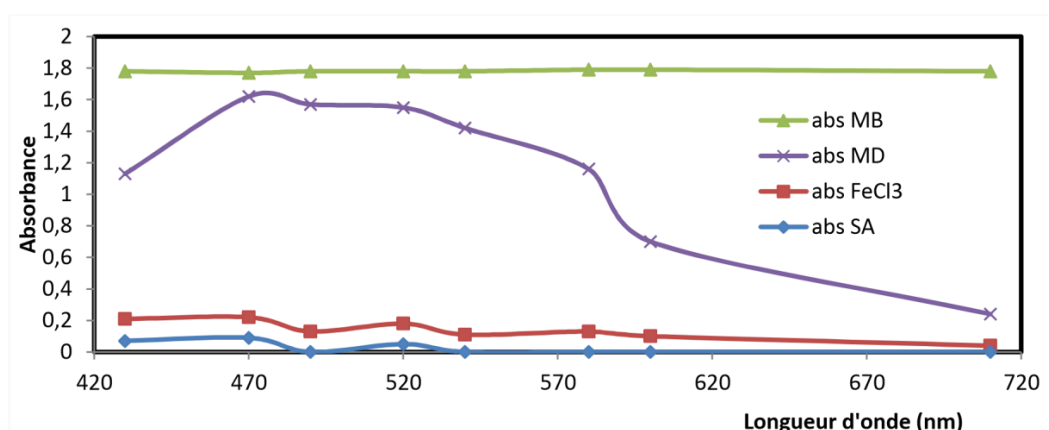


Fig. 13. *Absorbance de surnageant en fonction de la longueur d'onde de l'intervalle [430- 710] nm*

D'après les résultats obtenus, on observe que le sulfate d'aluminium permet la réduction du maximum de la turbidité avec un bon abattement de l'absorbance et produit aussi le maximum des boues décantées (environ 96.81 % d'élimination de turbidité). Après, on a le chlorure ferrique (environ 90.14 % d'élimination de turbidité) et produit le moins de boues Décantées.

3.5 TAUX D'ABATTEMENT DES COMPOSES PHENOLIQUES PAR TRAITEMENT PHYSICO- CHIMIQUE ET TRAITEMENT BIOLOGIQUE

3.5.1 TAUX D'ABATTEMENT DES COMPOSES PHENOLIQUES PAR TRAITEMENT PHYSICO- CHIMIQUE

La figure 14représente le taux d'abattement des composés phénoliques après le traitement physico-chimique.

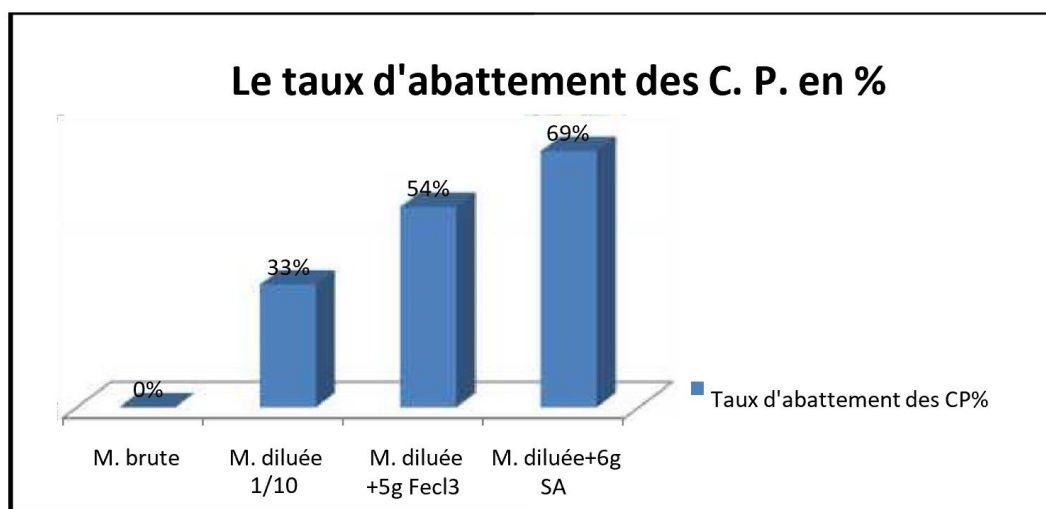


Fig. 14. Evolution des composés phénoliques dans les différents types de margines

Les résultats montrent qu'il y a une diminution des composés phénoliques. Ceci peut être attribué au phénomène d'adsorption des colloïdes sur les floes formés.

3.5.2 LE TAUX D'ABATTEMENT DES COMPOSES PHENOLIQUES APRES LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE

Le figure 14 indique le taux d'abattement des composés phénoliques par les souches étudiées dans les différents types de margines.

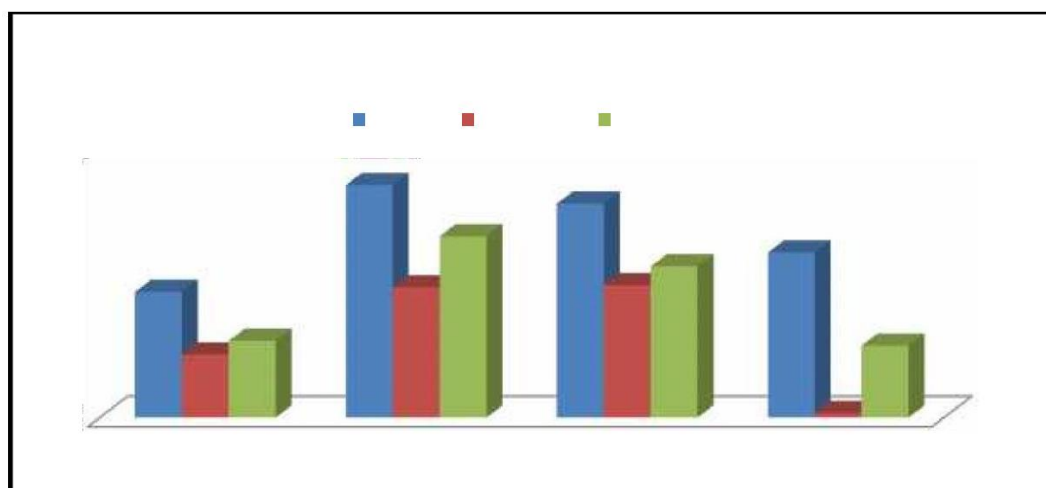


Fig. 15. Le taux d'abattement des composés phénoliques (CP) pour les 3 souches testées

D'après les résultats de la figure 15, constate que le traitement biologique pour les margines brutes montre des résultats non satisfaisant par rapport à celui des margine diluées. Dans les margines diluée les taux d'abattement obtenus sont de l'ordre de 100%, 56% et 78% avec l'utilisation respectivement de A. Niger, C. albicans et C. tropicalise. Par contre dans les margines brutes, le pourcentage de la réduction des composés phénoliques ne dépasse pas 54 %, 27% et 33% de ces souches. Ceci suggère que les margines concentrées seraient capable de diminuer l'activité des micro-organismes. Cette diminution est en relation avec la nature des margines fortement chargées en polluants organiques, en particulier les grandes concentrations des composés toxiques comme les tannins et les composés phénoliques.

Certains de ces composés pourraient avoir un effet antimicrobien qui se manifeste par l'altération des membranes cellulaires [74]. En plus les composés phénoliques en forte concentration peuvent se fixer sur les enzymes dont l'activité serait affectée et les cellules microbiennes seraient privées de métabolites intermédiaires, ce qui parviendrait à l'inhibition de leur croissance.

Les résultats montrent également que la capacité d'A. Niger à assimiler les composés phénoliques est plus élevée que celle des autres micro-organismes dans les différents types des margines. En effet, la chitine des parois d'A. Niger est connue par sa capacité de fixer les composés phénoliques, ce qui peut contribuer à leur élimination des margines [75]. A Niger est capable à la fois de dégrader des

polymères aromatiques comme les tannins et les anthocyanes et des monomères aromatiques [76]. En plus, le catéchol qui est un intermédiaire important du catabolisme aérobie des composés aromatiques, est facilement dégradable par *A. Niger* grâce à sa catéchol 1,2-di oxygénase [77].

Pour *Candida tropicalis* a aussi la capacité d'éliminer 33%,78%,65%,31% des composés phénoliques pour les margines brutes, diluées, traitées par 5 de FeCl_3 et 6g de A12 (SO_4) 3 respectivement. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus après le traitement des margines par *Candida albicans* (27%,56%,57%,2% pour les margines brutes, diluées, traitées par 5g de FeCl_3 et 6g A12 (SO_4) 3 de respectivement). Mais le traitement des margines par ces deux genre *Candida* reste limité puisqu'elles sont considérées comme des souches pathogènes.

Les champignons sont en général plus efficaces que les levures dans le traitement des margines. Ceci est probablement dû à leur système enzymatique plus performant dans la dégradation des composés phénoliques par rapport les levures. D'après les figures 15 et 16 que le traitement physico-chimique suivi d'un traitement biologique permet d'augmenter le taux d'abattement des composés phénoliques.

3.6 L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE APRES LE TRAITEMENT PAR COAGULATION- FLOCCULATION ET BIOLOGIE

3.6.1 L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE APRES LE TRAITEMENT PAR COAGULATION- FLOCCULATION

La mise en évidence de l'activité antibactérienne des margines après le traitement par coagulation- floculation est illustré dans la figure 15.

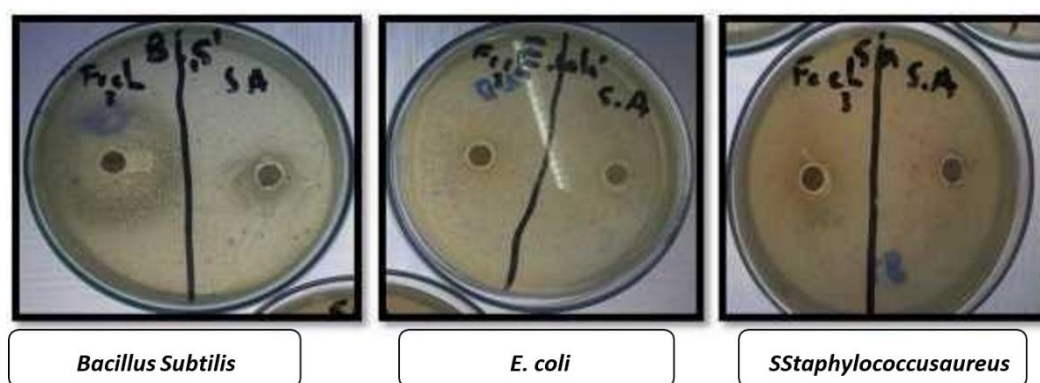


Fig. 16. L'activité antibactérienne après le traitement par coagulation- floculation

Les résultats montrent une diminution des zones d'inhibitions par rapport les margine non traitées. Ceci est dû à une diminution des composés phénolique par ce procédé physicochimique.

3.6.2 L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE APRES LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE

La mise en évidence de l'activité antibactérienne des margines après le traitement biologique est illustré dans la figure 17.

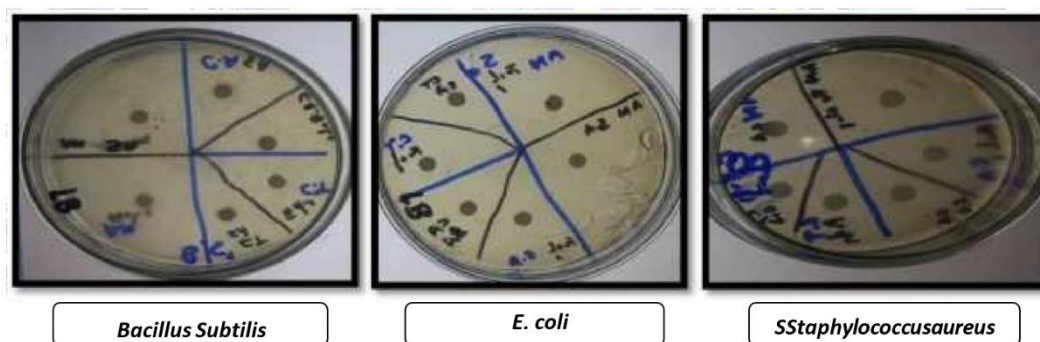


Fig. 17. L'activité antibactérienne après le traitement biologique

Les résultats montrent une absence totale des zones d'inhibitions par rapport aux margines brutes. Ceci indique donc que le traitement biologique permet d'éliminer le reste des composés phénoliques encore présent dans les margines traitées par coagulation-floculation. Il en découle de l'ensemble des résultats que la faisabilité de ce genre de traitements manifeste une contribution adéquate dans le cadre des traitements combinés physicochimiques et microbiologiques des margines. Ceci pourrait néanmoins répondre aux tendances actuelles qui visent l'intégration de diverses technologies pour dépolluer les margines à faible coût. Nos résultats prometteurs dévoilant une chute nette des composés phénoliques, ce qui permettrait d'engager et d'améliorer d'autres stratégies de combinaison pour une épuration des margines.

4 CONCLUSION

Cette étude est réalisée en vue de traitement combiné des margines issue de la région Hamria de Fès. La caractérisation microbiologique nous a permis de dévoiler une charge microbienne importante des margines. Alors que l'étude physico-chimique effectuée sur ces Margines a montré une forte pollution organique manifestée particulièrement par les composés phénoliques. D'autre part le procédé de traitement physico-chimique a révélé une diminution de la turbidité, une augmentation des volumes des boues et une importante décoloration des margines accompagnée d'une diminution des taux de composés Phénoliques. Le second traitement biologique utilisant les capacités fongiques à dépolluer d'avantage les margines et a montré une nette chute des composés phénoliques de cet effluent. Nous suggérons en perspectives des traitements combinés faisant intervenir des procédés chimiques suivis de traitements biologiques par un consortium de micro-organismes originaires des margines. la réalisation d'un traitement faisant appel à des Micro-algues du fait de la grande capacité épuratoire de certaine algue

REFERENCES

- [1] Bouknana D., Hammouti B., Salghi R., Jodeh S., Zarrouk A., Warad I., Aouniti A and Sbaa M., J. Mater. Environ. SCI. 4 (2014) 1039.
- [2] Fiestas Ros d'Ursinos J.A., Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). (1981) 93.
- [3] Ramos-Cormenzana A., FAO, Madrid. pp. (1986).
- [4] Larif M., Ouhssine M., Soulaymani A., Elmidaoui A., RES ChemIntermed.DOI (2013) 13-1267-0.
- [5] Pompei C., and Codovilli F., Sci. Technol. Aliment., 4 (1974) 363.
- [6] Saez-Mestre E., Contendofenolico de1 alpechin y actividadantibacteriana. Memoria de Licenciatura. Facultad de Farmacia, Universidad de Granada. (1989).
- [7] Yaakoubi A., Chahlaoui A., Rahmani M., Elyachoui M., Oulhote Y., (2009).Effet de l'épandage des margines sur la microflore du sol.AgroSolutions.20: 1.
- [8] Fiorentino A. Gentili A. Isidori M. Monaco P. Nardelli A. Panella A. et Fabio T. (2003). Environmental effects caused by olive mill waste waters: Toxicity comparison of low- molecular-weight phenol compounds. Journal Agricultural. Food Chemistry, 51: 1005-1009.
- [9] Ranalli A.1991. The effluent from olive mills: proposals for re-use and purification with reference to Italian legislation.Oliviae 85. p37.
- [10] Hamdi M. 1993. Valorisation et épuration des effluents des huileries d'olive, l'utilité de la microbiologie industrielle. Olivae. (46). p 20-24.
- [11] Ouabou E., Anouar A. et Hilali S. 2014. Traitement de la margine brute d'huile d'olive par distillation suivi de neutralisation par chaux. Journal of Applied Biosciences 79.Maroc 6867- 6872.
- [12] Amirante P. 1999. Traitement et utilisation des sous-produits. Séminaire international sur les innovations scientifiques et leur application en oléiculture et oléotechnie. Florence. Italie. Eds COI 1999. 44 p.
- [13] Ranalli A. (1991). The effluent from olive mills: Propsals for re-use and purification with reference to Italian legislation, Olivae, 37, 30-39.
- [14] Ramos-Cormenzana A, (1986). Physical, chemical, microbiological and biochemical characteristics of vegetation water. In: inter. Symp: On olive by-products valorization. Sevilla-Spain.41-60.
- [15] Salvemini F, (1985). Composizione chimica e vegeazione biologica di un mangime ottenuto essicando tercamente le acque di vegetazione delle olive, Riv. Delle Sostanze Grasse, 112, 559-564.
- [16] Hamdi M, (1991). Nouvelle conception d'un procédé de dépollution biologique des margines; effluents liquides de l'extraction de l'huile d'olive, Thèse de l'université de Provence. Marseille, France.
- [17] Hamdi M, (1993). Future prospects and constraints of olive mill waste waters une and treatment: A. Review, Bioprocess Engineering, 8,209-214.
- [18] Fernandez Diaz M J, 1983. Olives, In Rehm HJ, Reed G (Eds° Biotechnology? Verlag chemie, Weinheim, 5, 379-397.
- [19] Vasquez R.A., Maestro D.R., Graciani C.E. (1974). Compentes fenolicos de l'aceintuna. II. Polyphenols Del alpechin. Grasas y Aceites, 25, 341-345.
- [20] Borja R., Banks C.J., Alba J. (1995a). A simplified method for determination of kinetic parameters to describe the aerobic biodegradation of two important phenolic constituents of olive mill wastewater treatment by a heterogeneous microbial culture. Eniro, Sci. Health., A., 30 (3), 607-626.

- [21] Martinez N.L., Ramos-Cormenzana A., Garcia Pareja M.P., Garrido Hoyos S.E. (1992); Biodégradation de compuestos fenolic Del alpechin con *Aspergillus terrus*, *Grasas y Aceites*, 43 (2), 75-81;.
- [22] Salvemini F, (1985). Composizione chimica e vegeazione biologica di UN mangime ottenuto essicando tercamente le acque di vegetazione delle olive, *Riv. Delle Sostanze Grasse*, 112, 559-564.
- [23] Tanchev S, Joncheva N, Genov N, Codounis M, (1980). Identification of anthocyanins contrained in olives, *Georgike ereuna*, 4, 5-73.
- [24] Monties B, (1980). Les polymère végétaux, Gautier-villars (eds).
- [25] Capasso R. (1997). The chemistry, biotechnology and ecotoxicology of the polyphones naturally occurring in vegetable wastes. *Curr. Top. Phytochem., Res. Trends*, 1, 145-156.
- [26] Benyahia N. etZein K.2003.Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. 2^{ème} conférence Internationale SwissEnvironmental Solutions for Emerging Countries (SESEC II). Lausanne. Suisse. pp1-7.
- [27] Yahyaoui N., 2012. Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydrox apatite et charbon actif.
- [28] Mebirouk M. 2002. Rejet des huileries. Développement d'un procédé intégré pour la biodégradation des polyphénols dans la margine. *CMPP News*. N°11.
- [29] Yahyaoui N., 2012. Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydrox apatite et charbon actif. Mémoire de magister. Université de Mouloud Mammeri. Tiziouzou.p129.
- [30] Ghattas D.2004. Valorisation des margines par digestion anaérobie. Mémoire de diplôme d'études approfondies (DEA). Contrôle et gestion de qualité.«Application à l'agroalimentaire». Institut de recherches agronomiques Libanais. P39.
- [31] Benyahia N. etZein K.2003.Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. 2^{ème} conférence Internationale SwissEnvironmental Solutions for Emerging Countries (SESEC II). Lausanne. Suisse. pp1-7.
- [32] Ranalli A. (1991a). The effluent from olive mills: Proposals for re-use and purification with reference to Italian legislation. *Olivae*, 37, 30-39.
- [33] Francesco G.L. (1993). Evaluations économiques sur l'innovation technologique. Les problèmes de l'environnement dans le lecteur oléicole en Italie. *Olivae*, 47, 15-20.
- [34] Fountoulakis M.S., Dokianakis S.N., Kornaros M.E., Aggelis G.G., Lyberatos G. (2002) Removal of phenolics in olive mill wastewaters using the white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Water Res.*, 36 (19), 4735-44.
- [35] Borja R., Banks C.J., Alba J. (1995a) A simplified method for determination of kinetic parameters to describe the aerobic biodegradation of two important phenolic constituents of olive mill wastewater treatment by a heterogeneous microbial culture. *Eniro, Sci. Health., A.*, 30 (3), 607-626.
- [36] Hamdi M. (1991a). Nouvelle conception d'un procédé de dépollution biologique des margines, effluents liquides de l'extraction de l'huile d'olive, Thèse de l'université de Provence. Marseille, France.
- [37] Hamdi M., Bouhamed H., Ellouz R. (1991b). Optimisation of *Aspergillus niger* growth on olive mill wastewaters, *Appl. Microbiol. Biothechnol.* 36, 285-288. Dédicaces.
- [38] Kissi M., Mountadar M., Assobhei O., Gargiulo E., Palmieri G., Giardina P., Sannia G. (2001). Roles of two white-rot basidiomycete fungi in decolorisation and detoxification of olive mill waste water. *Appl Microbiol Biotechnol.*, 57 (1-2), 221-6.
- [39] Fadil K., Chahlaoui A., Ouahbi A., Zaid A., Borja R. (2003). Aerobic biodegradation and detoxification of wastewaters from the olive oil industry. *International biodeterioration & biodegradation*, 51, 37-41.
- [40] Ranalli A. (1991a). The effluent from olive mills: Proposals for re-use and purification with reference to Italian legislation. *Olivae*, 37, 30-39.
- [41] Fountoulakis M.S., Dokianakis S.N., Kornaros M.E., Aggelis G.G., Lyberatos G. (2002) Removal of phenolics in olive mill wastewaters using the white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Water Res.*, 36 (19), 4735-44.
- [42] Nefzaoui A. (1987).Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits. Séminaire sur l'économie de l'olivier. Tunis.
- [43] Papadimitriou E.K., Chatjipa I., Balis C. (1997). Application of composting to olive mill wastewater treatment. *Environnemental technologie*.18: 101-107.
- [44] Fiestas Ros d'Ursenos J.A. (1981). Différentes utilisations des margines: Actes séminaire international sur la valorisation des sous-produits de l'olivier. FAO-UNDP. Tunisie, pp 93-110.
- [45] Fiestas Ros de Ursinos, J.A., Borja R. (1992) Use and treatment of olive mill wastewater: Current situation and prospects in Spain. *Grasas y Aceites*. 2: 101-106.
- [46] Tomati U., Galli E. (1992). In *Humus, its structure and role in agriculture and environment*, Kubat J. Ed. Elsevier, London. 117-126.
- [47] El Alami B. (2000). Contribution à l'étude de lascivité anti-oxydante de la fraction phénolique des margines. Mémoire de 3^{ème} cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc. 93 p.
- [48] Francesco G.L. (1993). Evaluations économiques sur l'innovation technologique. Les problèmes de l'environnement dans le lecteur oléicole en Italie. *Olivae*. 47: 15-20.
- [49] Petruccioli M., Servili M., Montedero G.F., Federici F. (1988).Development of a recycle procedure for the utilization of vegetation waters in the olive oil extraction process. *Biotechnology Letters*.1: 55-60.
- [50] Morisot A. (1979). Utilisation des margines par épandage. *Olivae*.19: 8-13.

- [51] Ranalli A. (1991) the effluent from olive mills: Proposals for re-use and purification with reference to Italian legislation. *Olivae*. 37: 30-39.
- [52] IOM. (2004). Industrie oléicole au Maroc ET son impact sur l'environnement: Propositions d'actions de lutte contre la pollution générée par les huileries d'olives, CAS de la province de Taounate. 14 p.
- [53] Tomati U., Galli E. (1992). In *Humus, its structure and role in agriculture and environment*, Kubat J. Ed. Elsevier, London. 117-126.
- [54] Fonty G., Jouany J.P., Forano E. et Gouet Ph. (1986). Interaction entre espèces microbiennes dans le rumen. *Reprod. Nutr. Dev.* 26: 147-159.
- [55] Fiestas Ros d'Ursinos J.A. (1977). Problemas del aprovechamiento y depuración de las aguas residuales de las almazaras. XIII. Reunion plenaria asamblea miembros del instituto de la Grasa y Sus Derivados.
- [56] Sierra J., Martí E., Montserrat G., Crau anas R., Grau M.A. (2001). Characterisation and evolution of a soil affected by olive oil mill wastewater disposal. *The Science of the total environment*. 279: 207-214.
- [57] Zenjari B., Nejmeddine A. (2001). Impact of spreading olive mill wastewater on soil characteristics: laboratory experiments. *Agronomie*. 21: 749-755.
- [58] Buldini P.L., Mevoli A., Quirini A. (2000). On-line micro dialysis-ion chromatographic determination of inorganic anions in olive-oil mill wastewater. *J Chromatogr A*. 882 (1-2), 321-8.
- [59] Montedero G., Anichini F., Fantazzo P. (1980). Composés phénoliques de L'huile d'olive, leur influence sur la technologie d'extraction, sur la résistance à l'oxydation et sur les caractéristiques organoleptiques de l'huile. *Bulletin liaison Groupe Polyphénols*. 9: 39- 55.
- [60] Knupp G., Rücker G., Ramos-Cormenzana A., Garrido Hoyos S., Neugebauer M., Ossenkop T. (1996). Problems of identifying phenolic compounds during the microbial degradation of olive mill waste water. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 38: 277-282.
- [61] Ercoli E., Ertola R. (1983). SCP production from olive black water. *Biotechnol. Lett.* 7: 457-462.
- [62] Fedeli E. (1977). Lipids of olives. *Pros. Chem. Fats other lipids*. 15, 57-74.
- [63] Salvimini V., Cera O. (1984). Acidic phenolic fraction of the juice of olives determined by gas chromatographic method. *Grassas y Aceites*. 25: 178-180.
- [64] Salvimini F. (1985). Composizione chimica e valutazione biologica di un mangime ottenuto essicando tercemente le acque di vegetazione delle olive. *Riv. Delle Sostanze Grasse*. 112: 559-564.
- [65] Martilotti F. (1993). Use of olive by-products in animal feeding in Italy. *Division de la production et de la santé animale*. FAO. Rome. 56-62.
- [66] Singleton V. L. and Arossi J.A (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Technol ET Viticul*, 16: 144-153.
- [67] DE Macro E, Maria S, Antonello P and Raffaele S. (2007). Characterization and fractionation of phenolic compounds extracted from olive oil mill wastewaters. *Food Chem*, 104: 858-867.
- [68] Della Grace L, Previtera L, Temessi F, and Carrelli A. (2004). Lowmolecular weight components of olive oil mill waste-waters. *Phytochem. Analys*, 15: 184-188.
- [69] De Felice, B., Pontecorvo, G., Carfagna, M., (1997). *Acta Biotechnol* 17-231.
- [70] Singleton V.L., Rosi J.A., Am. J. (1965) *Oenol. Vitic*. 16 -144.
- [71] Ranalli A., (1991). *Olivae*, 37- 30.
- [72] Esmail A., Abed H., Firdaous M., Chahboun N., Mennane Z., Berny E., et Ouhssine M., J (2014). *Mater. Environ. Sci.* 5- 121.
- [73] Firas A., Hassan F., J. (2008). *Zhejiang Univ. Sci.* 9 (2), 154.
- [74] Capasso R. (1997) the chemistry, biotechnology and ecotoxicology of the polyphénols naturally occurring in vegetable wastes. *Curr. Top. Phytochem., Res. Trends*, 1, 145-156.
- [75] Seng J.M. (1988) Chitine, chitosane et dérivés: De nouvelles perspectives pour l'industrie. *Biofutur*, 71, 40-44.
- [76] Kieslich K. (1976) Microbial transformations of non-steroid cyclic compounds. John Wiley and Sons Georg Thieme publishers, 1262 pp.
- [77] Ninnekar h.Z., Vaidyanathan C.S. (1981) Catéchol 1, 2-dioxygenase from *Aspergillus Niger*: purification and properties. *J. Indian Inst. Sci.*, 63, 131-136. Office National de l'Eau Potable (1989) Pollution de l'oued.

Impacts environnementaux des systèmes de production de l'igname dans la commune de Ouaké

[Environmental impacts of the systems of production of the Yam in the township of Ouaké]

Abdoulaye Abdoul Ramane

Laboratoire des Géosciences de l'Environnement et de Cartographie, Département de Géographie et aménagement du Territoire,
Université de Parakou, Parakou, Benin

Copyright © 2022 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: Agriculture stays the main activity of the populations of the Township of Ouaké. The yam, *Dioscorea alata*, a rustic plant to spilled vegetative multiplication of by the diversity of its cultivated shapes in the world, is the main culture of this township. This survey aims to analyze the systems of production of the yam in the township of Ouake. To reach this objective, the methodological gait supported on the documentary research, the interviews, the investigations by questionnaires, the treatment of the data and the analysis of the results. The sample is constituted of 189 chosen individuals of way reasoned and is distributed on 06 precincts of the township. The SWOT tool has been used for the analysis of the results.

Of the results of the present survey, it comes out again among others, that the yam doesn't cultivate itself in a successive way on a same parcel and stand always at the head of rotation. This rotation of yam culture in the township of Ouake follows itself on two to three years the insufficiency of the arable earths. The production of the yam is always superior to the other speculations of 2006 to 2017. The season (2010 - 2011) recorded the strongest output (1285kg/ha) on a surface cultivated of 4749 ha. The different cultivated varieties are: the precocious varieties (Aloupa, Ankploman, Ekpètilè, HèAbalo, Walassi, Wotanam, Abota, Lalboko, Gbèm, Katala) and the belated varieties (Alasola, Ewotolo, Kokopo, Kpassa, Wolouchahabim, Toufou, Yelian, Loli, Djadjabiou, Adè, Agbantao, Adjanfa). The techniques of cultures remain always traditional. These techniques had negative impacts on the environment. Some measures have been proposed in this survey in order to improve the systems of production and the merchandising.

KEYWORDS: Systems of production, rotation, output, Yam, Varieties, Ouaké.

RESUME: L'agriculture demeure la principale activité des populations de la Commune de Ouaké. L'igname, *Dioscorea alata*, une plante rustique à multiplication végétative répandue de par la diversité de ses formes cultivées dans le monde, est la principale culture de cette commune. Cette étude vise à analyser les systèmes de production de l'igname dans la commune de Ouaké. Pour atteindre cet objectif, la démarche méthodologique s'est appuyée sur la recherche documentaire, les entretiens, les enquêtes par questionnaires, le traitement des données et l'analyse des résultats. L'échantillon est constitué de 189 individus choisis de façon raisonnée et répartis sur 06 arrondissements de la commune. L'outil SWOT a été utilisé pour l'analyse des résultats.

Des résultats de la présente étude, il ressort entre autres, que l'igname ne se cultive pas de façon successive sur une même parcelle et se place toujours en tête de rotation. Cette rotation de culture d'igname dans la commune de Ouaké se fait sur deux à trois ans suite à l'insuffisance des terres cultivables. La production de l'igname est toujours supérieure aux autres spéculations de 2006 à 2017. La saison (2010 – 2011) a enregistré le plus fort rendement (1285kg/ha) sur une superficie emblavée de 4749 ha. Les différentes variétés cultivées sont: les variétés précoces (Aloupa, Ankploman, Ekpètilè, HèAbalo, Walassi, Wotanam, Abota, Lalboko, Gbèm, Katala) et les variétés tardives (Alasola, Ewotolo, Kokopo, Kpassa, Wolouchahabim, Toufou, Yelian, Loli, Djadjabiou, Adè, Agbantao, Adjanfa). Les techniques de cultures restent toujours traditionnelles. Ces techniques ont eu d'impacts négatifs sur l'environnement. Des mesures ont été proposée dans cette étude afin d'améliorer les systèmes de production et la commercialisation.

MOTS-CLEFS: Systèmes de production, rotation, rendement, Igname, Variétés, Ouaké.

1 INTRODUCTION

La faim demeure un défi pour près de 795 millions d'habitants de la planète, notamment pour les 780 millions de personnes sous alimentées vivants dans les régions en développement, malgré une amélioration générale de la situation (FAO, 2015, p. 4). Pour ralentir cette situation, les tubercules en général et l'igname en particulier entrent en ligne de compte puisqu'ils disposent d'un potentiel leur permettant d'assurer la sécurité alimentaire des populations qui se nourrissent dans la zone tropicale humide et la savane soudanienne (Egah et al, 2012 cité par ADIBA H. Christian 2016, p34). L'Afrique de l'Ouest et notamment sa portion d'espace communément appelée le « yam belt », contribue pour près de 90 % à la production mondiale d'igname (Fao, 1999, cité par L. Auriol et R. Y. M. A. Aboudou, 2006, p. 3), soit environ 30 millions de tonnes par an. En Afrique occidentale l'igname offre une importance dans l'agriculture vivrière pour le rôle qu'elle y joue (Kiki, 2007 cité par ADIBA H. Christian 2016, p40). Selon Baco, (2014, p18), l'igname est l'une des cultures qui ont une importance aussi bien alimentaire culturelle qu'économique pour les populations d'Afrique de l'ouest dont le Bénin. Face à la faible productivité de l'agriculture béninoise, aux famines qui font partie du quotidien des populations, à la gamme peu diversifiée de l'alimentation familiale essentiellement axée sur la consommation de céréales, la production de l'igname peut contribuer à réduire l'insécurité alimentaire et la pauvreté chez les producteurs. Cependant, l'igname est l'un des plus importants aliments de base et est cultivée dans les parties septentrionale et centrale du Bénin (Adam et Boko, 1993 p. 47). Sa production place le Bénin au 4ème rang mondial après le Nigeria, la Côte-d'Ivoire et le Ghana (R. C. Houedjissin et D. O. Koudande, 2010, p. 10). La commune de Ouaké fait partie de la partie septentrionale.

La commune de Ouaké a produit 61034 tonnes d'igname avec un rendement de 1285kg/ha sur une superficie emblavée de 4749 ha en 2010. Sur ce, les agriculteurs de la localité accordent à cette culture d'igname un intérêt non négligeable. La valeur historique et la considération qu'on accorde à la consommation d'igname surtout à l'occasion des festivités du 15 Aout, obligent les agriculteurs de Ouaké à privilégier sa culture. Malgré cette hausse production, l'igname n'arrive pas à satisfaire tous les besoins de la population tout au long de l'année à cause des pertes importantes qu'elle subit. La demande aux besoins des populations de Ouaké en igname n'est donc pas entièrement satisfaite et nécessite une énorme production. Pour alors répondre aux exigences de la population de Ouaké, les agriculteurs sont obligés d'étendre leurs superficies. L'igname est une plante exigeante qui exige une importante espace.

La Commune de Ouaké est située au nord - ouest du département de la Donga. Elle est localisée entre 9°23' et 9°51' de latitude nord et entre 1°20' et 1°35' de longitude est et couvre une superficie de 663 km². Elle est limitée au nord par la commune de Copargo, au sud par celle de Bassila, à l'est par la commune de Djougou et à l'ouest par la République du Togo. La figure 1 présente la situation géographique de la commune de Ouaké.

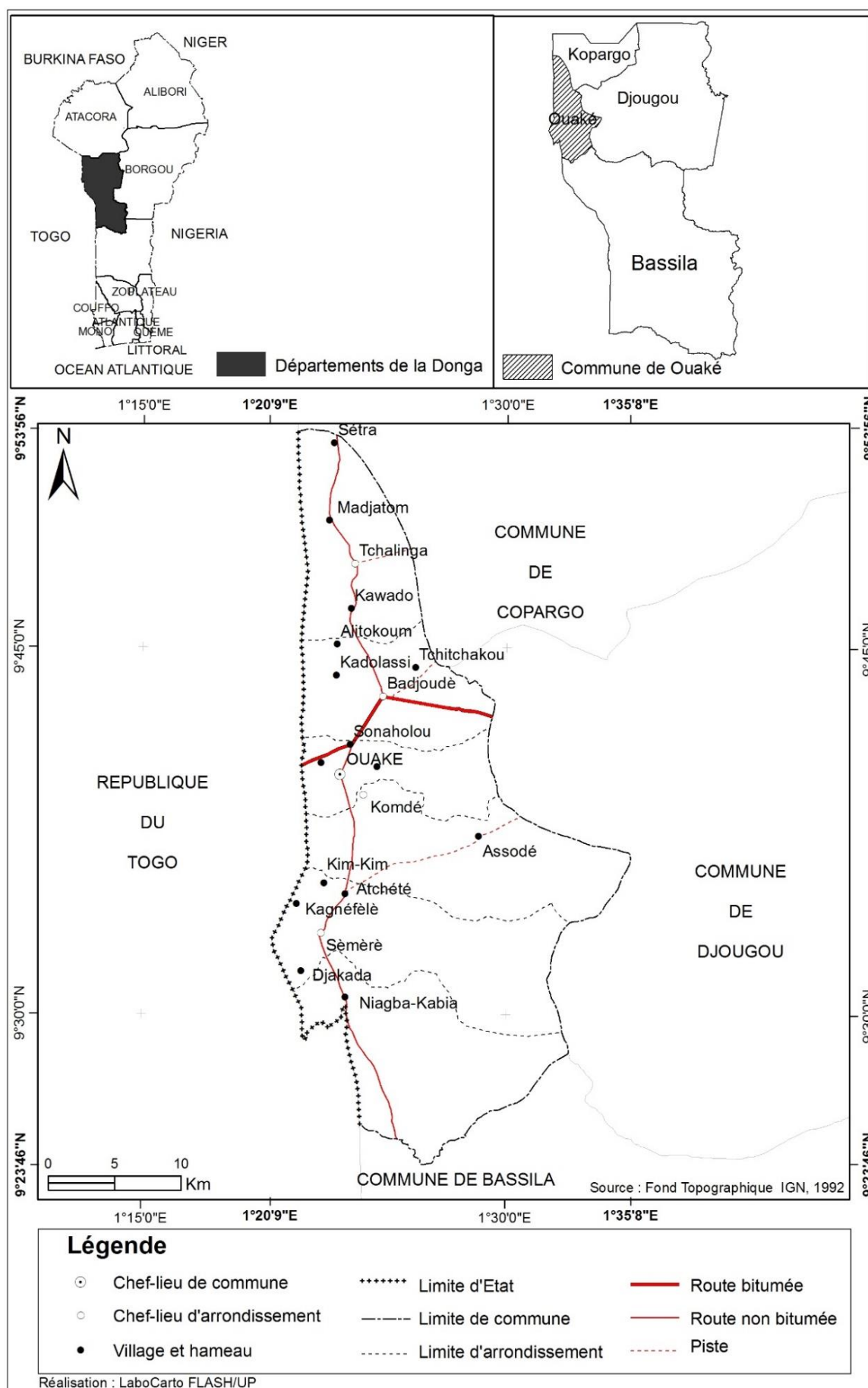


Fig. 1. Situation géographique de la commune de Ouaké

2 DONNEES ET METHODES

Pour conduire cette étude, les données quantitatives et qualitatives ont été collectées. Les données qualitatives concernent les caractéristiques socio-économiques, les pratiques agricoles, les différentes variétés cultivées, les problèmes rencontrés dans la production et la commercialisation de l'igname dans la commune de Ouaké, acquises suite aux investigations socio anthropologiques. Quant aux données quantitatives, elles sont relatives aux données agricoles, collectées à la DDAEP sur la période de la période 1981 à 2015; et les données relatives densité des buttes, rendement agricoles, prix de commercialisation, revenu agricoles.

Les outils et matériels utilisés pour la collecte des données sont entre autres la grille d'observation ayant permis de découvrir préalablement le domaine d'étude, le guide d'entretien pour la prise des informations auprès des agents encadreur, un appareil photographique numérique pour des prises de vue illustratives, un GPS pour géo référencer les unités de production de l'igname dans la commune de Ouaké, une moto pour les déplacements sur le terrain et un ordinateur pour le traitement des données collectées.

L'échantillonnage a été réalisé à travers un choix raisonné. Les personnes enquêtées doivent remplir les critères ci-après:

- Avoir une expérience de production d'igname d'au moins 15 ans,
- Etre un agent encadreur des structures en appui pour la vulgarisation de l'agriculture,
- Avoir vécu pendant une période minimum de 15 ans dans le milieu.

L'échantillon est constitué de 189 personnes (producteurs et agents encadreur) réparties sur six (06) arrondissements à savoir: Badjoudè, Komdè, Tchalinga, Sèmèrè1, Sèmèrè2 et Ouaké. Les techniques utilisées au cours de l'enquête de terrain sont entre autres: l'entretien individuel et la Méthode active de la recherche participative (MARF).

Les questionnaires d'enquête utilisés sur le terrain ont été lus à plusieurs reprises, triés et classifiés suivant les variables des thématiques définies dans les questionnaires puis il est procédé à la codification. Ces données sont ensuite saisies sur les feuilles Excel sous Windows. Cette base de données a permis de traiter les données et de faire une analyse quantitative et qualitative.

L'outil SWOT (Strenght, Weaknesses, Opportunities, Threats) ou FFOM (Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces) (figure 2) et le coefficient de Ruthemberg ont été utilisés pour l'analyse des résultats.

• Outil SWOT

Il a permis d'identifier les facteurs (physiques, humaines et socioéconomiques) internes et externes qui influencent les systèmes de production dans la commune de Ouaké. Les facteurs internes sont relatifs aux forces et faiblesses tandis que les facteurs externes concernent les opportunités et les menaces qui agissent sur les systèmes. L'identification de ces facteurs a permis de définir des stratégies pour maximiser les forces et les opportunités et minimiser l'impact des faiblesses et les menaces.



Fig. 2. Modèle d'analyse de SWOT

Source: Enquête de terrain, 2019

3 RESULTATS

3.1 SYSTÈMES DE PRODUCTION DANS LA COMMUNE DE OUAKÉ

3.1.1 ASSOCIATION DE CULTURES

L'association culturale désigne la présence de plusieurs cultures sur la même parcelle durant la même période. Plusieurs spéculations sont associées par des producteurs pour diverses raisons. Ainsi, selon la majorité des producteurs, les cultures les plus associées à l'igname sont le mil, les légumes et le manioc qui remplace les buttes à vides. Les sésames sont aussi cultivés en association avec l'igname.

3.1.2 ROTATION DE CULTURES

La rotation de culture est une suite (ou une succession) de culture échelonnée au fil des années sur une même parcelle. Selon les producteurs enquêtés, les rotations de cultures rencontrées sur les parcelles d'igname sont des rotations/associations. Elles sont pratiquées de la façon suivante:

- L'igname étant une culture très exigeante en fertilité du sol, elle vient en tête de rotation, associée au mil, dès la première année de défriche de la parcelle,
- A la deuxième année, les producteurs cultivent l'arachide associée au sorgho,
- L'igname et le maïs sont associés au sorgho et au mil sur la même parcelle au cours de la troisième saison agricole.

Selon les producteurs, l'association du maïs au mil et au sorgho à la troisième saison agricole permet d'améliorer la fertilité du sol par les engrais utilisés pour la culture du maïs. Mais lorsque le *sthriga Hormontica* apparaît sur la parcelle de l'igname les paysans commencent par cultiver le mil, associé au maïs dès la troisième année car le mil est très sensible à cette mauvaise herbe contrairement au sorgho qui l'est moins. Après les trois années de culture, certains paysans abandonnent la parcelle, et laissent cette dernière en jachère pour une durée moyenne de deux à trois ans pour ceux qui ne disposent pas assez de terres cultivables et de cinq à sept ans pour ceux qui disposent de terres cultivables. Selon les paysans, la rotation de cultures est un élément important de la gestion de la fertilité des sols et des bio-agresseurs, et donc un atout pour l'augmentation des rendements.

3.2 TECHNIQUES DE PRODUCTION D'IGNAME

La culture de l'igname est très pénible car elle requiert beaucoup de forces physiques. A Ouaké, l'igname est cultivée avec des techniques et outils rudimentaires. Selon les paysans, il n'y a pas eu de changements majeurs dans les techniques de production de l'igname depuis les décennies. Les outils utilisés sont entre autres la hache, le coupe-coupe, la houe pour le défrichement et la daba pour le buttage. La production s'effectue en plusieurs étapes.

3.2.1 DÉFRICHEMENT

Il consiste à enlever les mauvaises herbes et à remuer le sol. C'est la première opération culturale qui démarre la production de l'igname. Il est réalisé sur le terrain choisis par les paysans eux-mêmes. Ce choix est très délicat car ceci dépendra de la réussite de la culture. Pour cela, les paysans exploitent les terres fertiles riches en espèces ligneuses. Ces derniers sont coupés ou calcinés jusqu'après une toute première pluie afin de permettre un meilleur ensoleillement de la parcelle. Parfois le défrichement se fait par l'usage de l'herbicide et le feu tardif. Le défrichement commence à Ouaké généralement en août et prend fin en septembre. Une fois le terrain préparé le paysan confectionne les buttes.

3.2.2 BUTTAGE

Selon les agents encadreurs, c'est une opération qui consiste à creuser la terre et à la rassembler sous forme de cône ou de pyramide. La taille des buttes s'effectue en fonction de la nature du sol et de la nature de la main d'œuvre. Pour la main d'œuvre salariale, une butte de petites tailles (igname tardive (Photo 1) ou *Dioscorea rotundata*) est confectionnée à 15F CFA/unité. Par contre la confection des buttes à grande taille (igname précoces (photo 2) ou *Dioscoréa cayenensis*) coûte 25F CFA par unité. Les caractéristiques de la butte dépendent de la nature du sol et surtout de la variété de l'igname à planter. Cette opération commence de fin Septembre jusqu'en octobre car, déjà en novembre, on observe la saison sèche. Elle reprend de décembre jusqu'en janvier pour les producteurs dont les champs d'igname se trouvent dans les bas-fonds.

Par ailleurs, les producteurs n'ayant pas pu exercer cette activité dans les mois de septembre et octobre profitent des premières pluies du mois d'avril pour confectionner les buttes surtout pour les ignames précoces (*Dioscoréa cayenensis*). Au cours de cette activité certains producteurs utilisent l'engrais chimique ou la fumure pour rendre le sol mieux fertile.

De manière générale, la densité moyenne des buttes est d'environ 8100 buttes/hectare, à raison de 180 lignes de 45 buttes. La hauteur moyenne des buttes est de 0,95 m et leurs diamètres estimé en moyenne à 1,62 m. Un écart moyen de 0,6 m est respecté entre les buttes. La planche 1 présente les différents types de buttes réalisées dans la commune de Ouaké.

Au terme du buttage, les buttes obtenues sont paillées après la plantation. Cela permet de conserver l'humidité au sommet des buttes.



Photo 1. Buttes de l'igname précoce à Komdè



Photo 2. Buttes de l'igname tardive à Ouaké

Planche 1. Différents types de buttes réalisées dans la commune de Ouaké

Prise de vue: S. Alassane, 2019

3.2.3 PLANTATION

Elle s'effectue généralement de décembre à février (photo 3). Elle exige un professionnalisme de la part du planteur car la bonne germination et la productivité de l'igname dépend de la réussite de cette opération. Les producteurs utilisent les tubercules entiers ou des fragments de tubercules comme semenceau à des proportions variables. Ces tubercules peuvent être issus de la première ou de la deuxième récolte. Les semences sont triées et conservées jusqu'après la deuxième récolte en attendant d'être semé. Selon les producteurs, ce sont les semenceaux qui génèrent un bon développement des tubercules d'igname.

Après la plantation les paysans procèdent au paillage qui consiste à recouvrir les buttes d'herbes sèches ou de feuilles fraîches cueillies des arbustes (photo 4). Selon ces derniers, cette opération permet de réduire la température du sol et l'évaporation; elle limite également l'érosion et l'enherbement de la butte. Elle est donc nécessaire à la survie du semenceau et à son développement ultérieur. Selon les producteurs il est important de semer les tubercules pendant l'harmattan, afin d'éviter la période de fortes chaleurs (mars – avril), pour permettre une bonne levée et un bon développement des plantules d'igname. Les semenceaux plantés commencent à germer après trois à quatre mois de dormance. La planche 2 montre les plantations et la couverture réalisée dans des champs de Ouaké.



Photo 3. Plantation de l'igname à Badjoudè



Photo 4. Couvertes des buttes par les feuilles fraîches des arbustes

Planche 2. Plantation et la couverture réalisés dans des champs de Ouaké

Prise de vue: S. Alassane, 2019

3.2.4 TUTEURAGE

Selon les producteurs, seul le tuteurage naturel existe dans la région de Ouaké. Elle consiste à laisser les troncs d'arbres dans le champ lors du défrichement. Ce sont ses troncs d'arbres laissés qui servent de tuteur aux plantes d'igname. En cas de manque de bois, des arbustes ou les branches des arbres sont coupées dans les environs pour servir de tuteur. Ces derniers sont introduits dans les buttes du côté du soleil levant pour éviter leur mise à terre par les forts vents de fin de saison des pluies. Le tuteurage permet à la tige d'igname de grimper. Cet exercice commence au cours de la période d'avril à mai pour les paysans ayant confectionné les buttes en septembre ou en octobre.

3.2.5 SARCLAGE

Le sarclage consiste à désherber les champs. C'est une des conditions phares pour assurer de bon rendement car les ignames sont très sensibles aux mauvaises herbes. Selon les producteurs enquêtés la fertilisation des sols est peu existante et l'usage de l'herbicide a pris d'ampleur dans la commune de Ouaké. Ainsi les producteurs limitent les travaux d'entretien deux ou trois fois dans l'année. Cette opération s'étale d'avril en mi-septembre.

3.2.6 RÉCOLTE

C'est une activité très délicate pour les producteurs, en raison, non seulement du risque de blessures des tubercules, mais aussi de sa pénibilité de par son exigence en force physique. Elle exige un professionnalisme de la part des paysans. Selon les producteurs, elle se fait progressivement selon les besoins alimentaires et financiers du ménage. Les périodes de récoltes diffèrent selon qu'il s'agit d'igname de variété tardive ou précoce. Certains producteurs ont affirmé que l'igname doit rester sous terre au moins neuf (9) mois avant de la récolter. Ainsi les premières récoltes démarrent dans la localité en août dès que les paysans constatent que les plantes d'igname portent assez de fleurs et s'étalent jusqu'à mi-octobre pour les variétés précoces. Cependant la majeure partie, qui concerne les deux variétés d'ignames, s'effectue entre novembre et février et s'inter coupe avec les travaux de plantation. Pour les ignames précoces la récolte est faite de façon minutieuse à l'aide du coupe-coupe ou d'un piquet préparé pour la circonstance. La récolte de l'igname consiste à creuser la butte, sectionner la partie supérieure de l'igname et la conserver dans la butte de manière à ne pas détruire les racines de la plante. La butte est aussitôt refermée et la partie supérieure conservée continue son développement pour produire le semenceau.

La deuxième récolte concerne les ignames tardives et des semenceaux des ignames précoces. Elle consiste à enlever la totalité des ignames en détruisant la butte dans l'intention de préparer le terrain pour la prochaine culture.

3.2.7 STOCKAGE

La méthode de stockage est celle héritée des ancêtres. Il s'agit des stockages enterrés qui consiste à creuser dans un champ sous un arbre un trou généralement de forme cylindrique de moins d'un mètre (1m) de profondeur dans lequel les ignames sont classées de façon superposée dans un cercle concentrique recouvert par les tiges sèches de la plante (Photo 5).



Photo 5. Stockage sous tige sec à Badjoudè

Prise de vue: S. Allassane

En résumé, le calendrier des travaux agricoles (production de l'igname) est présenté dans le tableau I.

Tableau 1. Calendrier des travaux agricoles

Mois	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
Activités																							
Défriche ment																							
Buttage																							
Plantation																							
Tuteurage																							
Sarclage																							
Récolte																							

Source: Enquête de terrain, 2019

3.3 EVOLUTION DE LA PRODUCTION DE L'IGNAME DANS LA COMMUNE DE OUAKÉ

3.3.1 IMPORTANCE DE L'IGNAME DANS LA COMMUNE DE OUAKÉ

L'agriculture demeure la principale activité des populations de la Commune de Ouaké. Les spéculations les plus produites sont l'igname (*Discorea spp.*), le sorgho (*Sorghum spp.*), le Riz (*Orizae spp*), le maïs (*Zea Mays spp.*), le manioc (*Manihot esculenta*). Mais l'igname représente une plante alimentaire qui marque l'identité des populations. En effet, à Ouaké, la valeur d'un homme se mesurerait par rapport à la taille de l'exploitation agricole notamment la superficie ensemencée en igname. L'étendue de la plantation d'igname détermine l'importance sociale du paysan. Chaque année, sa consommation est subordonnée à des cérémonies entretenant la cohésion des groupes sociaux et activant leur identité: la fête de l'igname. Cette fête de la nouvelle igname dénommée « Kupiu », est accompagnée de la lutte traditionnelle. Elle a souvent lieu au cours du mois d'août. Elle constitue en outre des occasions de retrouvaille, d'intégration et de réconciliation entre les populations. L'igname contribue à la satisfaction des besoins alimentaires des populations de la commune de Ouaké. Sur le plan nutritionnel, les enquêtés estiment que l'igname leur fournit de l'énergie permettant d'effectuer les travaux agricoles surtout les plus durs tels que le défrichage et le labour. Enfin, l'igname n'est plus destinée à la seule autoconsommation des populations mais s'insère aujourd'hui dans l'économie marchande du paysan. La figure 3 montre l'évolution de la production des principales cultures de 2006 à 2017 dans la commune de Ouaké.

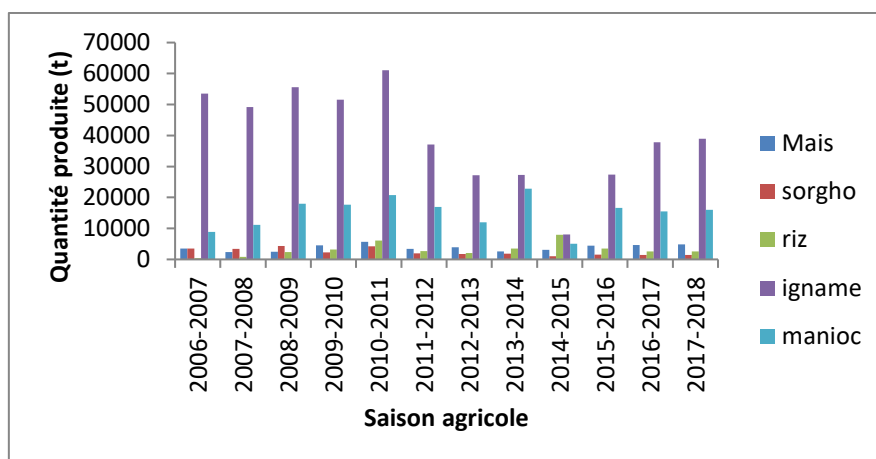


Fig. 3. Evolution de la production des principales cultures des campagnes agricoles de 2006 à 2017

Source: Données de la DDAEP, 2019

Il ressort de l'analyse de la figure 3 que la production de l'igname est toujours supérieure aux autres spéculations de 2006 à 2017. De façon générale, la commune de Ouaké a connu une importante production d'igname de 2006 à 2010. La plupart des cultures ont commencées par chutées progressivement de 2011 à 2017 mais plus faible au cours de la saison 2014-2015. Les conditions climatiques et/ou édaphiques ont été moins favorables pour le développement des cultures au cours de ces années.

3.3.2 RENDEMENTS DE LA PRODUCTION DE L'IGNAME DE 2006 À 2017

La figure 4 illustre l'évolution de la production de l'igname dans la commune de Ouaké de 2006 à 2017.

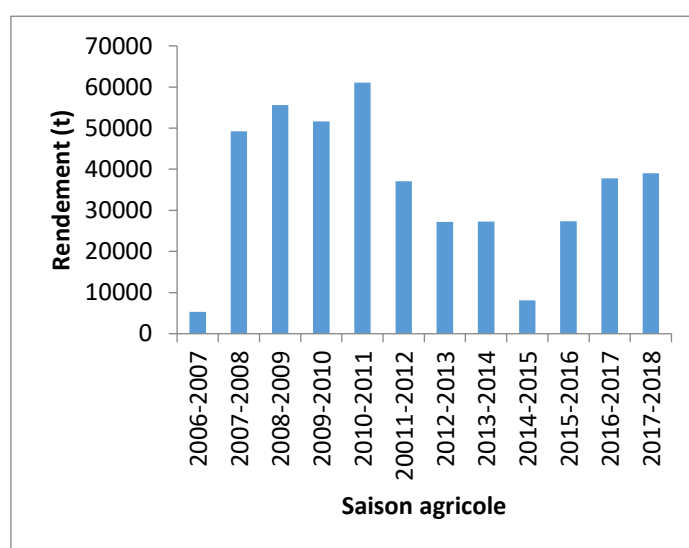


Fig. 4. Evolution de la production de l'igname de 2006 à 2017

Source: Données de la DDAEP, 2019

De l'analyse de la figure 4 on retient que la plus grande production d'igname de la commune de Ouaké a eu lieu au cours de la saison 2010 – 2011 soit une quantité de production de 61034 tonnes. Ce rendement a connu une baisse progressive de 2011 à 2017. Le faible rendement en 2006 est dû à certaines perturbations pluviométriques et à l'infertilité des sols. Selon les producteurs enquêtés, lorsque les champs de culture d'ignames deviennent infertiles, ils les abandonnent en jachère pour quelques temps (2 ou 3 ans) afin de les permettre de se régénérer, c'est ce qui explique par exemple cette meilleure production d'igname en 2010.

3.3.3 DIVERSES VARIÉTÉS D'IGNAMES CULTIVÉES DANS LA COMMUNE DE OUAKÉ

Les différentes variétés rencontrées dans cette localité se résument dans le tableau II:

Tableau 2. Répartition des différentes variétés d'ignames cultivées

Variétés précoces	Variétés tardives
Aloupa, Ankploman, Ekpètilè, Hilè-abalo, Walassi, Wotanam, Aboda, Lalboko, Gbèm, Katala	Alassola, Ewotolo Kokopo, Kpassa, Wolouchahabim, Toufou, Yèlian, Loli, Djadjabiou, Adè, Agbantao, Adjanfa

Source: Enquête de terrain, 2019

3.3.4 LA COMMERCIALISATION

Les activités de commercialisation de l'igname font de Ouaké une commune de transit. Bien que l'igname soit présente sur les marchés tout au long de l'année, sa saisonnalité et les difficultés liées à sa conservation imposent sa commercialisation. Selon les producteurs, on distingue deux périodes de vente de l'igname dans cette localité du pays. La première, d'août à octobre, concerne les variétés précoces et représente une période de commercialisation intense. Elle correspond au début des premières récoltes où tous les producteurs ne disposent pas encore des ignames sur le marché. A cet effet, les ignames sont vendues en fonction de leur taille, les grosses ignames sont cédées à 2500^F CFA pour un tas de trois (03) unité; celles de taille moyennes sont vendues à 1500^F CFA trois (03) pour un tas de trois (03) unité. La seconde période commence de mi-octobre avec la sortie progressive des variétés tardive; elle dure environ 9 mois. Au cours cette période, tous les paysans disposent des tubercules d'igname sur le marché. Ainsi, les prix de vente chutent et les paysans vendent leurs tubercules à 1500^F CFA (trois unités de grosses ignames) et à 1000^F CFA (trois unités de d'igname de taille moyenne).

Par ailleurs, les mois de décembre et janvier étant les mois de vende intense, les prix de vente augmentent alors que l'igname se faire rare chez les producteurs.

3.4 CONTRAINTES LIÉES À LA PRODUCTION DE L'IGNAME DANS LA COMMUNE DE OUAKÉ

Les contraintes à la production de l'igname dans la commune de Ouaké sont de divers ordres. On distingue les contraintes:

3.4.1 AGRONOMIQUE

Elles concernent la baisse de la fertilité des sols (c'est une contrainte majeure pour l'igname qui a besoin de terre très riche en éléments nutritifs pour exprimer ses potentialités), la non disponibilité d'engrais minéraux spécifiques, l'absence de formule et d'instruments de dosage d'engrais minéraux spécifiques par les agents encadreurs de la zone, la non disponibilité de semence saine pour la plantation, la non mécanisation des techniques de cultures du buttage, plantation, entretien et récolte; et le retard des pluies. La figure 5 montre l'évolution de la surface emblavée et de la fertilité du sol dans la commune de Ouaké.

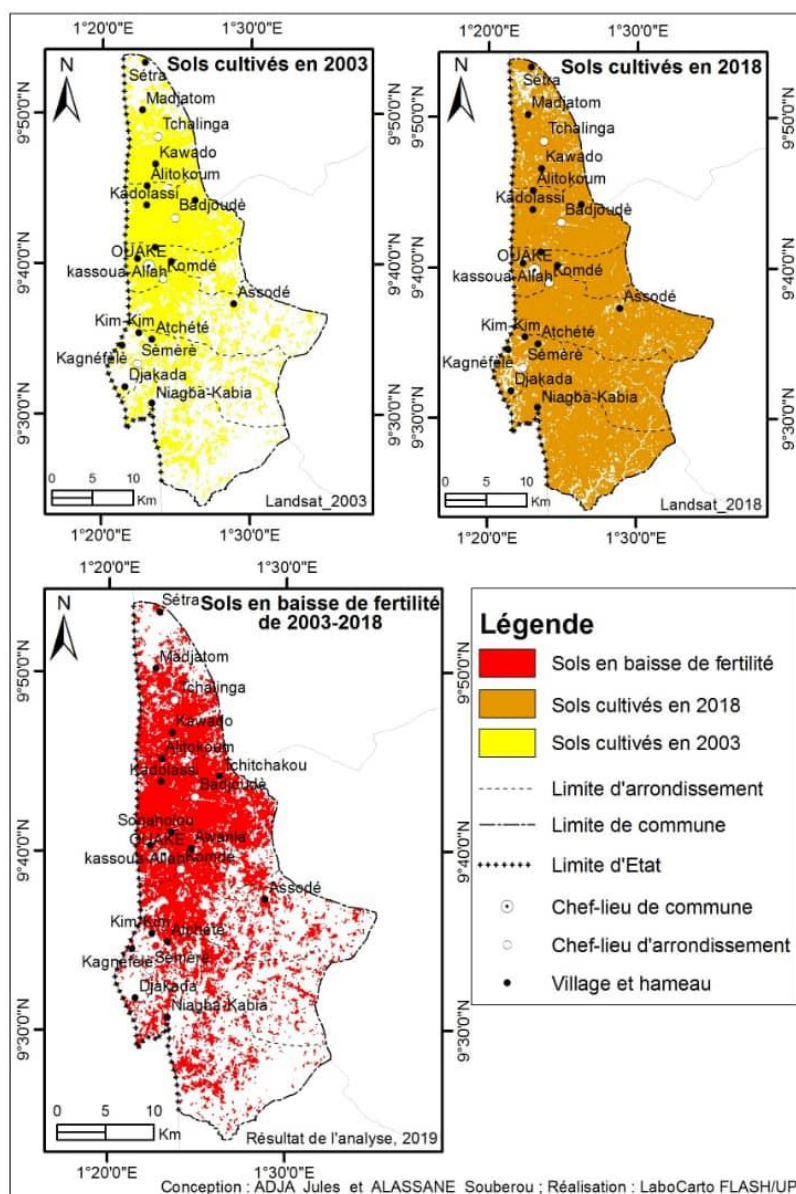


Fig. 5. Surface emblavée et baisse de la fertilité des sols ces 15 dernières années

De l'analyse de la figure 5, il ressort:

- Que la surface emblavée de 2003 à 2018 a très considérablement évolué
- Que la fertilité du sol a baissé considérablement de 2003 à 2018.

Cela pourrait contraindre les paysans de la commune de Ouaké à une migration vers des autres communes, à la recherche de terres fertiles.

3.4.2 POST-RÉCOLTE

Il s'agit des difficultés de stockage et de conservation de l'igname du fait de leur forte teneur en eau.

3.4.3 SOCIO-ÉCONOMIQUE

Elles concernent la mauvaise organisation des acteurs (producteurs) de la filière, le faible encadrement des producteurs d'igname, le coût élevé des semences et le manque de financement durable des activités de recherche sur l'igname.

3.4.4 COMMERCIALISATION

La majeure contrainte dans le processus de commercialisation est la non maîtrise des variations de prix sur les marchés par les paysans. Cela explique le faible revenu des paysans puisque les commerçants leur achètent les tubercules d'ignames à des prix minables.

3.5 CONSÉQUENCES DE LA PRODUCTION DE L'IGNAME SUR L'ENVIRONNEMENT

La figure 6 illustre la spatialisation des impacts de la production de l'igname dans la commune de Ouaké.

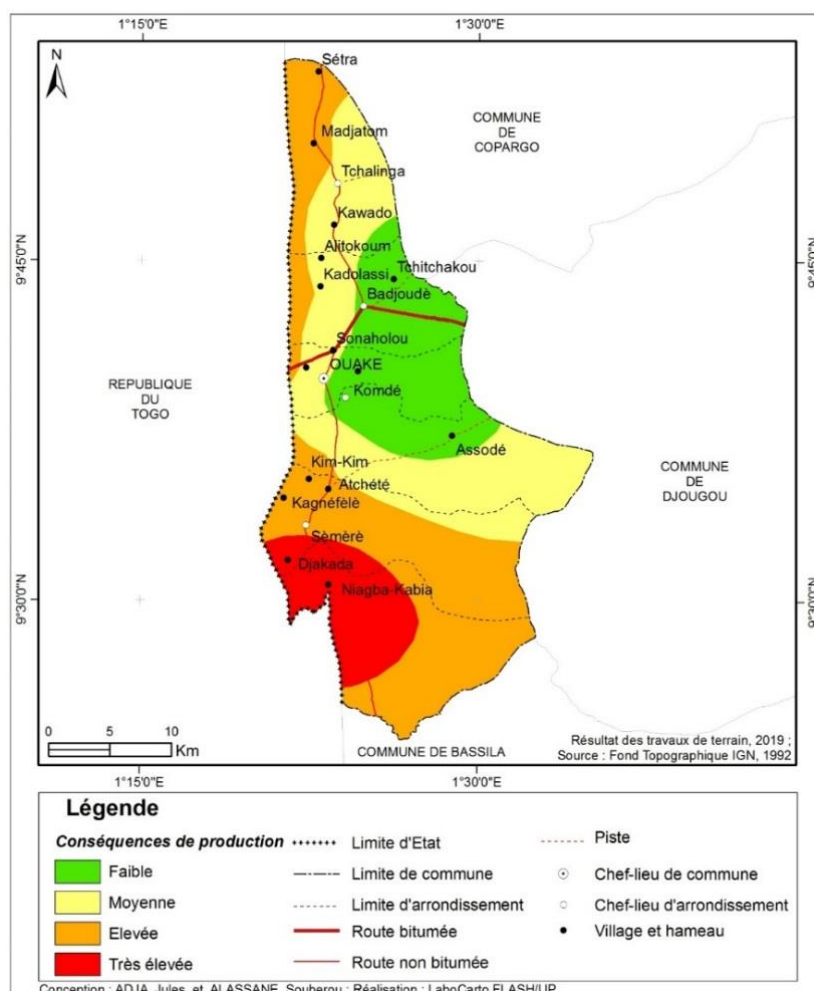


Fig. 6. Spatialisation des conséquences de production de l'igname sur l'environnement

De l'analyse de la figure il ressort que les impacts sur l'environnement de la production de l'igname sont très élevés dans les parties nord – ouest; sud et sud – ouest de la commune. En effet, la culture de l'igname, telle qu'elle est menée actuellement dans la commune de Ouaké, participe à la perte des espèces ligneuses. Dans toutes les rotations, l'igname vient en tête de culture occasionnant la perte massive de ces espèces. Seules quelques espèces à caractère socio-économique (*Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa* etc.) restent épargnées. De plus, l'ameublissement du sol dû à la fabrication des buttes d'igname contribue à l'appauvrissement des terres à long terme. A cela, il faut ajouter l'impact négatif des feux tardifs de végétation utilisés par les paysans pour défricher les parcelles. Ces feux dégagent le CO₂ qui pollue l'air, détruisant les microorganismes et la flore et exposent le sol à l'érosion. Aussi, le défrichement des forêts, le buttage, l'utilisation des tuteurs dénudent le sol et l'exposent à l'érosion. Enfin, la culture de l'igname, de par les techniques culturales qui lui sont propre et ses exigences, participe à la dégradation massive de l'environnement

Par ailleurs les résultats de cette étude ont été analysés avec l'outil SWOT. Les résultats de cette analyse se présentent dans le tableau III.

Tableau 3. Outil SWOT

Facteurs internes	Forces	• Une culture rentable mais qui demande du travail, • Igname un produit normale mais la qualité commerciale à améliorer
	Faibles	• Insuffisance d'agents encadreur, • Manque d'organisation des producteurs, • Baisse des prix potentiel
Facteurs externes	Opportunités	Pas d'opportunité
	Menaces	• Irrégularité des pluies, • Infertilité des sols

Source: Enquête de terrain, 2019

4 DISCUSSION

Les travaux menés dans la commune de Ouaké ont révélé une diversité de pratiques culturelles à l'échelle des producteurs. La culture d'igname du point de vue agronomique est une culture très exigeante. Elle requiert non seulement des terres fertiles mais aussi des hauteurs de pluies supérieures à 1500 mm répartis sur 5 à 6 mois et une période d'insolation équivalente. Les systèmes de productions demeurent traditionnels à ce jour (l'association et la rotation de culture), ils sont constitués de plusieurs techniques de cultures de telles que le défrichage, la plantation etc.... Ces résultats sont conformes à ceux de R.Y.M.A. Aboudou & L. Auriol (2006, p. 9), qui affirment que la production de l'igname s'effectue en 6 étapes à savoir le défrichage/labour, le buttage, la plantation, le tuteurage et le sarclage. Ils affirment également qu'il n'est pas coutume chez les producteurs d'igname d'utiliser des engrais chimiques pour intensifier les rendements; ce qui est en contradiction avec le fait que dans la localité de Ouaké, les champs de culture d'igname sont défrichés par des apports extérieurs comme l'utilisation des herbicides.

Les cultures agricoles sont tributaires de la pluviométrie, c'est la raison pour laquelle certaines activités telles que la confection des buttes et la plantation, le sarclage et le tuteurage se chevauchent, rendant ainsi la culture de l'igname contraignante. Ainsi, la plantation a débuté généralement en décembre jusqu'en février. Ces résultats corroborent ceux de J. M. Dipama (2016, p.9) selon lesquels les activités agricoles de la population rurale du Burkina Faso sont tributaires des conditions climatiques. Le tuteurage est reconnu utile et pratiqué par les producteurs de la zone d'étude.

Le caractère exigeant (mains d'œuvre salariale, main d'œuvre familiale) font que les jeunes sont moins motivés par cette culture. Ce résultat confirme celui de Floquet et al., (2012, p. 435) qui ont souligné qu'en Afrique de l'Ouest dans les zones de fortes pressions foncières les producteurs disposant de peu de main d'œuvre et de peu de moyens financiers réduisaient les superficies au profit de l'intensification. Par ailleurs, l'igname est associée à d'autres cultures notamment le mil, le maïs et le sorgho dans l'objectif de diversifier les productions agricoles. L'igname est considérée comme une culture incompatible à l'agriculture moderne à cause du poids de la tradition. Elle n'est plus destinée à la seule autoconsommation des populations mais s'insère aujourd'hui dans l'économie marchande du paysan. Ces résultats corroborent ceux de C. K. Kiki (2007, p. 11) selon lesquels le stockage de l'igname répond au double objectif d'autoconsommation et de vente au centre du Bénin. La production d'igname s'insère plus dans l'économie marchande qu'à la consommation aujourd'hui et doit faire face aux défis.

5 CONCLUSION

La culture de l'igname dans la commune de Ouaké est d'une importance considérable avec une production maximale de 61034 tonnes au cours de la saison 2010 - 2011. Elle constitue l'aliment de base des populations de cette commune. Sa production locale permet ainsi de nourrir la population de ces régions et ajoute une valeur économique aux producteurs (paysans et commerçants). Les paysans, pendant longtemps, ont inventé des pratiques et mis au point des techniques qui leur permettent de conduire à bien la culture de l'igname dans la commune de Ouaké. L'étude de ces pratiques et techniques ont permis de mettre en évidence les principaux paramètres suivant: le profil des producteurs, les pratiques culturelles et les variétés utilisées, la commercialisation, importance de l'igname chez les populations, les contraintes de production et les conséquences des pratiques culturelles de l'igname sur l'environnement. Cependant, cette étude est loin d'aborder toutes les préoccupations relatives à cette thématique notamment la caractérisation des typologies de sols, l'identification des facteurs influençant le rendement de l'igname et enfin l'analyse des coûts de production, les dépenses. Dans cette commune, la filière igname est encore porteuse d'espérance comme un des moyens domestiques de résolution des questions de sécurité alimentaire du pays. L'igname dispose en effet d'incontestables atouts qui font d'elle une culture d'avenir pour l'économie nationale. Les investigations ont révélé qu'en amont, l'igname offre aux populations de la zone d'étude, des avantages tant sur le plan alimentaire que sur le plan socioéconomique ce qui fait d'elle une culture pratiquée par environ 95 % des paysans. En aval, la technique culturelle de l'igname fait perdre des ressources végétales.

En somme, dans la commune de Ouaké l'igname, est cultivée traditionnellement avec des productions insignifiantes. Aujourd'hui, l'utilisation des pesticides et des fumures organiques est l'habitude des paysans de la commune de Ouaké. Ainsi, dans la conduite de la culture on note à certaines étapes des pratiques culturales notamment au niveau du défrichement un changement (utilisation des herbicides) notoire. Enfin, les agents encadreurs sensés accompagner les producteurs d'igname dans la localité ne sont pas disponibles.

Dans la perspective d'améliorer la filière et de la rendre compétitive, il faut envisager la mise en place d'une stratégie dont les politiques se baseront sur les axes tels que:

- l'amélioration des variétés d'ignames en se fondant sur sa faisabilité chez le producteur;
- l'information, l'éducation et l'utilisation des plantes fertilisantes pour la culture de l'igname.

Ces politiques vont alors s'orienter vers les techniques de production, les plantes fertilisantes pour la fertilité des sols et la lutte contre les parasites.

REFERENCES

- [1] ADAM Sikirou et BOKO Michel, 1993, « Le Bénin ». Les éditions du Flamboyant/EDICEF, 41-51 pp.
- [2] ADIBA H. Christian, 2016, impacts environnementaux de la culture de l'igname dans la commune de Savalou, mémoire de licence, université de Parakou, 60 p.
- [3] AURIOLE Laura et ABOUDOU Ramanou Y. M. A., 2006, Impacts de la croissance urbaine sur les filières agricoles en Afrique de l'Ouest: cas de l'igname à Parakou, Bénin, IFEAS, LARES, document de travail Ecocité n°13, www.ecocite.org, 51 p.
- [4] BACO M. N. 2014, « Diffusion et déterminant de l'adoption de la pileuse électromécanique de l'igname dans les villes de Parakou et de Cotonou au Bénin », 17-25 pp.
- [5] DIPAMA Jean-Marie, 2016, Changement climatique et agriculture durable au Burkina Faso: stratégies de résilience basées sur les savoirs locaux, Rapport d'étude, ied Afrique, PRESA, 36 p.
- [6] FAO, 2015, L'État de l'insécurité alimentaire dans le monde, Objectifs internationaux 2015 de réduction de la faim: des progrès inégaux, Rome, 66 p.
- [7] FLOQUET B. Anne, MALIKI Raphiou, TOSSOU C. Rigobert et TOKPA Celestin, 2012, « Évolution des systèmes de production de l'igname dans la zone soudano-guinéenne du Bénin » Cah Agric 21: 427-437 pp.
- [8] HOUEDJISSIN Richard C. et KOUDANDE O. Delphin, 2010, projet de renforcement des capacités de recherche pour le développement de l'igname en Afrique de l'ouest et du centre, rapport final, Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, République du Bénin, 64 p.
- [9] KIKI K. Célestin, 2007, « Connaissances endogènes liées à la production et au stockage d'igname au centre du Bénin: Etude de cas des groupes socioculturels autochtones et migrants », Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin n° 56, 17 p.

Effects of biological fertilizers on the yields of onion (*Allium Cepa* L.) and on soil physico-chemical, microbiological properties in the Centre-west of Burkina Faso

Jacques Sawadogo¹, Pane Jeanne d'Arc Coulibaly¹, Madi Beogo², Claude Arsène Savadogo⁴, and Jean Boukari Legma³

¹Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Département des Ressources Naturelles et Systèmes de Productions, Laboratoire Sol eau plante (SEP), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

²Université Joseph KI-ZERBO, UFR - Science de la Vie et de la Terre, Laboratoire Sols, Matériaux et Environnement (LSME), 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

³Université Saint - Thomas - d'Aquin (USTA), Faculté des Sciences et Technologies, 06 BP 10212 Ouagadougou 06, Burkina Faso

⁴GIE-BioProtect-Burkina, S/C ARFA 15 BP 15 Fada N'Gourma, Burkina Faso

Copyright © 2022 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, vegetable production is a very important asset for the socio-economic development. However, many constraints negatively affect its potential. The use of biological fertilization has been proved to be a satisfactory alternative to these issues. Therefore, this experiment uses some composts based on local substrates (*Bokashi* compost and compost enriched with *Trichoderma harzianum*) to study their agro-economic benefit on onion and their effects on soil chemical properties. The study was carried out in the Central-West region of Burkina Faso, using a completely randomized Fisher block design with six treatments in three replications. The applied treatments were: T0 (control); T1 (*Trichoderma harzianum* enriched compost + 175 kg ha⁻¹ of NPK (14-23-14) + 50 kg ha⁻¹ of urea (46%)); T2 (compost enriched with *Trichoderma harzianum*); T3 (350 kg ha⁻¹ of NPK (14-23-14) + 100 kg ha⁻¹ of urea (46%)); T4 (*Bokashi* compost + 175 kg ha⁻¹ NPK (14-23-14) + 50 kg ha⁻¹ urea (46%)); T5 (*Bokashi* compost). The results showed that the use of biological fertilizers enhanced onion yield compared to that of the control plot. In addition, the combination of compost enriched with *Trichoderma harzianum* and mineral fertilizer led to better yield increase of more than 200% compared to the control plot. Moreover, these biological fertilizers were able to stabilize soil pH neutrality and significantly increased soil organic matter content and its mineral properties (N, P, K, Mg, Ca). Then, for a sustainable and efficient agriculture, it would be necessary to disseminate these two composts in particular that enriched with *Trichoderma harzianum* having better agro-economic benefit and increasing soil fertility.

KEYWORDS: Burkina Faso, *Bokashi* compost, compost enriched with *Trichoderma harzianum*, economic benefit, onion yield, soil fertility.

1 INTRODUCTION

Onion (*Allium cepa*) is the most widely cultivated species of the genus *Allium* [1]. It is recognized worldwide as one of the most important vegetable crops. It has high nutritional value and many highly beneficial properties for human health, such as polyphenols, flavonoids and antioxidants [2], as well as carbohydrates and sugar [3], protein and vitamin C [4]. Also, it was reported by Adriouch (2017) [5] that onions may decrease the risk of heart disease and certain cancers. This vegetable crop is produced on a total of 2.7 million hectares in the world with a total production of 742.51 million tons (FAO, 2012) [6]. The largest producers include China (205.08 million tons), India (133.72 million tons) and the United States of America (33.21 million tons) (FAO, 2012). In West Africa, the average annual production of onions is about 1.1 million tons, accounting for less than

2% of world production [7]. According to these authors, Nigeria is the region's largest producer and importer with a total annual production of 618,000 tons. It is followed by Niger with a production of 447,000 tons. In Burkina Faso, onion accounts for about a third, or 32.4% of the market-garden production and mobilizes more than 160,000 producers. It ranks 4th in Africa with an average annual production of 242,258 tons [8] and a turnover of 4.38 billion CFA Francs in 2005 to 24.87 billion in 2008 [9]. This sector also contributes to the reduction of unemployment, especially in the dry season. Producers can find on-site cash income to improve their socio-economic conditions, which can make an important contribution to improving the living conditions of populations. Onion production can also be a partial alternative to reducing the exodus of young people to urban centers. Therefore, this sector is a source of hope for producing countries' economies. However, nowadays, crop vegetable production is facing more and more difficulties linked to climate, to land issues, and mainly to arable soil fertility decrease. In Burkina Faso, land degradation problem affects agricultural production. Crop yields are decreasing with a huge impact on food security. Therefore, to increase food security and environmental sustainability in agricultural systems, there is a need to adopt an integrated soil fertility management approach which could maximize crop production and minimize nutrients depletion and soil physical and chemical properties contents. Then, this study uses biological inputs to improve onion production and soils physico-chemical properties.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

The study was conducted in the village of Soala (Figure 1) located in the department of Nanoro, Province of Boulkiemdé, in the Central West Region of Burkina Faso. The study site was situated between 12°39' and 12°18' N and between 1°57' and 1°37' W and was at 62.8 km from Ouagadougou along the Ouagadougou-Yako axis.

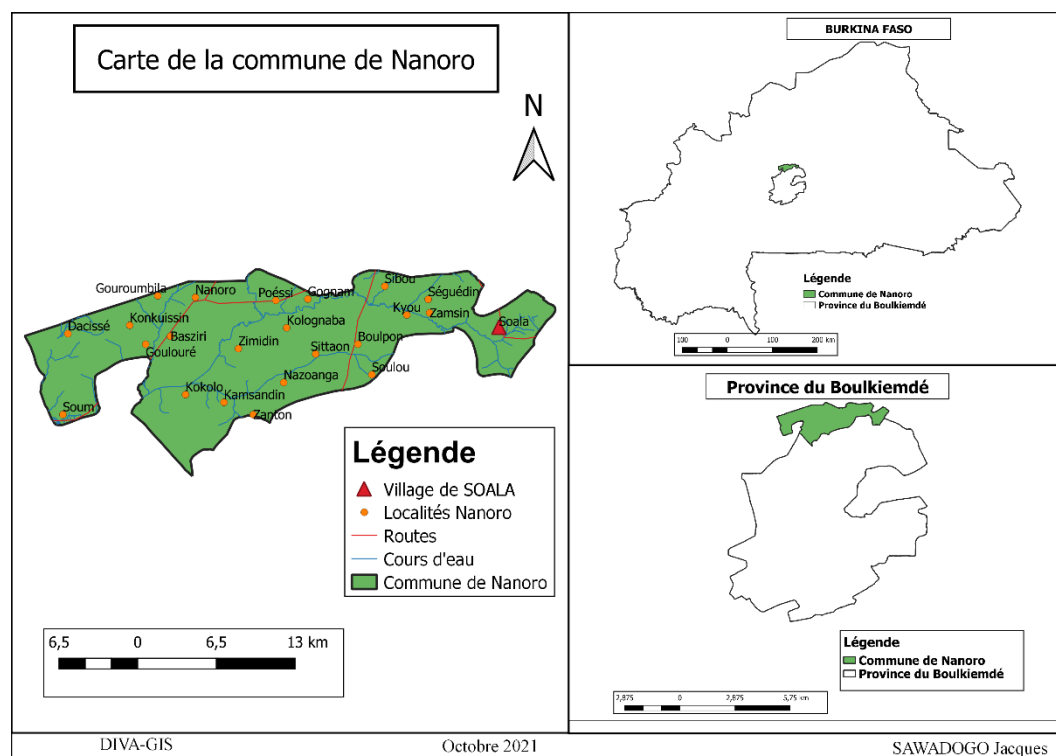


Fig. 1. Location of the study site

2.2 PLANT MATERIAL

Karibou variety of onion (*Allium cepa* L.) was used in this experiment. It has a maturity cycle of 120 days with a potential yield between 40 and 45 t/ha [10].

2.3 BIOLOGICAL AND MINERAL FERTILIZERS

The biological fertilizers used were *Bokashi* compost and compost enriched with *Trichoderma harzianum*. These fertilizers were applied according to their recommended rate (30 t. ha⁻¹ or 3 kg/m²). Mineral fertilizers such as NPK (14-23-14) were brought in two fractions, on the 14th and 28th day after transplanting (JAR) at a dose of 350 kg ha⁻¹ and urea (46%) was brought in a single dose of 50 kg ha⁻¹ at the 28th day after transplanting. The biological pesticide Solsain was used at a rate of 2 mL/ha to improve soil health, Piol at emergence to control onion leaf pests, and BioPoder at 2 mL/ha to control all underground pests.

2.4 EXPERIMENTAL DEVICE AND CULTURAL PRACTICE

A completely randomized Fisher block design was used. Two factors were considered in this design: the fertilization factors (compost enriched with *Trichoderma harzianum*; *Bokashi* compost and mineral fertilizer) and water supply for onion speculation. The combination of these factors led to six (06) treatments in three replications, with a total of eighteen (18) elementary squares randomly distributed on the site plots. The applied treatments were: T0 (control); T1 (compost enriched with *Trichoderma harzianum* + 175 kg ha⁻¹ of NPK (14-23-14) + 50 kg ha⁻¹ of urea (46%)); T2 (compost enriched with *Trichoderma harzianum*); T3 (350 kg ha⁻¹ of NPK (14-23-14) + 100 kg ha⁻¹ of urea (46%)); T4 (*Bokashi* compost + 175 kg ha⁻¹ NPK (14-23-14) + 50 kg ha⁻¹ urea (46%)); T5 (*Bokashi* compost). The *Karibou* variety was transplanted with a density of 48 plants per plot of 2 m² of area, after 45 days in a nursery. Three manual weeding were performed at 3, 6 and 8 weeks after transplanting. Water was supplied twice a day at the beginning of transplanting, and one per day from 30 days after to the end of the experiment.

2.5 ONION BULB YIELD

Yield was assessed at harvest on each plot. Extrapolation to the hectare has been possible by the formula:

$$\text{Yield (t. ha}^{-1}\text{)} = \text{Yield (g/foot)} \times 500\,000 \quad \text{equation 1}$$

With 500,000 as the average number of feet per hectare.

2.6 YIELD GAIN

The yield gain is the additional yield gain due to a fertilizer over the absolute control. It was determined as follows:

$$\text{Efficiency gain} = \frac{X_2 - X_1}{X_1} \times 100 \quad \text{equation 2}$$

With X₂: Processing yield; X₁: control yield

2.7 VALUE COST RATIO (VCR) AND RETURN ON INVESTMENT (ROI)

A cost-to-value (RVC) ratio has been calculated to identify the best treatment that can be readily adopted by producers. It is the ratio of the net monetary gain to the total variable costs of fertilizers calculated according to the following formula:

$$\text{VCR} = \frac{X - Y}{Z} \quad \text{equation 3}$$

Where X: Net Treatment Benefit (CFA Francs/ha); Y: Net Control Benefit (CFA Francs/ha) and Z= Total Variable Costs. A technology can only be readily adopted if the VCR value is equal to or greater than 2. Adoption is reluctant if this value is between 1.5 and 2 and below 1.5 there is rejection [11], [12].

The return on investment (ROI) makes it possible to see whether the profits obtained after the sale of the tomato have made it possible to offset the expenses made during the production.

$$\text{ROI} = \frac{X - Z}{Z} \times 100 \quad \text{equation 4}$$

Where X is the treatment net benefit (CFA Francs) and Z is the total variable costs (CFA Francs).

To assess the benefits of growing onions, the following costs were taken into account: the costs related to biological fertilizers and pesticides, the seeds, harvesting of onion bulbs, transport and incorporation into the soil. The cost of *Bokashi* compost and compost enriched with *Trichoderma harzianum* is 5000 CFA Francs/50 kg and 6000 CFA Francs/50 kg respectively. The average price per kg of onion in the market of Burkina Faso is about 700 CFA Francs. The net profit was obtained with a margin of 15% loss.

2.8 COLLECTION AND PREPARATION OF SOIL SAMPLES

Soil samples were collected using the diagonal method before and after the experiment at 0 – 20 cm depth. For each plot, a composite sample was obtained by mixing 4 elementary samples. The soil samples collected were then dried at 40°C for four days in a SHIMADZU and STAC S-50M oven, and ground using a TM-25S mechanical device and sieved to 2 mm and bagged for analysis.

2.9 MEASUREMENTS OF SOIL CHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS

Soil samples analyses were done using the analytical methods developed by Blume [12], [13]. These analyses involved the determination of pH (water and KCl), total nitrogen, organic carbon, and available phosphorus [14], [15], [16]. Soil respiration was measured by respirometry method. This expresses the potential soil biological activity depending on the the presence of the biodegradable organic matter. The respirometry (CO₂) test measured the amount of CO₂ released from soil samples incubated. For its measurement, fifty grams (50 g) of each soil sample sieved to 2 mm and moistened to 2/3 of their maximum holding capacity were placed in a glass jar. Tightly sealed jars are incubated at room temperature. Each sample is in three (03) replications. Measurements of CO₂ release were made every twenty-four (24) hours for one week and then every 48 hours until the 14th day of incubation [17]. All these measurements were done in the Soil-water-plant Laboratory of the Environmental, Agricultural Research and Training Centre of Kamboinsé (CREAF) in Burkina Faso.

2.10 DATA ANALYSIS

To assess the differences and identify the correlations among parameters, data was subjected to one factor analysis of variance (ANOVA) [18], [19]. The means comparison was performed using the Student Newman-Keuls (SNK) test at the 5% threshold using GenStat Release 12.1 software. The histograms were built with the 2016 Excel spreadsheet. Also, changes in soil characteristics between the beginning and the end of the experiment were calculated using the formula:

$$Y (\%) = \frac{Y_2 - Y_1}{Y_1} \times 100 \quad \text{equation 5}$$

with Y₂: value of the parameter considered at the end of the experiment and Y₁: value of the parameter considered at the beginning of the test [20], [21], [22],. Indeed, according to the formula, negative values suggest losses in soil properties, whereas positive values suggest an improvement in soil fertility.

3 RESULTS

3.1 EFFECTS OF BIOLOGICAL FERTILIZERS ON YIELD AND YIELD GAIN OF THE ONION CROP

Figures 2 and 3 showed the effect of the applied treatments on onion bulb yield. At the end of the study, High significant differences were observed in yield and yield gain ($p < 0.001$ and $p = 0.002$ respectively). The highest yields were obtained within plots under compost enriched with *Trichoderma harzianum* (T2 = 50.32 t. ha⁻¹), followed by *Bokashi* compost combined or not with recommended mineral fertilizer (T4 = 44.77 t. ha⁻¹ and T5 = 43.27 t. ha⁻¹). The lowest yield was noted in the control plot (T0 = 30.37 t. ha⁻¹).

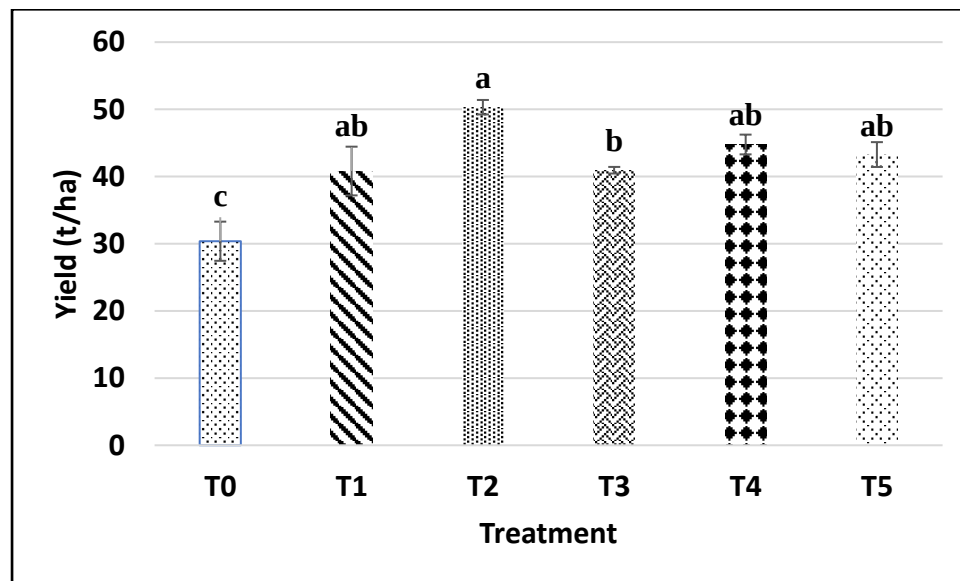


Fig. 2. Effects of Fertilizer on Onion Yield

Legend: T0: control; T1: compost enriched with *T. harzianum* + 175 kg ha⁻¹ of NPK + 50 kg ha⁻¹ of urea; T2: compost Enriched compost with *T. harzianum*; T3: 350 kg ha⁻¹ of NPK + 100 kg ha⁻¹ of urea; T4: Bokashi compost + 175 kg ha⁻¹ of NPK + 50 kg ha⁻¹ of urea; T5: Bokashi compost

Similarly, to onion yield, the results indicated that the highest yield gain (Figure 2) was reported within plots amended with compost enriched with *Trichoderma harzianum* (T2= 1995%), followed by Bokashi compost combined or not with the recommended mineral fertilizer (T4 = 1441% and T5 = 1291% respectively). Here too, the lowest yield gain was assessed in the control plots and in the plots amended with 350 kg ha⁻¹ of NPK + 100 kg ha⁻¹ of urea (T3= 1057%) and with compost enriched with *Trichoderma harzianum* combined with the recommended mineral fertilizer (T1 = 1045%). At the end of the study, treatments are classified according to their positive influence on yield and yield gain: T2>T4>T5>T3>T1>T0.

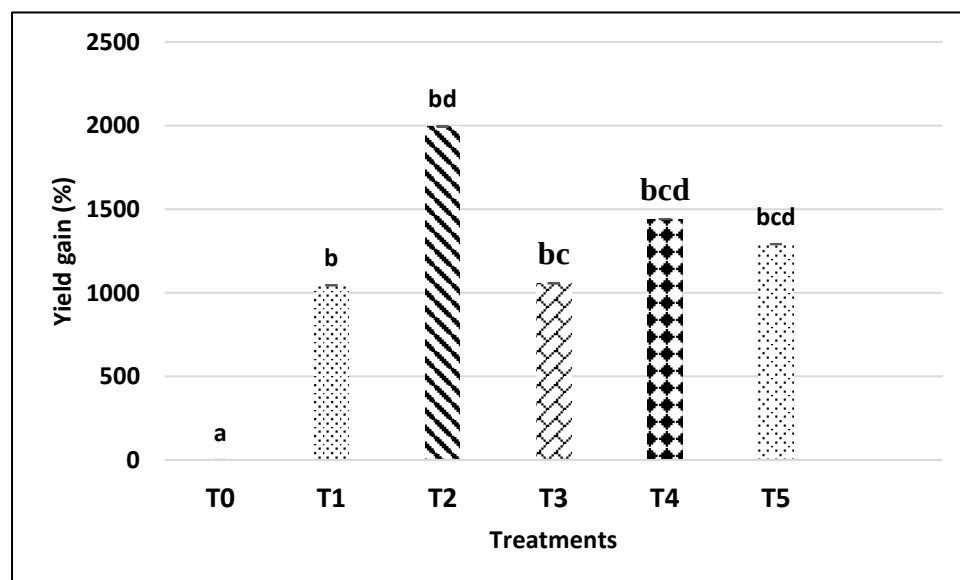


Fig. 3. Effects of Fertilizer on Yield Gain of Onion Crop

Legend: T0: control; T1: compost enriched with *T. harzianum* + 175 kg ha⁻¹ of NPK + 50 kg ha⁻¹ of urea; T2: compost enriched with *T. harzianum*; T3: 350 kg ha⁻¹ of NPK + 100 kg ha⁻¹ of urea; T4: Bokashi compost + 175 kg ha⁻¹ of NPK + 50 kg ha⁻¹ of urea; T5: Bokashi compost

3.2 ECONOMIC RESULTS

Data collected and analyzed on economic profitability showed in that total variable costs, gross profit, net profit, and financial profitability on one hectare of onion were greater in the treatment T2 and T4 where compost enriched with *T. harzianum* and *Bokashi* compost combined with mineral fertilizer were applied. These two treatments (T2 and T4) profit margins were 27,159,159 and 24,058,965 CFA Francs respectively. The lowest profit margin with an amount of 16, 287, 503 CFA Francs resulted from the control. Then, using the biological fertilizer (compost enriched with *Trichoderma harzianum*) alone proved to be the most advantageous treatment compared to *Bokashi* compost combined with mineral fertilizer. The whole treatments applied impacted positively the economic profitability of onion through the values of the VCR and ROI. Therefore, all treatments can be suggested to vegetable growers with more chance of adoption. However, because of the purchasing power of most growers in the study area or even in the country, the treatment based on compost enriched with *Trichoderma harzianum* (T2) could be recommended.

Table 1. Economic analysis of 1 ha of onion according to fertilizer treatments

Treatment	Total variable costs (FCFA/ha)	Yield (kg/ha)	Gross income (FCFA/ha)	Gross profit (FCFA/ha)	Net profit (FCFA/ha)	VCR	ROI
T0	897 802	30 367	21 257 180	20 591 628	16 287 503	-	17.14
T1	1 224 253	40 818	28 572 880	27 619 877	21 878 902	4.57	16.87
T2	1 276 172	50 322	35 225 120	34 220 198	27 159 158	8.52	20.28
T3	1 244 697	40 942	28 659 120	27 685 673	21 931 538	4.53	16.62
T4	1 268 654	44 775	31 342 360	30 344 957	24 058 965	6.13	17.96
T5	1 169 268	43 274	30 291 800	29 393 783	23 298 026	6.00	18.93

Legend: T0: control; T1: compost enriched with *T. harzianum* + 175 kg ha⁻¹ of NPK + 50 kg ha⁻¹ of urea; T2: compost enriched with *T. harzianum*; T3: 350 kg ha⁻¹ of NPK + 100 kg ha⁻¹ of urea; T4: *Bokashi* + 175 kg ha⁻¹ of NPK + 50 kg ha⁻¹ of urea; T5: *Bokashi*; VCR: cost ratio; ROI: return on investment

3.3 EFFECT OF TREATMENTS ON SOIL PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS

Soil samples were collected and analyzed in the laboratory at the beginning and at the end of the experiment to characterize its physico-chemical properties. The results of the analysis of variance shows some variations in C, N, P, K and exchangeable bases contents among treatments in and their changing rate in Significant differences were noted among these treatments at 5% of probability. Compost enriched with *Trichoderma harzianum* combined to mineral fertilizer (T1) was found to have great influence on soil chemical properties (C, N, P, K, Ca²⁺ and Mg²⁺). This study also reported that the exclusive application of mineral fertilizer led to soil acidification (pH<6). However, treatments with biological fertilizer (Compost enriched with *Trichoderma harzianum* and *Bokashi* compost) contributed to increase soil pH (pH>6), result of reduction of soil acidity. Comparing the basic sample and those collected at the end of the experiment, it was sought that all chemical elements increased excepted the total P that decreased in all treatments. At this level too, compost enriched with *T. harzianum* combined to mineral fertilizer (T1) was the most contributing to high percentages of change in total carbon (98.7%), total nitrogen (32.05%), total potassium (49.18%), and organic matter (7.82%). Moreover, the smallest decreases in total phosphorus were observed in this (T1) treatment and also in T2 one (compost enriched with *T. harzianum*). Nevertheless, the results showed improvements in C/N ration, in organic carbon, N and K contents induced by biological amendment.

3.4 EFFECT OF FERTILIZATION ON THE BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS AT THE END OF THE SEASON

At the end of the experiment, soil samples were collected to measure CO₂ release. The results presented on showed the highest values of CO₂ released within plots amended with *Bokashi* compost combined with a ½ dose of mineral fertilizer (T4 = 8.35 mg.100g⁻¹) and compost enriched with *Trichoderma harzianum* (T2 = 7. 25 mg.100g⁻¹). The other CO₂ emissions from *Bokashi* compost (T5 = 4.463 mg.100g⁻¹), mineral fertilizer (T3 = 3.66 mg.100g⁻¹) and compost enriched with *Trichoderma harzianum* combined to a ½ dose of mineral fertilizer (T1 = 3.44 mg.100g⁻¹) were found medium-high. The lowest CO₂ release was noted in the control plot with a released CO₂ value of 2.41 mg.100g⁻¹ soil.

Table 2. Soil properties (0-20 cm) before and at the end of the study

Treatment	pH	pH	C	N	P	K	Ca	Mg	MO	C/N
	H ₂ O	KCl	%	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	%	
T0': Pre-test	7.17	7.45	2.3	2.26	125	1.02	40.4	0.85	3.94	13
T0: Control	5.33 ^a	5.717 ^a	2.383 ^a	1.233 ^a	85 ^a	1.133 ^a	71.67 ^{bd}	1.0 ^a	4.080 ^a	17 ^{cd}
T1: enriched compost + ½ FMV	7.2 ^f	6.547 ^a	4.57 ^e	2.953 ^e	124 ^c	1.517 ^d	139.33 ^e	1.05 ^a	7.824 ^e	15 ^{bc}
T2: enriched compost	6.95 ^e	6.467 ^a	3.907 ^d	2.984 ^e	116 ^b	1.47 ^{cd}	25.87 ^{abc}	0.98 ^a	6.688 ^d	13 ^a
T3: FMV	5.94 ^b	5.893 ^a	3.050 ^b	1.811 ^b	119 ^{bc}	1.3 ^b	40.33 ^{abcd}	0.977 ^a	5.222 ^b	17 ^d
T4: Bokashi compost + ½ FMV	6.33 ^c	6.183 ^a	3.46 ^c	2.320 ^c	124 ^c	1.32 ^b	14.63 ^a	1.063 ^a	5.924 ^c	14 ^{ab}
T5: Bokashi compost	6.83 ^d	6.433 ^a	3.47 ^c	2.424 ^d	136 ^d	1.41 ^c	24.33 ^{ab}	0.97 ^a	5.941 ^c	15 ^b
Cv (%)	0.7	8.8	1.1	1.8	2.5	3.2	37.5	14.5	1.1	4.6
Probability	<0.001	0.389	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.944	<0.001	<0.001
Meaning	THS	NS	THS	THS	THS	THS	THS	NS	THS	THS

Legend: FMV: Mineral Manure (350 kg ha⁻¹ of NPK + 100 kg ha⁻¹ of urea); THS: Very Highly Significant; NS: Non-Significant; Cv: Coefficient of variation

Table 3. Percentage change in physical-chemical properties of soils

Treatment	pH _{H2O}	pH (KCl)	C	N	P	K	Ca	Mg	MO
	%								
T0: Control	-25.7 ^a	-23.3 ^a	3.62 ^a	-45.44 ^a	-32 ^a	11.48 ^a	77.39 ^{bd}	17.65 ^a	3.62 ^a
T1: enriched compost + ½ FMV	0.37 ^f	-12.16 ^a	98.7 ^e	32.05 ^e	-0.8 ^c	49.18 ^d	244.88 ^e	23.53 ^a	98.7 ^e
T2: enriched compost	-3.11 ^e	-13.24 ^a	69.86 ^d	30.66 ^e	-7.2 ^b	44.59 ^{cd}	-35.97 ^{abc}	15.29 ^a	69.86 ^d
T3: FMV	-17.19 ^b	-20.93 ^a	32.61 ^b	-19.87 ^b	-4.8 ^{bc}	27.87 ^b	-0.17 ^{abcd}	14.9 ^a	32.61 ^b
T4: Bokashi compost + ½ FMV	-4.79 ^d	-17.04 ^a	50.43 ^c	2.64 ^c	-0.8 ^c	29.84 ^b	-63.78 ^a	25.1 ^a	50.43 ^c
T5: Bokashi compost	-11.76 ^c	-13.69 ^a	50.87 ^c	7.26 ^d	8.8 ^d	38.69 ^c	-39.77 ^{ab}	14.12 ^a	50.87 ^c
Cv (%)	6.3	43.9	3.3	152.7	37.7	12.6	160.5	93.3	3.3
Probability	<0.001	0.389	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.944	<0.001
Meaning	THS	NS	THS	THS	THS	THS	THS	NS	THS

Legend: FMV: Mineral Manure (350 kg ha⁻¹ of NPK + 100 kg ha⁻¹ of urea); THS: Very Highly Significant; NS: Non-Significant; Cv: Coefficient of variation

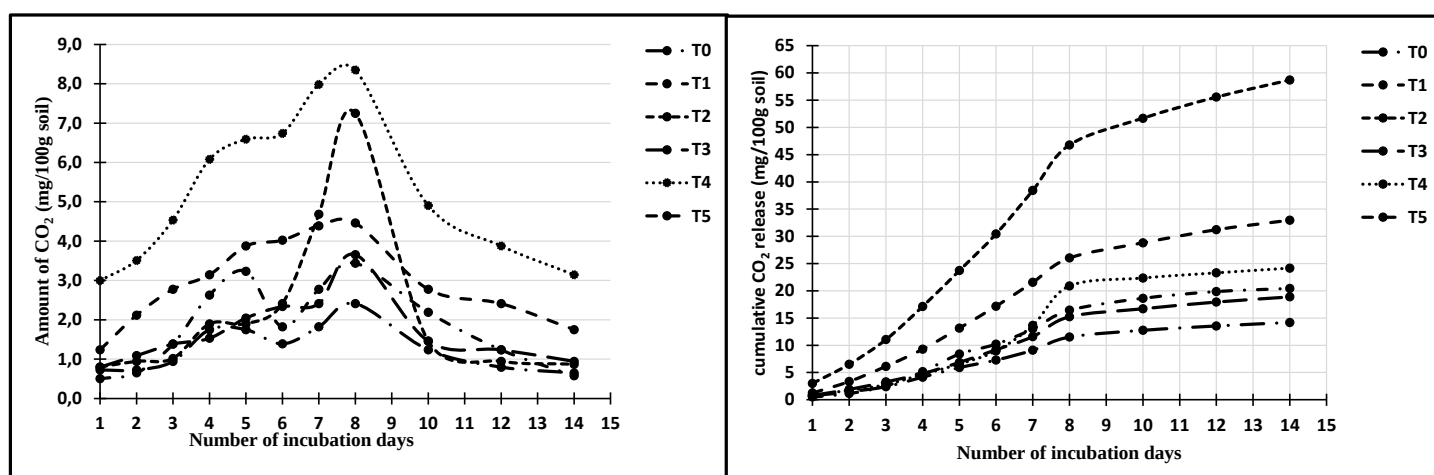


Fig. 4. Effect of treatments on soil respiration under onion culture

Legend: T0: control; T1: compost enriched with *T. harzianum* + 175 kg ha⁻¹ of NPK + 50 kg ha⁻¹ of urea; T2: compost enriched with *T. harzianum*; T3: 350 kg ha⁻¹ of NPK + 100 kg ha⁻¹ of urea; T4: Bokashi + 175 kg ha⁻¹ of NPK + 50 kg ha⁻¹ of urea; T5: Bokashi

4 DISCUSSION

4.1 EFFECTS OF TREATMENTS ON ONION YIELD

The results showed that the biological composts combined with chemical fertilizer contributed to enhance onion yield. In addition, soil fertility was improved under these treatments [23]. This finding resulted from soil microorganism's activities where the recommended mineral fertilizer was used to accelerate the mineralization of the organic manure. Lot of research findings asserted this result. According to them, the combination of biological and chemical fertilizers led to better production conditions that improves the physico-chemical and biological properties of the soil [24]. And, mineral fertilizers provide plants with the nutrients for increasing agronomic efficiency [25]. With 500 kg. ha⁻¹ of biological fertilizer, the average yield gain of onion bulb is 1995% (T2) and 1291% (T4) against 1045% (T5) and 1441% (T3). These results proved that onions can be produced using only biological or biological fertilizers. For that reason, regular application of biological fertilizer would be necessary to restore soil fertility and increase crops yields. This experiment highlighted also the nature of the biological fertilizers applied in this study. The mineralization of compost enriched with *Trichoderma harzianum* incorporated into the soil was faster than that of the *Bokashi* compost. The C/N ratio asserted these results. Indeed, the ratio was 14 in *Bokashi* and 13 in compost enriched with *Trichoderma harzianum*. The high ratio of *Bokashi* indicates low mineralization and nutrient release from this compost. The low C/N ratio of compost enriched with *Trichoderma harzianum* indicating a best mineralization could explain the best growth, yield and yield gain and soil chemical properties noted within treatments with *Trichoderma harzianum*.

4.2 EFFECTS OF TREATMENTS ON ECONOMIC PROFITABILITY

This study showed that the best profitability was achieved with compost enriched with *Trichoderma harzianum* (T2=8.52) followed by T4 (6.13) (*Bokashi* compost + Mineral fertilizer) and T5 (6) (*Bokashi* compost alone). Although all treatments were cost-effective, the profitability was significantly improved with the use of compost enriched with *Trichoderma harzianum* alone (T2 = 8.52) compared to *Bokashi* compost (T5 = 6). The additional contribution of the mineral fertilizer resulted in a decrease in the profit margin of the different composts (T2 and T5). These results were linked to the additional costs of purchasing mineral fertilizers for each treatment. These findings were similar to that of lots of authors [22], [26], [27] who reported that the high profitability of treatments resulted from their low cost of production. The value/cost ratio was greater than 2 in all treatments, indicating that the production of this onion variety was profitable [11].

4.3 EFFECTS OF TREATMENTS ON SOIL PHYSICO-CHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS

The low pH noted in the mineral fertilizer treatments asserted the results of previous works. According to these works, the excess use of chemical fertilizers led to tropical ferruginous soils acidification in Burkina Faso [25], [28], [29]. The improvement in soil pH within plots amended with biological composts was due to the high content of cation in these biological fertilizers. The basic cations bind to the argilo-humic complex and reduce the concentration of the Al³⁺ and H⁺ ions in the soil solution. Basic cations are essential to neutralizing soil acidity [30], [31], [32]. The findings reported on soil chemical properties in this study resulted from the use of biological fertilizers combined or not with chemical fertilizer agreed with lots of previous results found by several authors. Biological fertilizers and composts increase organic carbon, biological activity, soil moisture and also soil nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and calcium [33], [34], [35]. The high content of these soil chemical properties and improvement in pH noted in the plots amended with compost enriched with *Trichoderma harzianum* alone asserted the ability of compost enriched with *Trichoderma harzianum* to restore soil fertility. This is due to soil microbial activity favored by some fungi contained in this compost. Many authors in the Democratic Republic of the Congo such as [34], [36], [37], [38], highlighted this ability of *Trichoderma harzianum* to restore the acidic soils. Moreover, Sawadogo et al. (2020) [10] showed that compost enriched with *Trichoderma harzianum* and *Bokashi* maintained soil pH neutrality and improved soil organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium contents. Biological production of CO₂ is a function of the microbial population, mainly the decomposers, their diversity and the metabolic enzymes secreted [39], [40]. The CO₂ emission curves as a function of incubation time show that the different stages of mineralization are similar to those described by Zombre (2006) [32]; the small CO₂ emissions observed at less than 24 hours (1 day) show low biological activity in the soil, meaning that, soil microorganisms would still be dormant and would have little activity. High releases during the first six (06) days of incubation would be consistent with the removal of dormancy that initiates soil biological activity and degradation of readily biodegradable products. Microbial species emerging from their dormancy after water supply, have found sources of energy under favourable pH conditions [41]. This growth stage would correspond to the biodegradation of dead microorganisms during the desiccation stage and labile compounds such as sugars and protein compounds [25]. This phenomenon results in a peak of CO₂ release culminating from the 6th day. These results show that biological fertilizers combined with a half dose of

mineral fertilizer (T1, T4), compost enriched with *Trichoderma harzianum* (T2) and *Bokashi* compost (T5) promote the release of CO₂ compared to the control, but this release is more important under the *Bokashi* compost than in that enriched with *Trichoderma harzianum*. The chemical composition of these two (02) fertilizers, particularly nitrogen (N) and phosphorus (P), could explain the larger amounts of CO₂ release as reported by several authors [41], [42]. This release of CO₂ into the soil results in the biological response to a change in the environment. The application of compost enriched with *T. harzianum* would further increase the mineralization of organic matter caused by better water conditions and favourable pH. This would explain the importance of CO₂ release in the treatments amended with compost enriched with *Trichoderma harzianum* and that of *Bokashi*. These results are consistent with those of Karimou et al. (2004) [43] who concluded that polyter stimulated mineralization of organic manure. Also, the appearance of peak mineralization would be explained by the mineralization of water-soluble compounds, celluloses and lignin, the diversity of soil microorganisms, nutrient content and physical properties of the soil [24]. The downward stage observed from the 7th day of incubation would reflect the decrease in biological activity justified by the decrease in the level of readily biodegradable substances in all treatments. This decrease in CO₂ release may also be due to the presence of recalcitrant compounds that may inhibit microbial growth [32].

5 CONCLUSION

The study showed that all treatments applied increased the agronomic potential of onion variety. The application of biofertilizers has greatly contributed to the improvement of yield, physico-chemical and biological parameters. However, among these treatments, compost enriched with *Trichoderma harzianum* proved to be the most effective in onion production because of the presence of a fungus in this compost. Studying the economic profitability, the production of one hectare of onion was profitable at all levels of the applied treatments. However, the T2 treatment (compost enriched with *Trichoderma harzianum*) resulted in the best financial return (VCR = 8.52 and ROI = 20.28) while the T3 treatment had the lowest cost of production. For these results, the amendment based on compost enriched with *Trichoderma harzianum* could be an interesting alternative to the use of chemical fertilizers in onion production. Using this local and natural resources at low cost of production and ecologically sustainable, could help improving onion producer income, maintain soil fertility and the health of the environment, and guaranteeing the quality of onion produced.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank the farmers of Soala village for their collaboration and help received during this study. They also express their gratitude to Mr SAVADOGO Claude Arsène, the manager of the GIE-BIOPROTECT, for having accepted this study and for funding this study.

REFERENCES

- [1] B. Bindu, P. Bindu, "Performance evaluation of onion (*Allium Cepa* L. Var. *Cepa*) varieties for their suitability in kollam district", International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS), vol. 1, no. 1, pp. 18 - 20, 2015.
- [2] A. Cheng, X. Chen, Q. Jin, W. Wang, J. Shi, Y. Liu, "Comparison of phenolic content and antioxidant capacity of red and yellow onions", Czech Journal of Food Sciences, vol. 31, no. 5, pp. 501 - 508, 2013.
- [3] U. Kandoliya, N. Bodar, V. Bajaniya, N. Bhadja, B. Golakiya, "Determination of nutritional value and antioxidant from bulbs of different onion (*Allium cepa*) variety: A comparative study", International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, vol. 4, no. 1, pp. 635-641, 2015.
- [4] R. Cope, "Allium species poisoning in dogs and cats", VETERINARY MEDICINE-BONNER SPRINGS THEN EDWARDSVILLE-, vol. 100, no. 8, pp. 562-566, 2005.
- [5] S. Adriouch, "Prévention nutritionnelle des maladies cardiovasculaires: comportement alimentaire et apports en polyphénols", Sorbonne Paris 13, 342 pages, 2017.
- [6] M.G. Haile, J. Brockhaus, M. Kalkuhl, "Short-term acreage forecasting and supply elasticities for staple food commodities in major producer countries", Agricultural and Food Economics, vol. 4, no. 1, pp. 1-23, 2016.
<https://doi.org/10.1186/s40100-016-0061-x>.
- [7] S. D'Alessandro, A. Soumah, "Évaluation sousrégionale de la chaîne de valeurs oignon/échalote en Afrique de l'Ouest", Bethesda, MD: projet ATP, Abt Associates Inc, vol. 1, no. 1, pp. 1-5, 2008.
- [8] K. Cissé, R. Guissou, T. Pouya, "Analyse des incitations et pénalisations pour l'oignon au Burkina Faso", SPAAA, FAO, Rome, vol. 1, no. 1, pp. 1 - 7, 2012.

- [9] H. De Bon, L. Fondio, P. Dugué, Z. Coulibali, Y. Biard, "Etude d'identification et analyse des contraintes à la production maraîchère selon les grandes zones agro-climatiques de la Côte d'Ivoire. Rapport d'expertise", PS N°009/FIRCA/DCARA/PRO2M/2018, Rapport d'expertise, vol. 9, no. 1, pp. 1 - 40, 2019.
- [10] J. Sawadogo, P.J.A. 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*, vol. 17, no. 6, pp. 44 - 57, 2020. <http://www.afriquescience.net>.
- [11] P.L. Delville, "Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel: Diagnostic et conseil aux paysans", Collection "le point sur", 201 pages, 1996.
- [12] H.-P. Blume, "A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (Ed., 1982): "Methods of soil analysis; 2. Chemical and microbiological properties", 2. Aufl. 1184 S., American Soc. of Agronomy (Publ.), Madison, Wisconsin, USA, gebunden 36 Dollar", *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, vol. 148, no. 3, pp. 360 - 368, 1985. <https://doi.org/10.1002/jpln.19851480319>.
- [13] F.L.J. Bambara, "Etude de l'efficacité de deux fertilisants organo-biologiques sur la production de l'oignon (*Allium cepa* L.) et les propriétés chimiques des sols dans la région du centre Ouest du Burkina Faso", Diplôme de la Licence Professionnelle, Institut Polytechnique Privé Shalom (IPS), 65 pages, 2020.
- [14] J.M. Anderson, J.S.I. Ingram, "Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods". Wallingford, Oxon, UK, CAB International, 221 pages, 1993.
- [15] K.A. Tshinyangu, T.J.M. Mutombo, M.A. Kayombo, M.M. Nkongolo, N.G. Yalombe, M.J. Cibanda, "Effet comparé de *Chromolaena odorata* King et *HE Robins*, et *Tithonia diversifolia* A. Gray sur la culture du Maïs (*Zea mays* L) à Mbujimayi (RD. Congo)", *Journal of Applied Biosciences*, vol. 112, no. 1, pp. 10996-11001, 2017.
- [16] P.J.d.A. Coulibaly, J. Sawadogo, Y.A. Bambara, W.B. Ouédraogo, J.B. Legma, E. Compaoré, "Effect of Bio-Fertilizers on Tomato (*Solanum Lycopersicum*) Production and on Soil Physico-Chemical Properties in Sudan Area of Burkina Faso", *Current Agriculture Research Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 1 - 11, 2021. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.9.1.06>.
- [17] D. Bauzon, R. Van Den Driessche, Y. Dommergues, "Caractérisation respirométrique et enzymatique des horizons de surface des sols forestiers", *Sci. Sol*, vol. 2, no. pp. 55-78, 1968.
- [18] J. Sawadogo, D. Bambara, A. Kabore, K.M. Souley, P.J.d.A. Coulibaly, M. Bougouma, J.B. Legma, "Physicochemical analysis of crude waste waters from industrial and domestic sources in the Kossodo market garden site (Ouagadougou)", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 24, no. 2, pp. 534 - 545, 2018. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
- [19] SAS (Statistical Analysis System), "The SAS System for Windows". version 8.1.Vol. 1, SAS Institute Inc. Cary NC. USA., 88 pages, 1999.
- [20] F. Kaho, M. Yemefack, P. Feujio-Teguefouet, J. Tchantchaouang, "Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun", *Tropicultura*, vol. 29, no. 1, pp. 39-45, 2011.
- [21] M.A. Kitabala, U.J. Tshala, M.A. Kalenda, I.M. Tshijika, K.M. Mufind, "Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo)", *Journal of Applied Biosciences*, vol. 102, no. 1, pp. 9669-9679-9669-9679, 2016.
- [22] J.T. Upite, A.K. Misonga, E.K.M. Lenge, L.N. Kimuni, "Effets des composts ménagers sur les propriétés du sol et sur la productivité des cultures légumières: cas de la tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill)", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 13, no. 7, pp. 3411-3428, 2019.
- [23] H. Sawadogo, L. Bock, D. Lacroix, N. Zombré, "Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso)", *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, vol. 12, no. 3, pp. 279-290, 2008.
- [24] H. Zeinabou, S. Mahamane, N.H. Bismarck, B.V. Bado, F. Lompo, A. Bationo, "Effet de la combinaison des fumures organo-minérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 8, no. 4, pp. 1620-1632, 2014. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i4.24>.
- [25] F. Lompo, M. Bonzi, B.V. Bado, Z. Gnankambary, N. Ouandaogo, M.P. Sedogo, A. Assa, "Effets à long terme des fumures minérales et organo-minérales sur la dynamique du phosphore dans un Lixisol du Burkina faso", *Agronomie Africaine*, vol. 20, no. 2, pp. 165-178, 2008.
- [26] F. Nzuki Bakwaye, E. Kinkwono, B. Sekle, "Utilisation du guano comme substitut du Di-Ammonium Phosphate (DAP) dans la fertilisation du soja et de la tomate en République Démocratique du Congo", *Tropicultura*, vol. 29, no. 2, pp. 114-120, 2011.
- [27] T.K. ALLA, L.E. BOMISSO, T. Seydou, E.A. DICK, "Effets de la fertilisation organique à base de pelure de banane plantain et de fiente de poulet sur les paramètres agronomiques et la rentabilité financière de l'aubergine N'drowa (*Solanum aethiopicum* L.) en Côte d'Ivoire", *Afrique SCIENCE*, vol. 18, no. 6, pp. 25-38, 2021.

- [28] B.V. Bado, M.P. Sédogo, M.P. Cescas, F. Lompo, A. Bationo, "Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso", *Cahiers Agricultures*, vol. 6, no. 6, pp. 571-575, 1997.
- [29] D.I. Kiba, "Diversité des modes de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la qualité des sols et la production des cultures en zones urbaine, péri-urbaine et rurale au Burkina Faso", Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 120 pages, 2012.
- [30] R.D. Harter, "Les sols acides des tropiques", *Echo Note Technique*, vol., no. pp., 2007.
- [31] L. Yé, "Caractérisation des déchets urbains solides utilisables en agriculture urbaine et périurbaine: cas de Bobo-Dioulasso", Université polytechnique de Bobo-dioulasso (Burkina Faso), 48 pages, 2007.
- [32] P.N. Zombre, "Variation de l'activité biologique dans les zipella (sols nus) en zone subsahélienne du Burkina Faso et impact de la technique du zaï (techniques des poquets)", *BASE (Biotechnol. Agron. Soc. Environ)*, vol. 10, no. 2, pp. 139 - 148, 2006.
- [33] A. Jeptoo, J. Aguyoh, M. Saidi, "Tithonia manure improves carrot yield and quality", *Global Journal of Biology, Agriculture and Health Sciences*, vol. 2, no. 4, pp. 136 - 142, 2013.
- [34] J. Chepkemoi, R.N. Onwonga, G.N. Karuku, V.M. Kathumo, "Efficiency and interactive effects of tillage practices, cropping systems and organic inputs on soil moisture retention in semi-arid Yatta sub-county, Kenya", *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, vol. 3, no. 3, pp. 145-156, 2014.
- [35] G. Karuku, R. Onwonga, V. Kathumo, "Effects of tillage practices, cropping systems and organic inputs on soil nutrient content in Machakos County", *Journal of Agriculture and Sustainability*, vol. 12, no. 1, pp. 13-46, 2018.
- [36] M. Mpundu Mubemba, Y. Useni, L. Nyembo, G. Colinet, "Effets d'amendements carbonatés et organiques sur la culture de deux légumes sur sol contaminé à Lubumbashi (RD Congo)", *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, vol. 18, no. 3, pp. 367-375, 2014.
- [37] M. Mukalay, "Identification et classification des sols sous les nouvelles normes et étude de bio-identification et restauration des unités dégradées dans la zone agricole du Haut-Katanga/RD Congo", Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, 255 pages, 2016.
- [38] P.J.d.A. Coulibaly, D. Okae-Anti, B. Ouattara, J. Sawadogo, M.P. Sedogo, "Effect of dry cropping season of sorghum on selected physico-chemical properties in west africa", *Int. J. Agric. Innov. Res.*, vol. 7, no. 1, pp. 192-196, 2018.
- [39] A. Dabre, E. Hien, D. Some, J.J. Drevon, "Effets d'amendements organiques et phosphatés sous zaï sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et la qualité de la matière organique en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 11, no. 1, pp. 473-487, 2017.
- [40] Z. Konfe, B. Zonou, E. Hien, "Influence d'intrants innovants sur les propriétés du sol et la production de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et d'aubergine (*Solanum melongena* L.) sur un sol ferrugineux tropical en zone soudano-sahélienne au Burkina Faso", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 13, no. 4, pp. 2129-2146, 2019.
- [41] Z. Gnankambary, U. Stedt, G. Nyberg, V. Hien, A. Malmer, "Nitrogen and phosphorus limitation of soil microbial respiration in two tropical agroforestry parklands in the south-Sudanese zone of Burkina Faso: The effects of tree canopy and fertilization", *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 40, no. 1, pp. 350-359, 2008. 10.1016/j.soilbio.2007.08.015.
- [42] B. Diarra, "Influence du phosphore, de l'azote et du houppier sur les rendements du sorgho (*Sorghum bicolor*), les fractions du Phosphore et l'activité des microorganismes du sol d'un parc agroforestier de la zone soudanienne du Burkina Faso", Mémoire d'ingénieur agronome: Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement rural, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), vol., no. pp., 2009.
- [43] A. Karimou, M. Bouzou, "Expériences de récupération de sols sahéliens dégradés grâce à l'incorporation de doses variables de fumier et d'un hydorrétenteur fertilisant", *Science et changements planétaires/Séché*, vol. 15, no. 1, pp. 49-55, 2004.

Etude de la toxicité aigüe d'un extrait éthanolique des tiges de *Massularia acuminata* (Rubiaceae) chez le rat *wistar*

[Acute toxicity study of an ethanolic extract of *Massularia acuminata* (Rubiaceae) stem in *Wistar* rat]

Gbogbo Moussa^{1,2}, Koné Mama², Oussou N'Guessan Jean-Baptiste², Kporou Kouassi Elisée¹, Kouadio Koffi Hugue Ulrich², and Yapo Angoué Paul²

¹Department of Microbiology - Biochemistry - Jean Lorougnon GUÉDE University, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Laboratory of Physiology, Pharmacology and Pharmacopoeia - Nangui Abrogoua University, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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: Medicinal plants are widely used in Africa, especially in rural areas, to meet primary health care needs. Among them *Massularia acuminata* (Rubiaceae) is mainly used for its aphrodisiac properties.

In order to verify its acute toxicity, a single dose of 5000 mg/kg body weight (bw) of the ethanolic extract of the stems of this plant was administered to a group of 10 female rats. The control group, also consisting of 10 female rats, received only distilled water. During the 14 days observation, all clinical signs and deaths were reported. At the end of the study, the LD₅₀, blood hematological and biochemical parameters, and hepatic and renal histological examination were performed.

The results showed that the administration of the ethanolic extract of the stems of *Massularia acuminata* did not modify the behavior of the rats and the estimated LD₅₀ was higher than 5000 mg/kg bw. The evaluation of hematological and biochemical parameters revealed a significant decrease ($p < 0.05$) in the level of white blood cells and platelets, and a significant increase ($p < 0.05$) in creatinine and total cholesterol. As for the histological study, apart from some hepatic apoptosis, the result did not show any hepatic and renal lesions.

This study showed that the ethanolic extract of the stems of *Massularia acuminata* could exhibit hematotoxicity, nephrotoxicity and hepatotoxicity when higher doses were used.

KEYWORDS: *Massularia acuminata*, hematology, biochemistry, histology, rat.

RESUME: Les plantes médicinales sont largement employées en Afrique notamment dans les milieux ruraux pour satisfaire les besoins de soins primaires. Parmi les plantes utilisées, figure *Massularia acuminata* (Rubiaceae) recherchée principalement pour ses vertus aphrodisiaques.

Afin de vérifier sa toxicité aiguë, l'extrait éthanolique des tiges de cette plante a été administré à une dose unique de 5000 mg/kg de poids corporel (pc) à un groupe de 10 rats femelles. Le groupe témoin constitué aussi de 10 rats femelles n'a reçu que de l'eau distillée. Durant les 14 jours d'observation, tous les signes cliniques et les décès ont été notifiés. A la fin de l'étude, la DL₅₀, des paramètres hématologiques et biochimiques sanguins et l'examen histologique hépatique et rénal ont été réalisés.

Les résultats ont montré que l'administration de l'extrait éthanolique des tiges de *Massularia acuminata* ne modifie pas le comportement des rats et la DL₅₀ estimée a été supérieure à 5000 mg/kg de pc. L'évaluation des paramètres hématologiques et biochimiques ont mis en évidence une baisse significative ($p < 0,05$) du taux de globules blancs et des plaquettes sanguines, et une augmentation significative ($p < 0,05$) de la créatinine et du cholestérol total. L'étude histologique, hormis une apoptose hépatique, n'a provoqué de lésions hépatique et rénale.

Cette étude a permis de montrer que l'extrait éthanolique des tiges de *Massularia acuminata* pourrait à forte dose présenter une hématotoxicité, une néphrotoxicité et une hépatotoxicité.

MOTS-CLEFS: *Massularia acuminata*, hématologie, biochimie, histologie, rat.

1 INTRODUCTION

Depuis longtemps, les plantes ont servi de première source de médicaments pour l'homme qui les utilisaient comme remèdes thérapeutiques [1]. Plus de 50 000 espèces thérapeutiques ont été recensées [2]. De ce fait, les plantes médicinales constituent la source majeure des médicaments issus de la médecine traditionnelle [3]. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 80% de la population des pays en voie de développement font toujours recours à la médecine traditionnelle pour ses soins de santé primaire [4]. Cette sollicitation de la médecine traditionnelle se justifie en partie par l'insuffisance voire le manque de structures hospitalières [5]. La paupérisation dans les pays en développement explique également ce regain de la médecine traditionnelle dans ces Etats [6].

En dépit de cet usage intense des plantes médicinales, leur utilisation à des fins thérapeutiques reste empirique [7]. Les médicaments à base de plantes bénéficient d'une bonne image par la population dans l'ensemble car naturelle, donc exempte de toxicité. Cependant, récemment des cas d'intoxications associées à l'administration des plantes médicinales ont été rapportés [8]. En Côte d'Ivoire, une étude de sur les cellules Caco 2/TC7 et Véro a mis en évidence la cytotoxicité d'un remède naturelle vendu et utilisé comme aphrodisiaque naturel [9]. Un rapport de pharmacovigilance a révélé qu'un extrait hydro-alcoolique de *Camellia sinensis* commercialisé en France sous le nom d'*Exolise* est incriminé dans la survenue de cas de cytolysse hépatique [10].

C'est pour prévenir de tels accidents que des organismes tels que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) ont prescrit des lignes de recherche sur les plantes médicinales afin d'en garantir leur innocuité [11], [12]. L'évaluation de la biotolérance des plantes médicinales s'affichent donc comme une phase nécessaire dans la valorisation de la médecine traditionnelle. Par conséquent, vues les multiples usages thérapeutiques de l'espèce *Massularia acuminata*, il est d'une grande nécessité de garantir sa biosécurité.

C'est dans ce cadre que la présente étude s'est fixée comme objectif d'évaluer la toxicité aiguë, chez le rat *Wistar* albinos, de l'extrait éthanolique des tiges de *Massularia acuminata*, plante utilisée comme aphrodisiaque par la gent masculine.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué des tiges de *Massularia acuminata*. Les tiges ont été récoltées à Bonoua, dans le département de Grand-Bassam dans la région du Sud-Comoé (Côte d'Ivoire), dans le mois de novembre 2020. La plante a été identifiée au centre National Floristique de l'université Félix Houphouët Boigny où un herbier a été enregistré sous le numéro UCJ15291.

2.1.2 ANIMAUX

Des rats femelles de l'espèce *Rattus norvegicus* de souche *Wistar* âgés de huit (08) semaines, pesant en moyenne 50 g ont été utilisés pour l'expérimentation. Les rats ont été élevés à l'animalerie du Laboratoire de Physiologie, Pharmacologie et Pharmacopée de l'Unité de Formation et de Recherche de l'Université Nangui Abrogoua. Au total, 20 rats ont été répartis en deux (2) lots de dix (10) animaux, dont un (01) lot essai (Lot B) et un (1) lot témoin (Lot A). Tous les animaux ont été soumis à une température de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ et à une alternance de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité. Le régime alimentaire était constitué de granulés IVOGRAIN® et les rats ont eu à disposition de l'eau de robinet sans discontinuité dans les biberons. Le protocole expérimental et les procédures de manipulation animale ont été menés selon les bonnes pratiques de laboratoire [13].

2.2 MÉTHODES

2.2.1 PRÉPARATION DE L'EXTRAIT ÉTHANOLIQUE

Pour la préparation de l'extrait, deux cents grammes (200 g) de poudre obtenue à partir des tiges de *M. acuminata* ont été macérés dans 2,5 L d'éthanol à 96 % (v/v) pendant 24h sous agitation permanente. Le macérât obtenu a été filtré, puis concentré sous pression réduite à 40°C à l'aide d'un évaporateur rotatif. Le filtrat concentré a été séché à l'étuve à 40°C . L'extrait sec obtenu a constitué l'extrait éthanolique et a été conservé pour les expérimentations.

2.2.2 EVALUATION DE LA TOXICITÉ AIGÜE

L'étude de la toxicité aiguë a été déterminée à partir de l'essai limite légèrement modifié de la ligne directrice 425 de l'OCDE qui a consisté à administrer l'extrait à tester par voie orale et à une dose unique au lot essai et de l'eau distillée au lot témoin [14]. Au total, l'étude a été réalisée sur 20 rats femelles et leur comportement a été observé ainsi que le nombre de décès sur une période de 14 jours. Après 15 h de jeûne, les rats du lot expérimental ont reçu l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* à la dose de 5000 mg/kg pc alors que le lot témoin (Lot A) n'a reçu que de l'eau distillée à raison de 2 ml/100 g de poids du rat. L'ensemble des animaux a fait l'objet d'une observation minutieuse durant deux (02) heures après traitement puis une hydratation et une alimentation ont été effectuées de façon quotidienne pendant 14 jours. Pendant cette période, les signes de toxicité notamment la modification du pelage, les tremblements, la masse, la motilité, le toilettage, la respiration, l'aspect des selles, l'asthénie, la somnolence, la marche en rond, l'hématurie, la léthargie et les mortalités ont été notés. A la fin des 14 jours d'expérimentation, sur les rats anesthésiés, des échantillons sanguins ont été prélevés et mis dans des tubes EDTA et des tubes secs. Les rats sont sacrifiés et les organes tels que le foie et les reins sont prélevés. L'influence de la dose administrée est appréciée à partir d'une numération formule sanguine, le dosage de quelques marqueurs hépatiques (transaminases SGOT et SGPT), rénaux (créatinine et urée) et lipidiques (cholestérol total et triglycérides). Une étude histologique a été réalisée sur le foie et les reins des animaux.

3 ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les données expérimentales ont été exprimées en moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm \text{ESM}$). Le test t de Student a été utilisé pour l'analyse des données. Ensuite ce test est complété par l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) puis par le test de comparaison multiple de Turkey afin d'identifier les différences entre les deux lots. Le logiciel Graph Pad Prism 5.01 (San Diego, Californie, USA) a été utilisé pour l'analyse statistique. Les différences entre les moyennes ont été considérées comme significatives pour $p < 0,05$.

4 RESULTATS

4.1 OBSERVATION DE L'ÉTAT GÉNÉRAL DES ANIMAUX

Les animaux se portaient généralement très bien avant l'administration de l'extrait des tiges de *M. acuminata*. Juste après l'administration de l'extrait des tiges de cette plante, les rats du lot essai traités à la dose de 5000 mg/kg de p.c. sont restés calmes par rapport aux rats témoins pendant près de 30 minutes. Après 30 minutes, ils ont présenté un comportement normal. Aucun signe clinique de toxicité telle que la marche en rond, détresse respiratoire, la léthargie la morbidité et la mortalité n'a été observé chez les animaux ayant reçus l'extrait éthanolique de la tige de *M. acuminata* à la dose de 5000 mg/kg de p.c. (Tableau 1). L'administration de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* n'a provoqué aucun changement au niveau de la nature des selles, des urines, ni encore moins, des modifications de l'aspect général des rats tels que la pilosité, la peau, l'état des yeux, des oreilles et de la bouche. Aucune diarrhée n'a été observée tout au long de l'expérimentation. Il n'y a pas eu d'hématurie, de mouvements non coordonnés, chez les rats durant la période d'étude (Tableau 1).

4.2 DÉTERMINATION DE LA DL50

Après administration unique de l'extrait des tiges de *M. acuminata*, à la dose de 5000 mg/kg de pc, tous les animaux ont survécu après une observation sur une durée de 14 jours. Cela traduit que la DL_{50} est supérieure à 5000 mg/kg de pc.

Tableau 1. Signes cliniques présentés par les rats, après administration de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata*

Lot A	Doses (mg/kg de pc)	Nombre de rats morts	Signes cliniques
	0	0	Néant
Lot B (extrait éthanolique)	5000	0	Néant

4.3 EFFET DE L'EXTRAIT ÉTHANOLIQUE DES TIGES *M. ACUMINATA* SUR LA MASSE CORPORELLE

Avant l'administration de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata*, les moyennes des masses corporelles des animaux étaient de $49,20 \pm 0,63$ g pour le lot témoin et $49,39 \pm 0,59$ g pour le lot essai traité à la dose de 5000 mg/kg de pc. Après l'administration de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* à la dose unique de 5000mg/kg de pc, les rats ont présenté une masse corporelle de $61,68 \pm 0,43$ g statistiquement identique à celle des rats du lot témoin qui était de $61,27 \pm 0,81$ g au 14^{ème} jour. (Figure 1).

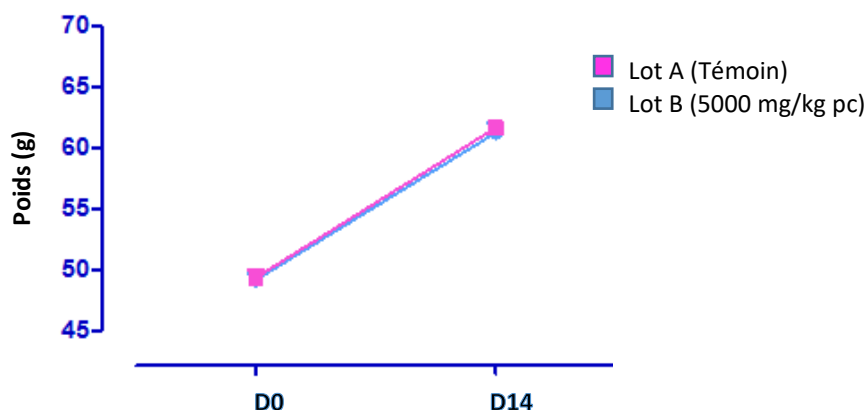


Fig. 1. Effet de l'extrait éthanolique des tiges *M. acuminata* sur la masse corporelle des rats.

D₀: jour avant le début de l'administration de l'extrait; D₁₄: jour de la fin de l'observation; n = 10 (M±ESM).

4.4 EFFET DE L'EXTRAIT ÉTHANOLIQUE DES TIGES DE *M. ACUMINATA* SUR LES PARAMÈTRES HÉMATOLOGIQUES

Le tableau 2 indique l'influence de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* à la dose unique 5000 mg/kg de pc sur le taux d'érythrocytes, d'hémoglobine, de leucocytes et de thrombocytes. Les résultats indiquent que l'extrait n'a provoqué aucune variation significative ($p > 0,05$) du taux des érythrocytes et de l'hémoglobine des rats traités par rapport aux rats témoins. Cependant les taux de leucocytes et de thrombocytes ont montré une diminution significative respectivement avec des *p-values* de 0,0004 et 0,0003 au J₁₄ chez les rats traités par l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata*. Ces taux étaient de $3,75 \pm 0,35 \cdot 10^3/\text{mm}^3$ et $354,80 \pm 43,20 \cdot 10^3/\text{mm}^3$ respectivement pour les leucocytes et thrombocytes par rapport aux rats témoins qui étaient de $5,54 \pm 0,23 \cdot 10^3/\text{mm}^3$ et $572,70 \pm 21,84 \cdot 10^3/\text{mm}^3$ respectivement pour les leucocytes et des thrombocytes.

Tableau 2. Effet de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* sur les paramètres hématologiques

Paramètres sanguins	Lots		p-values
	Lot A (0 mg/kg de pc)	Lot B (5000 mg/kg de pc)	
Erythrocytes ($10^3/\text{mm}^3$)	$5,18 \pm 0,32$	$4,92 \pm 0,22$	0,513
Hémoglobine (g/dL)	$12,27 \pm 0,33$	$11,34 \pm 0,32$	0,057
Leucocytes ($10^3/\text{mm}^3$)	$5,54 \pm 0,23$	$3,75 \pm 0,35^{**}$	0,0004
Thrombocytes ($10^3/\text{mm}^3$)	$572,70 \pm 21,84$	$354,80 \pm 43,20^{**}$	0,0003

Les valeurs sont données sous forme de moyennes suivies de l'erreur standard sur la moyenne. n = 10 rats dans chaque lot. Les comparaisons se font entre le lot témoin et le lot traité à 5000 mg/kg de pc d'extrait éthanolique de tige de *M. acuminata*. $^{**} = p < 0,001$.

4.5 EFFET DE L'EXTRAIT ÉTHANOLIQUE DES TIGES *M. ACUMINATA* SUR LES PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES

Le tableau 3 indique l'influence de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* à la dose unique 5000 mg/kg de pc sur les transaminases, la créatinine, les triglycérides, l'urée et le cholestérol total. Les résultats montrent que l'extrait n'a provoqué aucune variation significative ($p > 0,05$) sur l'activité enzymatique des transaminases SGOT et SGPT; de triglycéride et d'urée chez les rats traités avec l'extrait à la dose de 5000 mg/kg de pc par rapport aux rats témoins. Cependant, les taux de créatinine et de cholestérol ont connu une augmentation significative chez les rats traités avec l'extrait à la dose de 5000 mg/kg de pc par rapport aux rats témoins. Pour la créatinine, ce taux était très hautement significatif avec une valeur de $7,04 \pm 0,47$, par rapport aux témoins qui était de $4,58 \pm 0,33$ ($p\text{-value} = 0,0005$). En ce qui concerne le cholestérol, cette hausse était significative $5,37 \pm 0,16$ par rapport aux témoins qui était de $4,54 \pm 0,26$ ($p\text{-value} = 0,0150$).

Tableau 3. Effet de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* sur les paramètres biochimiques sanguins

Paramètres biochimiques	Lots		
	Lot A (0 mg/kg de pc)	Lot B (5000 mg/kg de pc)	<i>p-values</i>
SGOT	$178,4 \pm 13,33$	$181,6 \pm 9,17$	0,8454
SGPT	$230,5 \pm 14,76$	$213,2 \pm 6,00$	0,2919
Créatinine	$4,58 \pm 0,33$	$7,04 \pm 0,47$	0,0005 ***
Triglycéride	$2,61 \pm 0,23$	$2,61 \pm 0,21$	0,9925
Urée	$2,02 \pm 0,16$	$2,19 \pm 0,17$	0,4782
Cholestérol	$4,54 \pm 0,26$	$5,37 \pm 0,16$	0,0150 *

Les valeurs sont données sous forme de moyennes suivies de l'erreur standard sur la moyenne. $n = 10$ rats dans chaque lot. Les comparaisons se font entre le lot témoin A et le lot B traité à 500 mg/kg de p. c. d'extrait éthanolique de tige de *M. acuminata*. * = $p < 0,05$; *** = $p < 0,001$.

4.6 EFFET DE L'EXTRAIT ÉTHANOLIQUE DES TIGES *M. ACUMINATA* SUR LES TISSUS HÉPATIQUES ET RÉNAUX

Le foie des rats ayant reçus de l'eau distillée présente une structure normale a un score de 100%. Cependant, trente pour cent (30 %) des coupes hépatiques des rats du lot expérimental ont présenté des cellules en état d'apoptose (Figure 2).

Au niveau des reins les coupes réalisées des rats traités à l'eau distillée ont montré des reins histologiquement intacts et normaux (Figure 2). La capsule glomérulaire, l'espace glomérulaire, tube contournée proximal, les podocytes, capsule de Bowman et les noyaux du tube étaient bien visibles et distincts. L'administration de l'extrait n'a induit aucune lésion au niveau des tissus rénaux des rats ayant reçus l'extrait à la dose unique de 5000 mg/kg de pc comparativement à ceux des rats témoins.

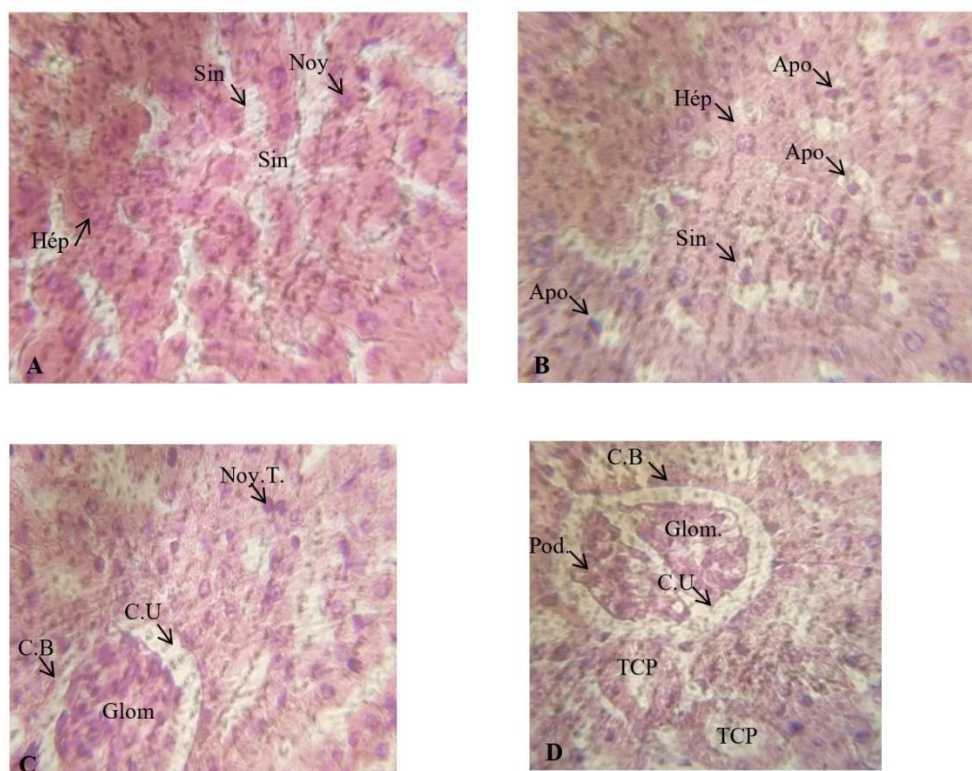


Fig. 2. Microphotographies de sections du foie (A, B) et du rein (C, D) vu au microscope optique

A: Vue d'une coupe de foie réalisée chez les rats du lot témoin, Gx400. B: Vue d'une coupe de foie réalisée chez les rats du lot traité avec la dose de 5000 mg/kg de pc, Gx400 avec présence de quelques cellules hépatiques en état d'apoptose sur la microphotographie.

C: Vue d'une coupe de rein réalisée chez les rats du lot témoin, Gx400. D: Vue d'une coupe de rein réalisée chez les rats du lot traité avec la dose de 5000 mg/Kg de pc, Gx400.

Sin: Sinusoïde; Hép: hépatocyte; Apo: Apoptose; Noy: Noyau des hépatocytes. Noy T: Noyau du tube; Glom: Glomérule; CB: Capsule de Bauwman; Pod: Podocytes; CU: Chambre urinaire; TCP: Tube Contourné Proximal. Coloration: Hématoxyline-éosine

5 DISCUSSION

Ce travail a consisté à étudier la toxicité aiguë de la tige de *M. acuminata* chez le rat *Wistar*. Au niveau des signes cliniques et la détermination de la DL_{50} , après l'administration de la dose unique 5000 mg/kg de pc de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata*, aucun signe clinique lié à la toxicité n'a été observé. De plus, aucune mortalité de rats n'a été enregistrée. Cela suggère que la DL_{50} de l'extrait est supérieure à 5000 mg/kg de p.c. Selon la ligne directrice de l'OCDE 425 pour les essais de produit chimiques, l'extrait est classé dans la catégorie 5 du SGH et considéré comme une substance non toxique par voie orale [14]. Ce résultat est en harmonie avec celui de Reference [15] qui après administration de l'extrait éthanolique des feuilles de *M. acuminata* à la dose de 5000 mg/kg de pc n'a observé aucun signe clinique et aucun mort chez les rats après 14 jours d'observation. Des chercheurs ont également montré que la DL_{50} de l'extrait aqueux de *Cymbopogon citratus* (Poaceae) est supérieure à 5000 mg/kg de pc après une administration unique chez le rat [16].

Les changements de poids reflètent l'état de santé général des animaux. L'observation du gain pondéral chez les rats traités avec la dose de 5000 mg/kg de pc et le gain de poids des rats traduit que l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* n'influence pas la prise de poids des animaux. Ces résultats corroborent ceux de certains auteurs qui, à la fin de leur expérimentation ont fait le même constat pour le groupe contrôle femelle, soit une augmentation non significative du poids des animaux des groupes tests vis-à-vis du groupe contrôle ($p > 0,05$). L'extrait n'affecte donc pas l'évolution pondérale des animaux [17].

Concernant l'effet de l'extrait éthanolique de *M. acuminata* sur les paramètres hématologiques, aucune modification du taux d'érythrocytes n'a été observée chez les rats du lot essai comparativement à celui du lot témoin. Cependant, une diminution très significative du taux des leucocytes des rats traités à la dose de 5000 mg/kg de pc a été observée. En effet, une toxicité peut se manifester sous forme d'une diminution du nombre de cellules circulantes, d'altérations fonctionnelles et structurales et plus rarement de changements de morphologie sur le système hématopoïétique [18]. Aussi, les leucocytes sont des cellules protectrices de l'organisme

contre les infections. Leur diminution est un indicateur de la défaillance du système immunitaire [19]. Nos résultats sont en accord avec ceux de Reference [20], qui selon leur étude, seules les femelles traitées avec l'extrait aqueux de feuilles d'*Aphania senegalensis* ont présenté une diminution du nombre de leucocytes à la plus forte dose de 1300 mg/kg de pc. Les thrombocytes sont des éléments cellulaires anucléés discoïdes provenant de la fragmentation du cytoplasme des mégacaryocytes [21]. Une diminution significative ($p < 0,05$) de leur taux a été observée chez les rats traités avec l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* par rapport au lot témoin. Nos résultats sont contraires à ceux de Reference [22] qui, après une administration de l'extrait total aqueux de *Chrysophyllum perpulchrum* aux doses 2000 et 3000 mg/kg pc, ont noté une leucocytose et une thrombocytose. Au niveau biochimique, nos résultats ont montré que les activités des enzymes des transaminases GPT et GOT n'ont pas été modifiées chez les animaux traités par l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* par rapport aux témoins. GPT et GOT sont des marqueurs de la toxicité hépatique et l'élévation de leur activité renseigne sur une lésion des hépatocytes [23]. L'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* n'ayant pas perturbé l'activité de ces enzymes, il n'a donc causé aucun dommage au foie. Nos résultats se rapprochent de ceux des auteurs qui ont administré l'extrait total aqueux de *Chrysophyllum perpulchrum*, aux doses de 2000 et 3000 mg/kg pc aux rats. Ces auteurs n'ont constaté aucune différence significative entre l'activité enzymatique des transaminases chez les rats traités comparativement au lot témoin [22]. L'étude a révélé une hausse significative du taux sérique de créatinine chez les rats traités avec l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* à la dose de 5000 mg/kg de pc par rapport au lot témoin. Selon certains auteurs, une élévation du taux sérique de créatinine est observée au cours d'une insuffisance rénale et une baisse de son taux est notée dans les nécroses tubulaires aiguës [24].

Au niveau de la masse relative des organes, aucune variation significative n'a été observée entre le lot expérimental et le lot témoin ($p > 0,05$). Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par Reference [25] qui n'ont pas enregistré une modification de la masse corporelle des rats traités avec l'extrait de thé *java* à la dose de 5000 mg/kg de pc.

L'examen histologique hépatique des rats traités à la dose 5000 mg/kg de pc de l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* a montré la présence de cellules en état d'apoptose.

Selon certains auteurs, l'apoptose est un processus de mort cellulaire active et régulée. Elle joue un rôle physiologique important en concourant au maintien de l'homéostasie tissulaire [26]. D'autres auteurs soutiennent par contre que l'apoptose est un indicateur précoce de toxicité [27].

Les travaux de Reference [20] n'ont pas mis en évidence la présence de cellules apoptotiques, cependant ils ont observé la présence de plusieurs lésions notamment la congestion vasculaire chez des rats traités à la dose 2000 mg/kg de pc d'un extrait aqueux de feuilles de *Aphania senegalensis*. Ces auteurs ont également révélé des foyers de cytolyses sur des zones assez étendues des tissus hépatiques, une stéatose centro-lobulaire et enfin un début de fibrose. L'origine des apoptoses hépatiques observées au cours de notre étude restent à élucider. L'étude histologique rénale des rats traités par l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* n'a pas provoqué de lésions rénales comparativement aux coupes des rats témoins.

6 CONCLUSION

Cette étude a permis de montrer que l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata* est un extrait qui peut se classer dans la catégorie 5 des produits chimiques c'est-à-dire un extrait non toxique. Cependant une thrombopénie et une leucopénie ont été observées. Au plan biochimique, les résultats ont mis en évidence une augmentation de la créatinémie et de la cholestérolémie chez les rats traités avec l'extrait éthanolique comparativement au témoin. Concernant l'histologie, les résultats ont indiqué une apoptose hépatique.

En somme cette étude a montré que l'extrait éthanolique des tiges de *M. acuminata*, à forte dose, pourrait présenter une hématotoxicité et une néphrotoxicité sérique bien que l'extrait soit classé parmi les produits presque pas toxiques. D'autres travaux méritent d'être menés afin d'approfondir son action sur les thrombocytes, les leucocytes, la créatinine et le cholestérol sanguin avant de montrer son caractère atoxique.

REFERENCES

- [1] O. Benkhniq, L. Zidane, M. Fadli, H. Elyacoubi, A. Rochdi and A. Douira, Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). Acta Botanica Barcelona, n° 53, pp 191-216, 2011.
- [2] E. Adjanohoun, Etat d'évolution de l'ethno-pharmacopée Africaine. Bulletin médical de la pharmacopée, vol 4, n° 1, pp 59-63, 1990.
- [3] J. F. Kessy, Conservation and utilization of natural resources in the east Usambara Conventional views and local perspectives, p 168, 1998.
- [4] OMS, Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002–2005. Genève, WHO/EDM/TRM/2002. Vol 1, p 65, 2002.

- [5] J. R. S. Tabuti, S. S. Dhillon, K. A. Lye, Traditional medicine in Bulamogi country, Uganda: its practitioners, users and viability, *Journal of Ethnopharmacology*, n° 85, pp 119–129, 2003.
- [6] P. Zerbo, J. Millo-Rasolodimby, O. G. Nacoulma-Ouedraogo and Van Damme P, Contribution à la connaissance des plantes médicinales utilisées dans les soins infantiles en pays San, au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, n° 1, vol 3, pp 262-274, 2007.
- [7] O. Nacoulma-Ouédraogo, Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso: cas du Plateau central. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles, Université de Ouagadougou (Burkina-Faso), Fac. Sc. et Tech., 605 p, 1996.
- [8] M. Kamagaté, D. Bamba-Kamagaté, H. Dié-Kacou, L. Aké-Assi, J. C. Yavo, T. Daubret-Potey and F. Haramburu, Pharmacovigilance of medicinal plants: contribution of the herbalists in Abidjan. *International Journal of Phytopharmacology*, n° 6, vol 2, pp 66-75, 2015.
- [9] M. Gbogbo, O. H. A. N'Guessan, M. Koné, A. S. Ahoulou, T. F. Aboli, A. P. Yapo, Phytochemical screening and aphrodisiac effect of ethanolic extract of *Massularia acuminata* (G. Don) Bullock Ex Hoyl. (Rubiaceae) in male Wistar rats. *International Journal of Advanced Research*, n° 9 vol 9, pp 1-7, 2021.
- [10] L. Peyrin-Biroulet, H. Barraud, F. Petit-Laurent, D. Ancel, J. Watelel, L. Chone, H. Hudziak, M.A. Bigard and J. P. Bronowicki, Hépatotoxicité de la phytothérapie: données cliniques, biologiques, histologiques et mécanismes en cause pour quelques exemples caractéristiques. *Gastroentérologie Clinique et Biologique*, n° 28 vol 7, pp 540-550, 2004.
- [11] OMS, De l'OMS pour la médecine traditionnelle pour l'Afrique 2002-2005 WHO/EDM/TRM, 65p, 2002.
- [12] OCDE, Ligne directrice 452 de l'OCDE pour les essais de produits chimiques, études de toxicité chronique, p 16, 2009.
- [13] OCDE, Ligne directrice 408 de l'OCDE pour les essais de produits chimiques, étude de toxicité orale à dose répétée – rongeurs: 90 jours, p 10, 1998.
- [14] OCDE, Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques: Toxicité orale aiguë - Méthode de l'ajustement des doses, p 29, 2008.
- [15] D. A. Marcus, O. O. Ayodeji, O. F. Kolade and J. A. Adetunji, Justifying the antidiabetic ethnomedicinal claim of *Massularia acuminata* through its antihyperglycaemic activity, *American Journal of Biomedical Science & Research*, n° 8 vol 2, 2020.
- [16] A. A. Adeneye, E. O. Agbaje, Hypoglycemic and hypolipidemic effects of fresh leaf aqueous extract of *Cymbopogon citratus* Stapf in rats. *J Ethnopharmacol*, n° 112, vol 3, pp 440-444, 2007.
- [17] T. L. Azame, F. E. Tembe, N. B. Njinkio and C. N. Fokunang, Screening phytochimique, activité cicatrisante et toxicité aiguë de la sève des racines de *Musanga cecropioides* et de l'extrait aqueux de la plante entière *Acmella caulirhiza* sur des rats de la souche Wistar health, *Science Discovery*, n° 21, vol 1, 2020.
- [18] M. Vauboudolle, Toxicologie, Sciences Mathématiques, Physiques et chimique. Editions Le Moniteur, Paris, p 1037, 2007.
- [19] A. Moignet, J. Donadieu, F. S., Fontbrune and T. Lamy. Les neutropénies chroniques et sévères de l'adulte. *Hématologie*, n° 18, vol 6, pp 339-353, 2012.
- [20] M. Fall, Recherche de l'activité antiparasitaire de trois plantes *Aphania senegalensis*, *Cassia Italica*, *Nauclea latifolia*, Thèse Pharmacie, Dakar, n°19, 2011.
- [21] K. Kaushansky, Thrombopoietin: the primary regulator of platelet production. *Blood*, n° 86 vol 2, pp 419-431, 1995.
- [22] A. D. P. Bidie, F. M. Adeoti, F. A. yapo, J. W. Tiekpa, J. D. N'guessan and J. A. Djaman, effet de l'extrait total aqueux de *Chrysophyllum perpulchrum* sur les paramètres hématologiques, biochimiques et la croissance pondérale des rats Wistar sains, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, n° 28, pp 333-348, 2016.
- [23] A. Kumar, P. Sharmila, M. Vanithapappa, M. Sundararajan and P. Rajasekara, *Journal of Ethnopharmacology*, n° 92, pp 37- 40.
- [24] G. Banfi and M. Del Fabbro, Serum creatinine values in elite athletes competing in 8 different sports: comparison with sedentary people. *Clinical Chemistry*, n° 52, vol 2, pp 330-33, 2006.
- [25] R. Pariyani, I. I. Safinar, A. A. Azam, F. Abas, K. Shaari and M. R. Sulaiman, Phytochemical screening and acute oral toxicity study of Java tea leaf extracts, *BioMed Research International*, pp 1-9, 2015.
- [26] J-Y Scoazec, La mort des cellules hépatiques. *Hépatogastro & Oncologie Digestive* n° 4, vol 1, pp 45-57, 1997.
- [27] B. L. Preston, T.W. Snell, T. L. Robertson, B. J. Dingmann, Use of freshwater rotifer *Brachionus calyciflorus* in screening assay for potential endocrine disruptors, *Environ Toxicol Chem.* n° 19 vol 12, pp 2923-2928, 2000.

Building height estimation from high resolution satellite images

Abdelatif Rajji¹, Abdessamad Najine¹, Amina Wafik², and Amroumoussa Benmoussa¹

¹Sultan Moulay Slimane University, Department of Earth Science, Faculty of Science and Techniques, Beni Mellal, Morocco

²Cadi Ayyad University, Department of Earth Science, Faculty of Science Semlalia, Marrakech, Morocco

Copyright © 2022 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 new automated method for the detection and determination of building heights using their cast shadows. The approach consists in applying image processing using PCA and segmentation for the detection and recognition of buildings and their shadows. The height of the buildings is deduced by knowing the length of their shadow projected on the ground, the position (azimuth and zenith) of the sun and the sensor at the time of acquisition. These shadow analyses were carried out on a free satellite image from Google Earth. The results of the height calculations are used for the three-dimensional modelling of the buildings.

The 3D models produced can be used for strategic decisions in the professional field and for urban monitoring and surveillance, as well as for various research studies on the relationship between building heights and natural and man-made phenomena: energy consumption and land subsidence. Our method, which requires a good precision of the geometric characteristics of the proposed remotely sensed data, has outperformed the majority of existing research as an automated approach to exploiting the shadows of several buildings in a single satellite image and their 3D reconstruction.

KEYWORDS: Buildings, remote sensing, urban planning, shadow, Google Earth, high resolution satellite image.

1 INTRODUCTION

In order to prevent and manage land instabilities linked to the presence of underground cavities, the assessment of the vulnerability of buildings to collapse due to these movements is of great importance. The method used to undertake this study is based on the identification of potential or actual causes of collapse taking into account several factors, among them the geometric shape and height of buildings.

Before examining the relationship between building form and collapse risk, information on building geometry and height must be obtained.

The data sources mentioned above in previous work in this direction include several types of sensors of which DTM (Digital Terrain Model), DSM (Digital Surface Model) were the most used. H.Sportouche employed DTM and SAR sensor system parameters and provided a method for estimating building heights based on likelihood criterion optimisation [1]. By automated generation of 3D building models from DTM and DS, F.Rottensteiner presented his new method [2]. 3d building dimension extraction from high resolution stereo images captured by the SAR sensor was performed by Simonettto et al [3].

In recent years and with the development of the field of remote sensing, researchers have directed their research to the calculation of heights by processing satellite images. Ding et al. based on the use of the roof size provided by Google Earth and the image coordinates of the four corners of the rectangular building facade, presented a method to obtain the building height from a single ground image based on the intrinsic parameters of the camera [4].

Another group of researchers focused on the connection between the actual height of the building and the length of its shadow. Shettigara and Sumerling estimated average building heights using shadows detected in the SPOT panchromatic band and multispectral images [5].

Shao et al, started with the development of an automated approach for estimating the shadow length and corresponding building height for very tall buildings, especially above 15 m [6]. Comber presented a method that complements existing approaches for extracting building heights using the detected shadow, width, solar elevation and solar azimuth at distance [7]. Adding the satellite position The height of buildings was deduced by Massalabi et al based on their shadow length, the position (azimuth and zenith) of the sun and the sensor [8]. Izadi deduced a new system of building height determination based on sine-cosine and using shadow length, solar altitude, satellite altitude and the difference between solar and satellite azimuth [9].

Determining the height of the building by the length of their shadow requires a remote sensing analysis that mostly considers the shadow as noise because of the change in its size. Several researches have been developed to correct and exploit the shadow of buildings and correct their negative effects [10], [11]. LOSCOS et al evaluated shadows in a scene using global lighting algorithms [12]. Chen et al present a method for studying shadows and retrieving information from the area covered by shadows in very high resolution images [11]. Zhou et al. proposed three methods for applying an object-based classification procedure to solve shadow-related problems in remote sensing image analysis [14]. [14]. Shettigara et al and Hartel et al have made attempts to determine building heights by their shadows but using Spot panchromatic images [11], [15].

This paper describes a new automated extraction-based method applied to a high-resolution satellite image from (Google Earth) to simultaneously determine the heights of a group of buildings by their shadows. Shao et al, started with the development of an automated approach for estimating the shadow length and corresponding building height for very tall buildings, especially above 15 m [6]. Comber presented a method that completes Adding the satellite position The height of buildings was deduced by Massalabi et al based on their shadow length, the position (azimuth and zenith) of the sun and the sensor [8]. Izadi deduced a new system of building height determination based on sine-cosine and using shadow length, solar altitude, satellite altitude and the difference between solar and satellite azimuth [9].

Determining the height of the building by the length of their shadow requires a remote sensing analysis that mostly considers the shadow as noise because of the change in its size. Several researches have been developed to correct and exploit the shadow of buildings and correct their negative effects [10], [11]. LOSCOS et al evaluated shadows in a scene using global lighting algorithms [12]. Chen et al present a method for studying shadows and retrieving information from the area covered by shadows in very high resolution images [11]. Zhou et al. proposed three methods for applying an object-based classification procedure to solve shadow-related problems in remote sensing image analysis [14]. [14]. Shettigara et al and Hartel et al have made attempts to determine building heights by their shadows but using Spot panchromatic images [11], [15].

This paper describes a new automated extraction-based method applied to a high-resolution satellite image from Google Earth) to simultaneously determine the heights of a group of buildings by their shadows. The image processing first involves the detection and highlighting of buildings and their associated shadows. The height of the buildings is then automatically deduced by calculating the lengths of their projected shadows after applying a sequence of vector algorithms and existing data from the sun's position and the satellite sensors. Thus the 3D reconstruction of buildings will be practically easy by combining the deduced vector database and the vector file of the detected buildings.

2 METHODOLOGY

Figure 1 shows the general methodology of the study. It represents three main steps for the 3D reconstruction of buildings from the length of their shadows. This process starts with the detection and extraction of buildings and their shadows by applying PCA and segmentation algorithms on a high spatial resolution monoscopic satellite image from Google Earth. Then, the extracted data is vectorized in order to calculate the lengths of the building shadows. The next step is a phase of determining the principle of calculating building heights from their shadows based on fundamental trigonometric parameters. The last step is the most important component in this work, which is the integration of the processed database of building lengths into their vector database in order to model the site in 3D.

2.1 PROCESSING AND DETECTION OF SHADOWS AND BUILDINGS TO DETERMINE THE LENGTH OF CAST SHADOWS

Shadows occur when buildings totally or partially block the direct light projected by a light source (the sun). In practice, the detection of buildings and their shadows is a rather complex operation and has always been a source of difficulty, especially in urban areas, because of the modification of the dimensions of the shadows according to several parameters: the shape of the building, the orientation and the solar and satellite azimuth. A precise identification of buildings and their shadows is therefore a requirement for a correct calculation of building heights.

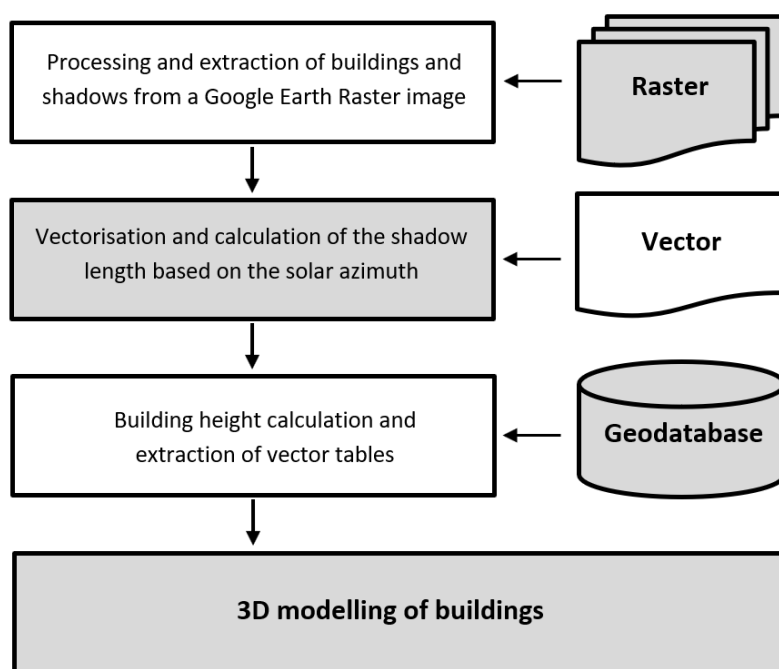


Fig. 1. Proposed system for 3d reconstruction of buildings

2.2 CRITERIA FOR CHOOSING THE HIGH RESOLUTION GOOGLE EARTH IMAGE:

Google Earth is a free virtual globe, map and geographic information platform originally called Earth Viewer 3D created by Keyhole, Inc. It maps the Earth by overlaying images obtained from satellite imagery, aerial photography and the Geographic Information System (GIS) on a 3D globe.

To ensure correct and accurate detection of buildings and their projected shadows, the satellite image used for dimensional estimation of buildings must meet the following criteria:

- The shadow must be clear to avoid ambiguity;
- Good object distinction to differentiate buildings and shadows;
- The angle at which the satellite image is taken must be greater than 70°;
- The time of the image acquisition should be between 10 and 15 hours;
- Avoid images where the shadow of one building is cast on another;
- The dimensions of the selected image are less than 6x6 km.

Another condition is that the solar elevation and solar azimuth of each point in the same image must be very close or equal. The RGB satellite images provided by Google Earth generally meet this condition [20]. All spatial changes of the image source are reported on the platform.

After retrieving the solar azimuth from Google Earth. The solar elevation can be obtained by an open source software "Sunearthtool". It allows to investigate the solar position. Taking into account the time period of taking the image.

2.3 EXTRACTION OF BUILDINGS AND THEIR SHADOWS

The first phase of the proposed methodology consists in extracting buildings and their projected shadows, in order to construct the variables "building" / "no-building" and "shadow" / "no-shadow". These variables will allow us to disaggregate the spatial information of the image, and thus to delimit our areas of interest.

To extract the buildings and shadows, we use two different approaches; supervised classification of the 3 PCA colour composite of the satellite image and object-oriented classification (Figure 2).

In order to integrate the data into the local reference system (Lambert Maroc Z1 projected coordinate system), geometric corrections and radiometric processing were performed on the different data. In the same context, a "majority" filter was applied in order to clean up the variability of isolated pixels.

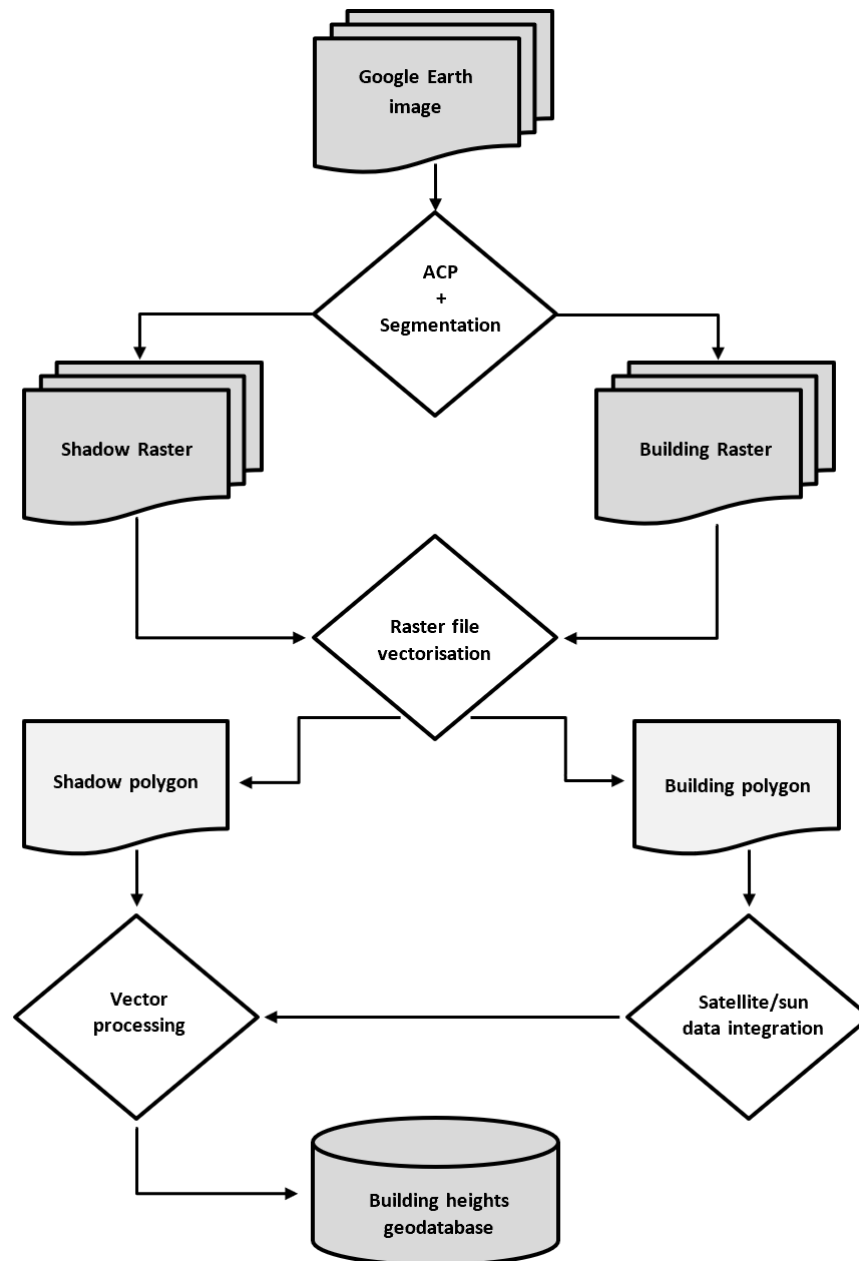


Fig. 2. The flowchart for extracting shadows and buildings and calculating height

2.3.1 SHADOW DETECTION AND EXTRACTION

Shadows have always been a source of problems in the processing of high resolution images in urban areas, due to the concealment of the information they produce. However, the proposed methodology takes advantage of their presence for the automatic estimation of building heights [21].

To extract the shadows from the image, we first performed a principal component (PC) analysis of the three RGB bands of the image. Then, using the first PC1 component, which carries 97.7% of the total variance of the data, we identified the intensity value that most effectively isolates shadows by means of a threshold. To do this, pixels belonging to areas with shadows on

the one hand, and pixels without shadows on the other hand, are selected. The values of both groups are used to draw their histograms, which are used to determine the intensity value by which the shadows will be isolated (Figure 3).

2.3.2 DETECTION AND EXTRACTION OF BUILDINGS

For the identification of buildings, we have chosen a classification based on the object-oriented approach. This approach is widely used for the processing of high spatial resolution satellite images.

The adopted treatment process generally consists of 3 steps:

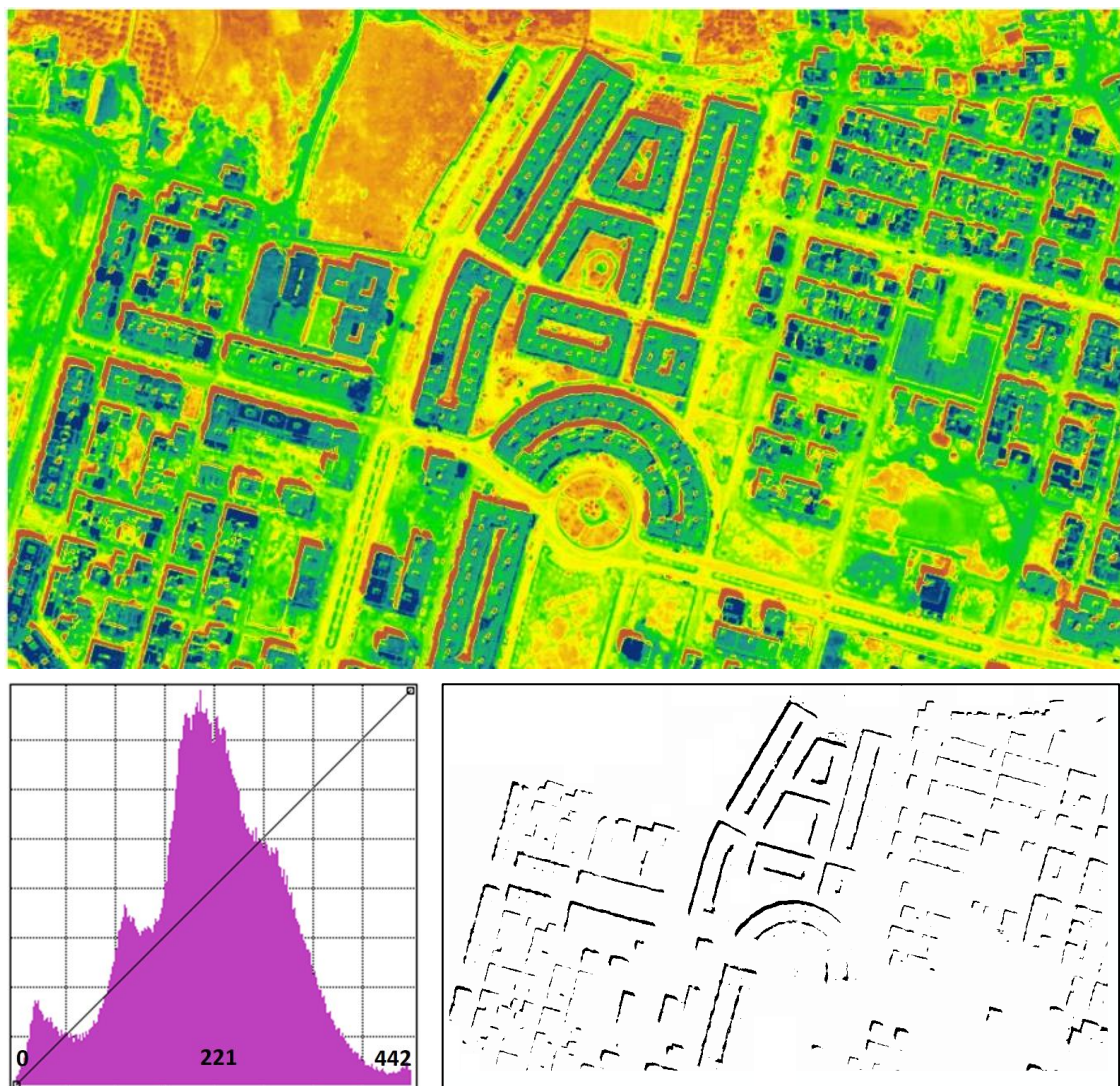


Fig. 3. *a= PCA1; b = Histograms of shaded and unshaded pixels and threshold value used; c= shade*

- Segmentation: Image segmentation consists of merging pixels into homogeneous regions, These regions are then considered as "objects" independent of each other. These regions are then considered as independent "objects". This allows the implementation of a classification based on objects instead of individual pixels [21]. The segmentation algorithm used is multi-resolution. It is a region-based growth technique that starts by considering objects of a pixel. The principle consists of grouping pixels according to their attributes without taking into account their location within the image. This makes it possible to construct classes of pixels; adjacent pixels belonging to the same class then form regions.
- Characterisation of regions: this stage consists of determining the recognition rules by researching their spectral, topological and contextual properties. Thus, in a first step, we can identify the buildings by their colour and size; in a second step, we can extract the buildings by the morphological attributes of the segmented objects. This is related to the two main

tasks required to understand the images [24]. The colour criterion would allow us to retrieve the different surfaces of a roof, which may vary in colour depending on the sunlight. The size criterion would allow us to identify buildings with different surfaces.

- Classification: Once the segmentation levels have been determined, the classification is based on the feature regions previously defined for the different classes. These regions are developed on the basis of selected test areas (nearest neighbour classifier) or created by fuzzy logic functions. In the first case, objects are automatically assigned to a class and in the second case, the user himself presents the characteristics and threshold values of a class membership.
- For the creation of the knowledge base, the nearest neighbour classification (Edit Standard NN) is used. It allows to use the selection of example segments that several features in the classification process can include. Initially, the classes and features to be used for each class are specified. Subsequently, sample objects for the individual classes are defined.

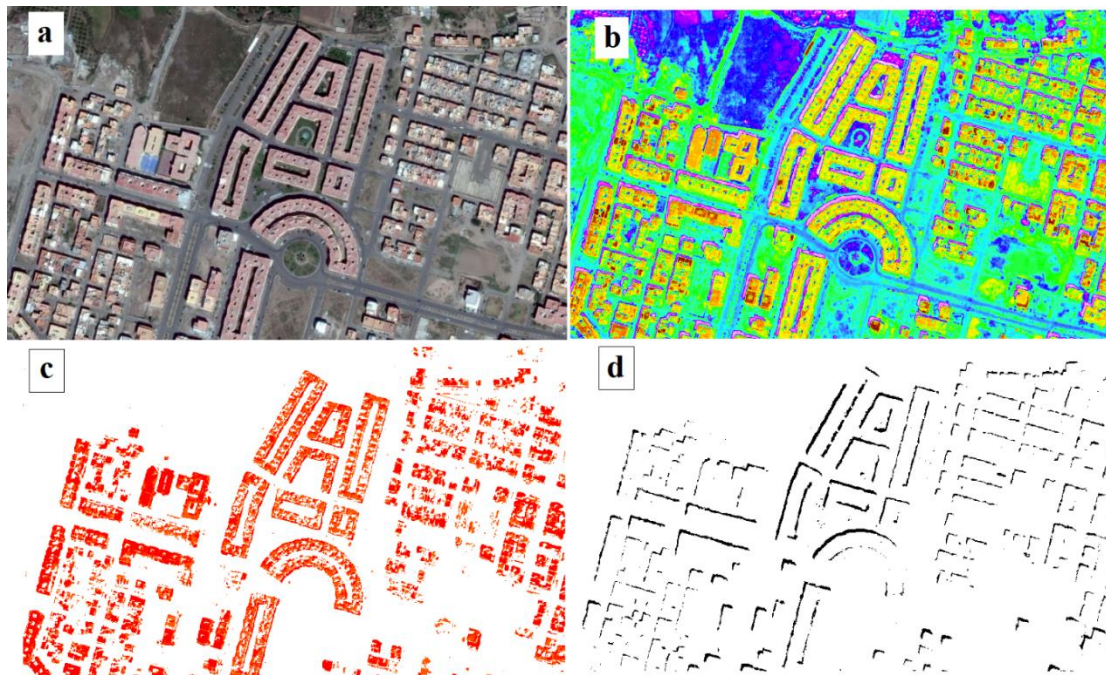


Fig. 4. Extraction process of buildings and their shadows: *a: High spatial resolution satellite image taken by Google Earth, b: Processed and classified image, c: Raster buildings, d: Raster shadows*

Thus, the segmented and classified satellite image obtained allows to distinguish accurately buildings and other unwanted elements (vegetation, roads, soil and shadows). Figure 4 shows the results of image processing by segmentation.

2.4 VECTORISATION OF SHADOW AND BUILDING IMAGES

The objective of vectorising the building and shadow raster images extracted from the resulting high resolution satellite image (VHRS) is to create a file in vector format. The vector file can then be interpreted by GIS software and perform spatial processing.

There are different ways to convert a file from raster to vector format. The first is to manually draw polygons on top of the Raster image and assign a category to each one (building, shadow...). The second technique is automatic vectorisation using the "Raster to Polygon" algorithm of the Arcgis software, which is able to distinguish areas according to their attribute values. This method allows the creation of a shapefile and the individualisation of each building or shadow element in the image into a polygon which contains a definition of its geometric aspect in the form of a series of points delimiting the limits of each element (figure 5).

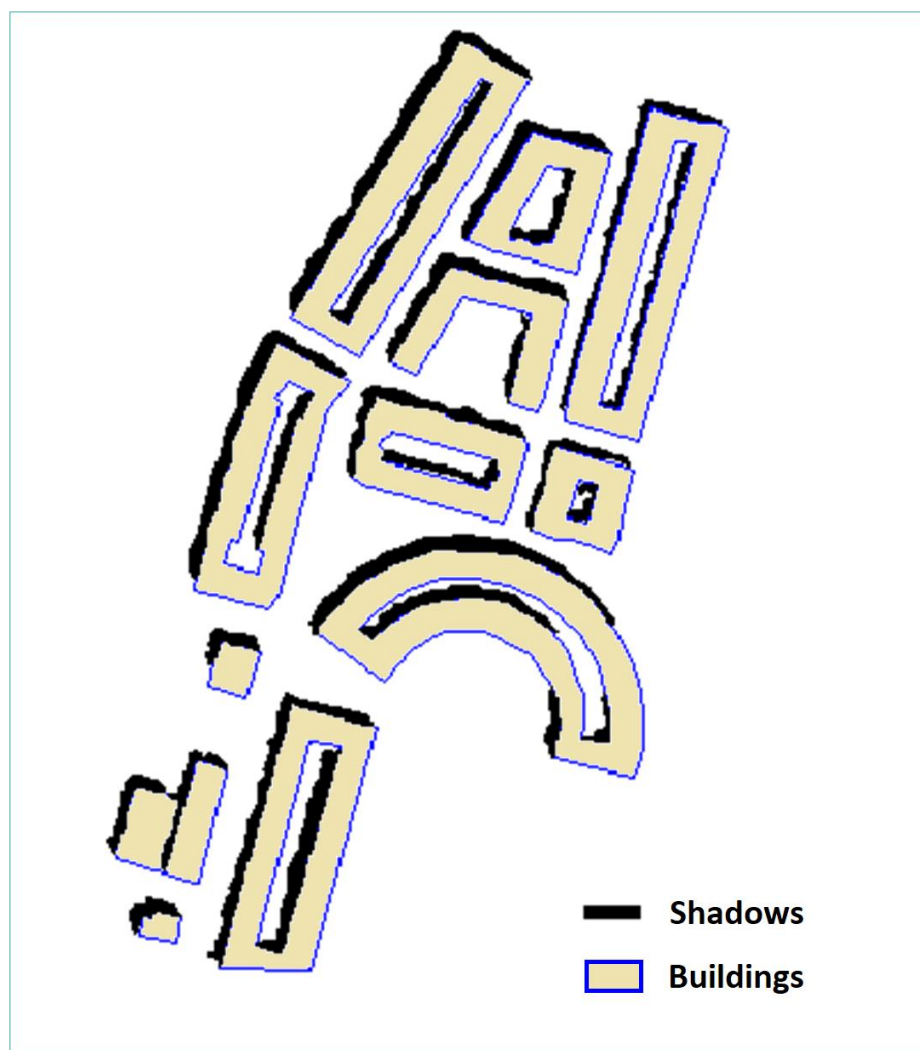


Fig. 5. Vectorisation results of detected buildings and their shadows

2.5 CALCULATION OF THE THEORETICAL SHADOW LENGTH OF A BUILDING

After the identification and precise vectorisation of building and shadow areas. The length of the shadow is calculated using the azimuth angle of the sun and the building and shadow polygons.

Based on the Arcgis software, in each polygon that represents a building a centroid point is automatically made using the tool "Calculate geometry /Coordinate of Centroide" in the table of the "Building" Shapefile database. (X1, Y1) is the starting point of a line oriented in the direction of the sun's azimuth and which ends with a second point having coordinates (X2, Y2) calculated according to the following formula:

$$X2 = X1 + \sqrt{S} + n, Y2 = Y1 + \sqrt{S} + n \quad (1)$$

$$n = L_{max} + 1, \text{ dont } L_{max} = \frac{H_{max}}{\tan(h)}$$

Where S is the building area, Lmax is the maximum shadow length in the site, Hmax is the maximum height of the buildings and h is the height of the sun (Figure 6).

After inserting the shadow polygons, the shadow length of each building is calculated by the intersection of the previously created lines and the shadow polygons using the "itersect" algorithm of the "Overlay" tool proposed by Arcgis. As a result of this step, a shapefile of "shadow_length" polylines is obtained, which represent the lengths of the shadows associated with the buildings. Finally, we associate the table of calculated shadow lengths with the table of buildings. This will allow us to have

in Output a single shapefile of buildings including in its attribute table the shadow lengths for each building unit. By using the field calculator tool we can then automatically calculate the building heights through the application of the formulas detailed in the next chapter.

3 PRINCIPE FOR BUILDING HEIGHT ESTIMATION FROM SHADOWS

The determination of the height of buildings from the length of their cast shadow is based on these basic parameters:

- **The sun's elevation:** the position of the sun at the time of imaging is directly related to the length of the cast shadow.
- **Sun azimuth:** determines the orientation of the sides of the shadow.
- **Satellite azimuth:** The position of the sensor determines the building and shadow components seen by the sensor. If the sensor is in a position perpendicular to the earth's surface, the components captured by the sensor will have the correct dimensions and geometric shapes. However, if the sensor forms an angle α with the perpendicular to the earth's surface, corrections will be required.

The parameters listed above are retrieved directly or indirectly from the satellite image (VHRS).

3.1 SOLAR DECLINATION

Solar declination is defined as the angle between the sun's rays and the Earth's equatorial plane. Several approaches have been developed in the form of regular and high precision algorithms [18-19] for the calculation of solar declination. Coper and Bourges [16-17] calculated the solar declination based on regular algorithms. According to C.X. Du [23] the error of the regular algorithms is greater than 0.02° and that of the high precision algorithms is equal or less than 0.01° . However the application of the latter is very complicated, they are often used for modelling solar energy automation systems. To easily calculate the solar declination of a day n of the year at noon, we used the algorithm proposed by Bourges [17] as shown in equations (3) and (4).

$$\delta = 0.3723 + 23.2567\sin(w) + 0.1149\sin(2w) - 0.1712\sin(3w) - 0.7580\cos(w) + 0.3656\cos(2w) + 0.0201\cos(3w) \quad (3)$$

$$\text{Where } W = \frac{360(n - n_0 - 0.05)}{365.2422} \quad (4)$$

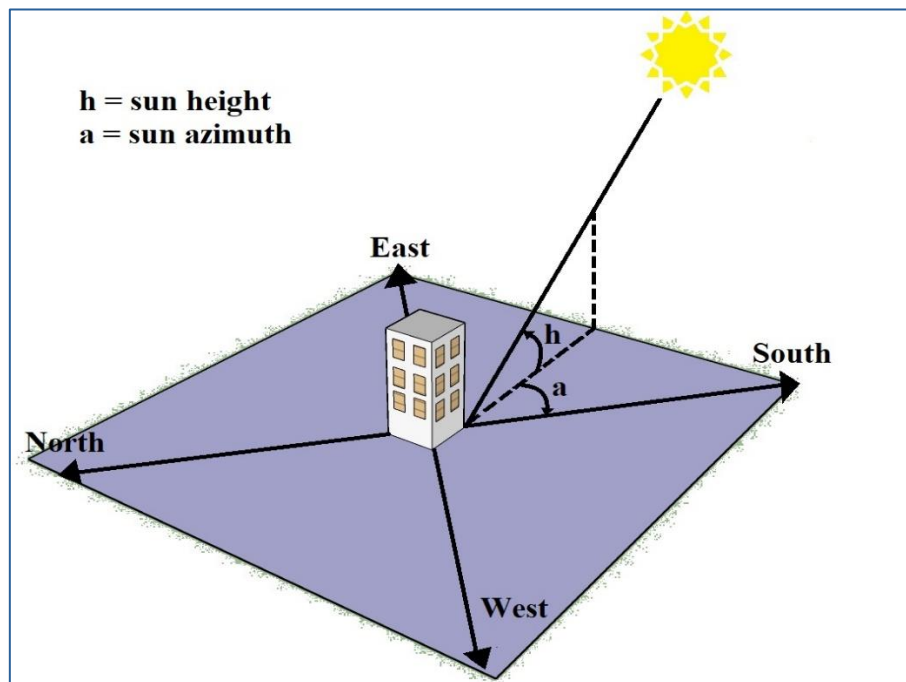


Fig. 6. Solar basic parameters

3.2 THE SOLAR HOUR ANGLE:

To calculate the solar hour angle one must first identify the relationships between the different solar parameters such as solar elevation, solar azimuth, solar declination and latitude. These relationships are expressed in equations (5), (6) and (7):

$$\sin(hs) = \sin(\phi)\sin(\delta) + \cos(\phi)\cos(\delta) \cos(\Omega) \quad (5)$$

$$\tan(\alpha_s) = \cos(\delta)\sin(\Omega)\cos(hs) \quad (6)$$

$$\cos(\alpha_s) = \frac{\sin(hs)\sin(\phi) - \sin(\delta)}{\cos(hs)\cos(\phi)} \quad (7)$$

Where hs : solar elevation; α_s : solar azimuth; ϕ : latitude; δ : solar declination; Ω : solar hour angle

The solar hour angle is thus calculated by the following relationship:

$$\Omega = \begin{cases} \min \left(\arccos \left(\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \arccos \left(\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \right) & \text{in the morning} \\ -\min \left(\arccos \left(\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \arccos \left(\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \right) & \text{in the afternoon} \end{cases} \quad (8)$$

Where :

$$a = \tan^2 \alpha_s \sin^2 \phi + 1 \quad (9)$$

$$b = -\sin 2\phi \tan \delta \tan^2 \alpha_s \quad (10)$$

$$c = \tan^2 \alpha_s \cos^2 \phi \tan^2 \delta - 1 \quad (11)$$

3.3 SOLAR ELEVATION

The solar elevation is defined by equation (12) and is calculated based on equation (5) after identifying the other solar parameters:

$$Hs = \text{Arcsin}(\sin(\phi)\sin(\delta) + \cos(\phi)\cos(\delta) \cos(\Omega)) \quad (12)$$

3.4 PRINCIPE FOR BUILDING HEIGHT CALCULATIONS

After determining the solar elevation and the shadow length, it can now inform about the building height. In this article the process is done automatically in the attribute table of the shapefile "Building" using the algorithms "calculate geometry" and "field calculator" proposed by Arcgis.

The principle of this section is based on the use of the shadow lengths of each building to estimate its height. However, the use of the shadow to estimate the height of the buildings requires in addition the knowledge of the following parameters: the solar elevation, the solar azimuth and the position of the satellite at the time of the image acquisition.

If the sensor is in a vertical position and perpendicular to the earth's surface, then only the position of the sun is taken into consideration. The position of the satellite sensor is negligible.

(Figure 6) shows the triangular relationship between the solar elevation angle, the height of the building and the length of the shadow. In (Figure 6), hs is the sun's elevation angle, α_s is the solar azimuth angle, H is the height of a building, and S is the length of the building's shadow:

$$\tan(hs) = \frac{H}{S} \quad (13)$$

so $H = S \cdot \tan(hs)$

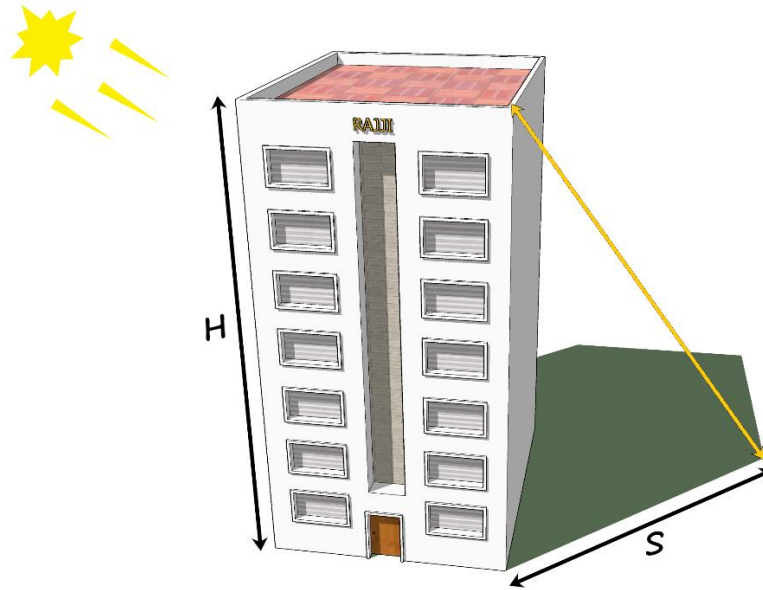


Fig. 7. Spatial relationship between the building and its shadow

In the case where the satellite is positioned with a view not perpendicular to the earth's surface at the time of imaging, equation (15) proposed by [shetigara et al 1998] is used, this equation takes into consideration the azimuth and zenith parameters of the satellite sensor [11]:

$$H = \frac{s}{\{[\cos(\phi_{sun} + 90^\circ - \phi_{wall}) / \tan(\theta_{sun})] - [\cos(\phi_{sat} + 90^\circ - \phi_{wall}) / \tan(\theta_{sat})]\}} \quad (14)$$

Where:

- H: the height of the building;
- s: measured length of the shadow seen in the wall normal direction
- Φ_{Sun} : Azimuth of the sun; θ_{sun} : sun zenith
- Φ_{Sat} : Azimuth of satellite; θ_{sat} : satellite zenith
- $\Phi_{Wall} + 90^\circ$: Normal building wall

3.5 D BUILDING MODELLING

Our new proposed approach is mainly aimed at improving the techniques of 3D modelling and presentation of the detected buildings by proposing easy-to-use tools on GIS or CAD platforms.

The third level of analysis consists of the application of an algorithm that consists of a series of the aforementioned equations for calculating building heights using the necessary data to deduce the height of each building in an automated manner and the presentation of these buildings in 3D. The automatic reconstruction of these buildings in 3D is considered the most important component of this paper.

Based on the estimated heights, the buildings will be presented as a 3D model using a GIS information system that transforms the height data into a representative model.

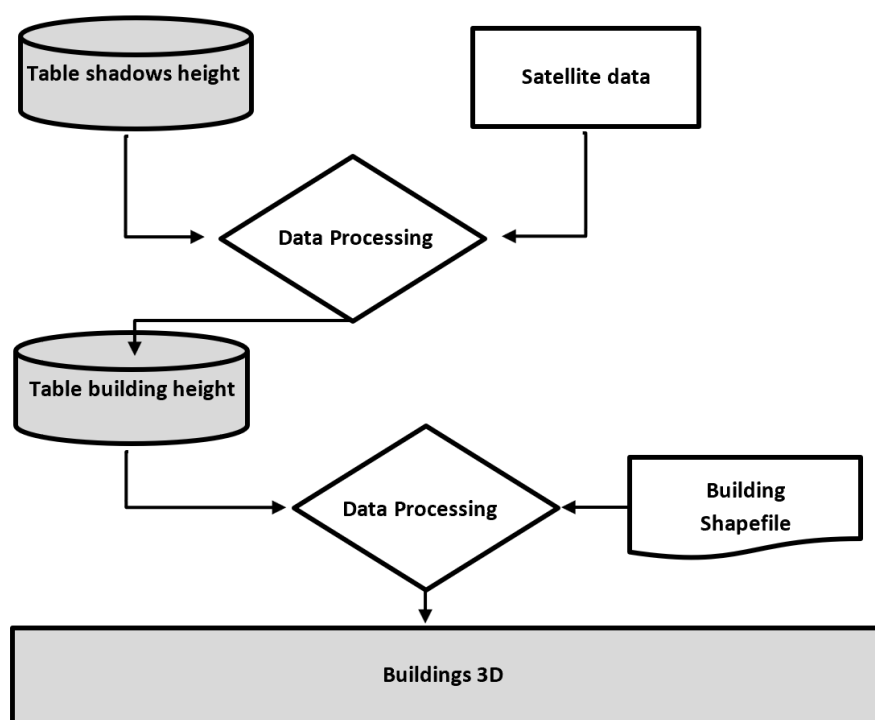


Fig. 8. 3d building modelling process

4 RESULTS AND DISCUSSION

The results of this work are of two kinds: those related to the development of the methods of extraction of buildings and shadows on the one hand, and on the other hand their application to the calculation of the heights of these buildings and to carry out the 3D modelling. We illustrate the detection results of the proposed approach in Chapter 2.

The detection and extraction of buildings and their associated shadows by processing a Google Earth satellite image through PCA and segmentation allows a good dimensional characterisation. This characterisation was used to calculate the length of the shadow and then to estimate the heights of these buildings and their 3D reconstruction.

The high spatial resolution satellite image was first tested and ensured that it presents at least a clear and sharp presence of shadows and buildings to allow an accurate estimation of the length of the shadows. The original image in figure (8-a) is processed to give the areas of shadows and buildings 8-b.

In high spatial resolution satellite images, segmentation is of great importance for image analysis and interpretation. An approach based on PCA and object-oriented segmentation analysis has proven to be effective for the detection of buildings and shadows.

To evaluate the performance and efficiency of the system proposed in this paper, Table 1 presents the results of the height calculation of 14 buildings using our approach and two other existing methods [1] and [5]. 14 shadow lengths were calculated automatically and at the same time. The analysis of the difference between the calculated heights and those measured in the field varies between 17cm and 78cm. While the application of the approaches proposed by [1] and [5] shows deviations that vary between (45 cm and 130 cm) and (112 and 170 cm) respectively. It can be clearly seen that the proposed method has a better accuracy compared to the main existing approaches.

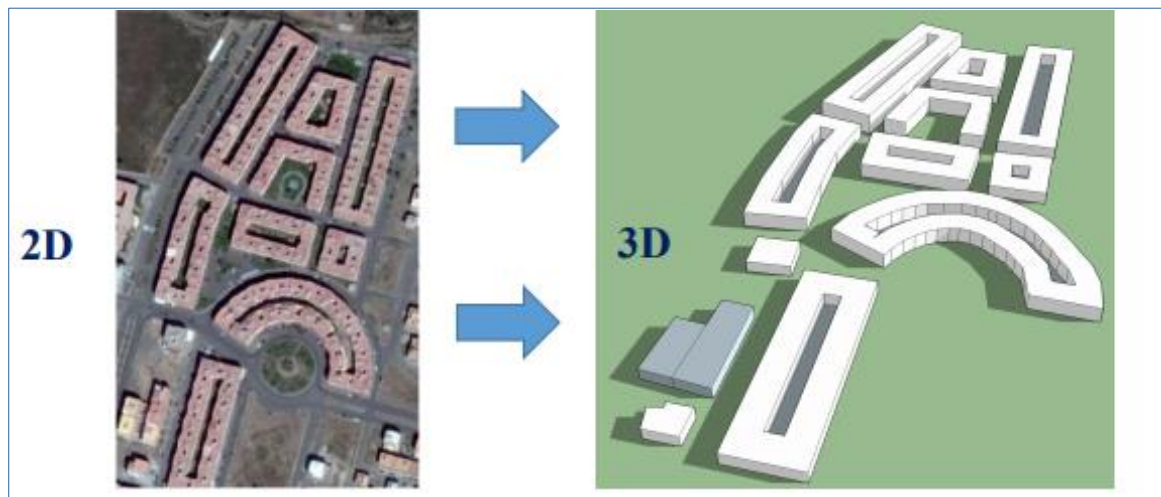


Fig. 9. a: satellite image selected and validated to perform the extraction of shadows and buildings b: 3D reconstruction results of the buildings

Table 1. Comparison table of the height measurements of the buildings studied

Building	Height (m)	Height (m) [1]	Height (m) [5]	Height (m) [our approach]
Building 1	15.23	15.90	16.55	15.4
Building 2	14.18	15.11	15.87	14.41
Building 3	14.86	14.41	15.98	15.05
Building 4	11.45	10.90	12.62	12.06
Building 5	11.63	12.21	13.04	12.03
Building 6	14.31	15.03	15.64	15.09
Building 7	15.10	15.74	13.93	15.6
Building 8	15.25	15.90	16.95	14.86
Building 9	18.85	20.00	20.08	18.24
Building 10	13.86	14.66	15.47	14.17
Building 11	14.97	15.5	16.54	15.71
Building 12	13.88	14.39	15.18	14.1
Building 13	19.74	21.04	21.29	20.11
Building 14	11.87	12.40	13.26	12.24

The results of the proposed approach present evidence of a highly developed and robust approach and that the detected buildings and their shadows are quite convincing and representative given the good distinction between buildings and shadows. As shown in the final results (Figure 8.b), the buildings are successfully represented in three dimensions.

5 CONCLUSION

The main contribution of this paper is that we propose a simple but automated method to simultaneously and accurately estimate the heights of several buildings from a simple monoscopic satellite image. This study presents a method for calculating the height of buildings based on the processing and information acquisition tools provided by Google Earth. For the evaluation of the accuracy of the method, the calculated and measured heights of 14 buildings are compared.

The final model obtained went through the recovery of satellite images, the detection of shadows and buildings and the estimation of the length of the shadow, the recovery of the necessary information using the Arcgis tool for the calculation of heights and the three-dimensional presentation of the buildings.

It is concluded that the method has three advantages: an original, simple and automated method of calculating the heights of several buildings in a single image; secondly, a greater precision of the results obtained. And finally the availability of the most important information: the sun and satellite parameters and the google Earth satellite image which can be used with full freedom. This method gives a tool and a source available free of charge to acquire the information of size of existing buildings to reuse it for practical purposes of civil, monitoring or surveillance of many levels of regulations related to the allowed height of buildings and structures, as well as for studies to visualize the impacts of building heights on some phenomena without moving to the field and manually calculate the various sizes of buildings to be studied.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the entire team of the GEOPLATINUM and HYDROSEPT engineering office for accompanying us during the execution of this work.

REFERENCES

- [1] H. Sportouche, F. Tupin, L. Denise, Building detection by fusion of optical and SAR features in metric resolution data, in: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009, IEEE International, IGARSS 2009. IEEE, 2009, 4: IV-769–IV-772, 2016.
- [2] F. Rottensteiner, C. Briele, A new method for building extraction in urban areas from high-resolution LIDAR data, *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 34 (3/A) (2002) 295–301.
- [3] E. Simonetto, H. Oriot, R. Garello, Rectangular building extraction from stereoscopic airborne radar images, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 43 (10) (2005) 2386–2395. Pour estimer la hauteur des bâtiments à toit plat Wegner a basé son travail sur l'utilisation une paire d'images InSAR (radar à synthèse d'ouverture) interférométrique et un orthophoto.
- [4] F. Ding, Interactive 3d city modeling using google earth and ground images, *Image and Graphics*, in: Fourth International Conference on ICIG 2007, IEEE, 2007, pp. 849–854.
- [5] SHETTIGARA V.K. and SUMERLING G. M., 1998. Height determination of extended objects using shadows in spot Images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 64: 35-44.
- [6] Y. Shao, G.N. Taff, S.J. Walsh, Shadow detection and building-height estimation using IKONOS data, *Int. J. Remote Sens.* 32 (22) (2011) 6929–6944.
- [7] A. Comber, M. Umezaki, R. Zhou, Y.M. Ding, Y. Li, H. Fu, H.W. Jiang, A. Tewkesbury, Using shadows in high-resolution imagery to determine building height, *Remote Sens. Lett.* 3 (7) (2012) 551–556.
- [8] D.C. Massalabi, G.B. Béné, E. Beaudry, Detecting information under and from shadow in panchromatic Ikonos images of the city of Sherbrooke, in: Geoscience and Remote Sensing Symposium, Proceedings IGARSS 2004, IEEE International, 3: 2000–2003, 2004.
- [9] M. Izadi, P. Saeedi, Three-dimensional polygonal building model estimation from single satellite images, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 50 (6) (2012) 2254–2272.
- [10] Nakajima Takashi, Tao, G., Yasuoka, Y., (2002), simulated recovery of information in shadow areas on Ikonos image by combining ALS data. *Gis developpement proceedings* www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/vhr/index.shtml (mai 2003).
- [11] Shettigara V.K. and Sumerling G. M. (1998), Height determination of extended objects using shadows in spot Images, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 64. N°1, pp. 35-44.
- [12] , [LOSCOS et al 98] Loscos C., Drettakis G., Robert L., Interactive Modification of Real and Virtual Lights for Augmented Reality, *Technical Sketch, SIGGRAPH'98*, Orlando (FL), juillet 1998.
- [13] CHEN, Y., WEN, D., JING, L. and SHI, P., 2007. Shadow information recovery in urban areas from very high resolution satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 28: 3249–3254.
- [14] ZHOU, W., HUANG, G., TROY, A. and CADENASSO, M.L., 2009. Object-based land cover classification of shaded areas in high spatial resolution imagery of urban areas: A comparison study. *Remote Sensing of Environment* 113: 1769–1777.
- [15] Hartel. Ph et F. Cheng (1995), Délimiter la hauteur des bâtiments dans une ville de l'ombre sur une image SPOT panchromatique: Partie 2: Test d'une image complète ville. *Journal international de télédétection*. Vol 16, N° 15, pp 2829-2842.
- [16] P.I. Cooper, The absorption of radiation in solar stills, *Solar Energy* 12 (3) (1969) 333–346.
- [17] B. Bourges, Improvement in solar declination computation, *Solar Energy* 35 (4) (1985) 367–369. [18] R. Walraven, Calculating the position of the sun, *Solar Energy* 20 (5) (1978) 393–397.
- [18] I. Reda, A. Andreas, Solar position algorithm for solar radiation applications, *Solar Energy* 76 (5) (2004) 577–589.
- [19] F. Qi, Y.X. Wang, A new calculation method for shape coefficient of residential building using Google Earth, *Energy Build.* 76 (2014) 72–80.

- [20] Madhavan, B.B., Tachibana, K., Sasagawa, T., Okada, H., Shimoizuma, Y., 2004. Automatic Extraction of Shadow Regions in High-resolution Ads40p. En: XX ISPRS Congress, Istambul.
- [21] WENG Q., 2010, Remote sensing and GIS integration Theories, methods and application,.
- [22] Mc Graw Hill: 397 p.
- [23] C.X. Du, P. Wang, C.F. Ma, A high accuracy algorithm for the calculation of solar position, Energy Eng. 4 (2) (2010) 1–44.
- [24] Matsuyama T., Hwang V.S.S. (1990) Experimental Results and Performance Evaluation. In: SIGMA. Advances in Computer Vision and Machine Intelligence. Springer, Boston.

Apport des chaînes de Markov et la méthode *Intensity Analysis* à la détection et la prévision des changements de l'occupation du sol autour du barrage de Taabo (Côte d'Ivoire)

[Contribution of Markov chains and the *Intensity Analysis* method to the detection and prediction of land cover changes around the Taabo dam (Côte d'Ivoire)]

N'guessan Bi Vami Hermann^{1,2}, Kouame Aristide², Youan Ta Marc^{1,2}, Alechy Fabrice¹, Saley Mahaman Bachir^{1,2}, and Affian Kouadio^{1,2}

¹Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement, UFR STRM, Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

²Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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: Population growth and human activities have negatively affected the vegetation cover in Côte d'Ivoire. The objective of this study is to analyse the land cover dynamics around the Taabo Dam from 1988 to 2017 and from 2017 to 2050. Landsat satellite data from 1988, 2002 and 2017 were used. Supervised maximum likelihood classification and Pontius intensity analysis were applied. It was found that global change was most rapid from 2017 to 2050. Losses and gains of water and bare soil are dormant while those of the other classes are active during the first-time interval. During the second time interval, the gain of crop and fallow and bare soil will be active but their loss will be dormant. Water will have dormant gains and losses while grassy savannah and shrubland will have active gains and losses. The gain from crops and fallows targets bare soil and habitats, shrub and grass savannah but avoids water. However, the gain in bare soil and habitats targeted crop and fallow land and grassy savannah, but avoided water and shrub savannah in both intervals.

KEYWORDS: Modelling, land use, Markov chains, intensity analysis, Taabo, Côte d'Ivoire.

RESUME: La croissance démographique et les activités anthropiques ont affecté négativement le couvert végétal ivoirien. La présente étude a pour objectif d'analyser la dynamique de l'occupation du sol autour du barrage de Taabo de 1988 à 2017 et de 2017 à 2050. Les données satellitaires Landsat de 1988, 2002 et 2017 ont été utilisées. La classification supervisée par maximum de vraisemblance et l'analyse d'intensité de Pontius ont été appliquées. Il ressort que le changement global a été plus rapide de 2017 à 2050. Les pertes et les gains de l'eau et sols nus sont dormants tandis que ceux des autres classes sont actifs pendant le premier intervalle de temps. Pendant le deuxième intervalle de temps, le gain de la culture et jachère et sols nus sera actif mais leur perte sera dormant. L'eau aura des pertes et des gains dormants par contre la savane herbeuse et arbustive auront des gains et pertes actives. Le gain des cultures et jachères cible les sols nus et habitats, la savane arbustive et herbeuse mais évite l'eau. Cependant le gain des sols nus et habitats a ciblé les cultures et jachères et la savane herbeuse, mais a évité l'eau et la savane arbustive au cours des deux intervalles.

MOTS-CLEFS: Modélisation, occupation du sol, chaînes de Markov, intensity analysis, Taabo, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les impacts des variations climatiques couplés à la forte croissance de la pression foncière ont affecté considérablement les usages des terres. Le quart des terres subissent des modifications de la succession végétale et de dégradation du milieu induite par les activités anthropiques [1]. A l'image de toute l'Afrique de l'Ouest, la Côte d'Ivoire a une économie fortement tributaire du secteur agricole et forestier, entraînant une diminution rapide des surfaces forestières [2]. En effet, l'évolution de la couverture forestière ivoirienne a connu le taux de déforestation le plus élevé des tropiques au XX^{ème} siècle [3]. La surface forestière de la Côte d'Ivoire, estimée à environ 14 millions d'hectares en 1912 est passée à près de 2 millions d'hectares en 2000 [4], [3]. C'est aussi le cas du couvert végétal autour des barrages hydroélectriques qui n'a pas échappé à cette déforestation à cause de la pression foncière. Depuis plusieurs décennies,

l'édification de petits barrages a été une solution très largement utilisée pour résoudre les délicats problèmes de mobilisation des ressources en eau et par ricochet baisser la pression foncière [5]. On observe une concentration de la population autour des points d'eau ou des cours d'eau suite à la rareté de cette ressource liée aux variations climatiques. L'eau est un élément clé pour le développement de l'agriculture. Avoir accès à cette ressource est très important pour les populations où l'activité agricole est dominante. Au regard de l'importance des barrages ouest-africains, un projet visant 4 barrages de la sous-région sur 4 pays a été initié afin de prendre des mesures autour de ces barrages. Ces barrages sont ceux de Taabo, Kossou en Côte d'Ivoire, Manantali au Mali et Bagré au Burkina Faso. Dans le cas de la présente étude, seul le barrage de Taabo est considéré. Il s'étend sur une superficie de 70 km² [6]. Hormis l'approvisionnement en électricité, le barrage de Taabo représente un enjeu économique pour la population locale. Ainsi, la présente étude a pour objectif d'analyser la dynamique de l'occupation des terres autour du barrage de Taabo de 1988 à 2050 afin de contribuer à une meilleure gestion des ressources en eau. Il s'agira dans cette étude de faire un état des lieux de l'occupation des terres autour du barrage de Taabo en 1988, 2002 et 2017, faire la prévision de l'occupation des terres autour du barrage de Taabo en 2050 et analyser la dynamique de l'occupation du sol autour du barrage de Taabo de 1988 à 2017 et de 2017 à 2050.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La région de l'Agneby-Tiassa s'étend sur une superficie de 9080 km² et compte 197630 habitants [7] Elle est limitée au Nord par les régions du Moronou et du Béliér, au Sud par la région des Grands Ponts, à l'Est par la région de la Mé et à l'Ouest par les régions des Grands Ponts, du Gôh et du Lôh-Djiboua. Cette région couvre quatre (4) départements: au sud, le département de Sikensi et Nord-ouest celui de Taabo. A l'Est celui d'Abgovielle à l'Ouest le département de Tiassalé. Le département de Taabo (figure 1) est situé entre 4°44'0" et 5°14'0" longitude Ouest et 6°0'00" et 6°22'0" latitude Nord, et est composé de la sous-préfecture de Taabo à l'Ouest et la sous-préfecture de Pacobo à l'Est.

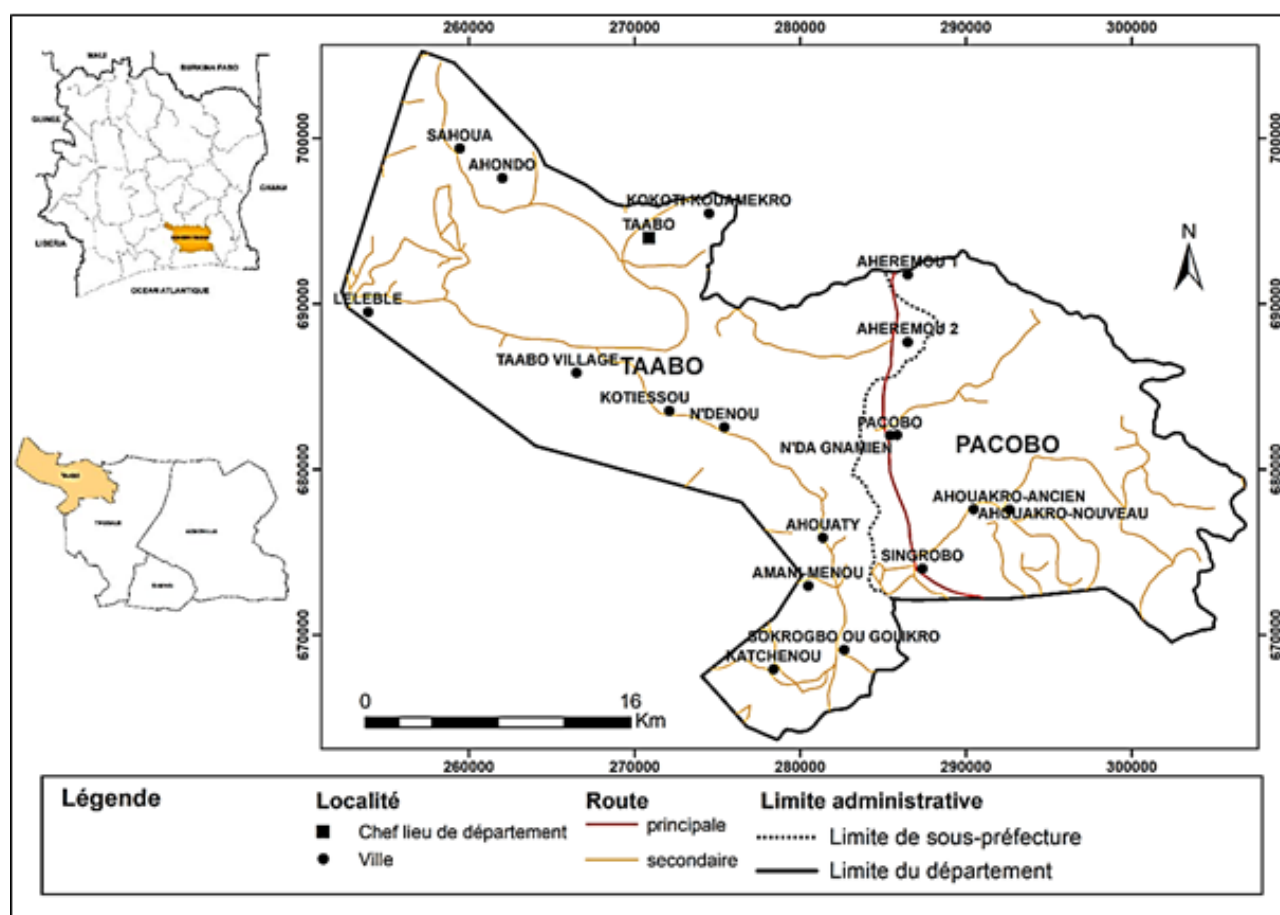


Fig. 1. Carte du département de Taabo

Le climat dans le département de Taabo de type équatorial de transition, comprend quatre (04) saisons. On distingue deux saisons des pluies (la grande saison se déroule entre avril et juin et la petite entre septembre et novembre) et deux saisons sèches (la grande saison s'étale de décembre à mars et la plus petite de juillet à septembre). La pluviométrie moyenne annuelle de 1121,90 mm [8]. La région de Taabo est à la limite du V-baoulé caractérisé par une végétation semi-décidue. On distingue dans cette formation végétale une

zone de savane pré-forestière au nord opposée à une zone forestière à au Sud. Cette végétation a subi d'importantes modifications à cause des activités agricoles résultant de la forte pression démographique. Le réseau hydrographique du département de Taabo est dominé par le Bandama qui le traverse du Nord au Sud. C'est d'ailleurs sur le fleuve Bandama que le barrage de Taabo a été construit en 1979 avec une capacité de 2010 Mégawatts.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODE

3.1 DONNÉES ET MATÉRIEL

Les données utilisées dans cette étude sont essentiellement:

- Les données vecteurs (au format shapefiles) des limites du département de Taabo datant de 2013, acquises par le biais du Bureau National d'Etude Technique et de Développement (BNETD) et;
- Les données rasters constituées d'images satellitaires Landsat des capteurs TM, ETM+ et OLI respectivement des années 1988, 2002 et 2017 obtenues dans les archives des images satellitaires du site internet earthexplorer-usgs.gov/usa.

Le traitement ces données a nécessité l'utilisation de plusieurs logiciels à savoir:

- La version 5.3 du logiciel Envi (environment for visualizing Images) qui a été utilisé pour le prétraitement des images satellitaires;
- La version 17 du logiciel Idrisi qui a servi à générer les matrices de transition entre les intervalles de temps et faire la prévision de l'occupation du sol;
- Le programme « Pontius Matrix22 » pour l'analyse des changements d'intensités des différentes classes d'occupation du sol et;
- La version 10.2 du logiciel arcgis de la société ESRI (Environmental Systems Research Institute) qui a été utilisé pour la réalisation des cartes d'occupation du sol.

3.2 MÉTHODE

3.2.1 CLASSIFICATION DES IMAGES SATELLITAIRES

- ***Prétraitement des images***

Cette étape consiste à faire manipuler les images selon certains critères afin de les préparer à un traitement optimum. Les prétraitements ont débuté avec une calibration radiométrique qui permet de convertir les comptes numériques en (ou Digital Number DN en anglais) en valeur de luminance (Inglada, Christophe, 2010) grâce à l'algorithme "radiometric calibration". Ensuite, la correction atmosphérique qui consiste à réduire les effets de l'atmosphère sur les images a été faite grâce à l'algorithme FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes). Pour les images TM et ETM+, les bruits « sel et poivre » sur les images ont été supprimés pour améliorer la qualité visuelle de l'image en appliquant une analyse en composante principale (ACP) sur les images. La composition colorée a été effectuée pour mettre en évidence les différentes classes d'occupation du sol en se basant sur les trois couleurs principales (rouge vert et bleue). Le choix s'est porté sur la composition colorée RGB fausse couleur 473 pour les images TM et ETM+, et la composition colorée RGB fausse couleur 574 pour l'image OLI. Ces combinaisons ont été choisies, car elles permettent de discriminer les différentes entités d'occupation du sol et aussi permet une interprétation aisée de l'image.

- ***Classification supervisée***

Avant le choix des classes d'occupation du sol, une amélioration de l'image à partir de l'égalisation d'histogramme a été faite. Le choix de l'algorithme de classification des images satellitaires s'est porté sur le maximum de vraisemblance. Cet algorithme dérivé de la théorie de Bayes, s'appuie sur la probabilité statistique de la distribution des pixels [9]. La classification par l'algorithme de maximum de vraisemblance suppose que la distribution des données dans une classe obéit à une distribution gaussienne multivariée. Chaque pixel est attribué à une classe si la probabilité d'appartenir à cette classe est la plus élevée ou dans le cas contraire le pixel est étiquetée non classée si les valeurs de probabilité sont toutes inférieures au seuil [9].

- ***Analyse post-classification***

Après la classification, l'étape suivante consiste à évaluer la classification à partir des indices tels que le coefficient de kappa. Le taux d'accord ou de « concordance » est donc estimé par le coefficient Kappa [10]. Ce coefficient est déterminé en croisant les informations de la classification et celle de l'image de référence par le biais des coordonnées GPS recueillies sur le terrain. Le coefficient de Kappa traduit le caractère non aléatoire de la classification.

• **Prévision et validation de l'occupation du sol en 2050**

La modélisation a nécessité préalablement une validation à partir des images acquises. L'image de 2017 (OLI) étant la plus récente, elle a permis de tester le modèle en s'appuyant sur les images les plus anciennes 1988 (TM), et 2002 (ETM+). La comparaison entre les résultats issus de la simulation de 2017 et celle issue de la classification de 2017 permettent d'évaluer la pertinence du modèle. La prévision a été faite avec le logiciel Idrisi version 17 dans lequel est implémentée la chaîne de Markov [11]. Le principe de la prévision consiste à déterminer les changements qui se produiront à un moment futur à l'aide du processus de prédiction de la chaîne de Markov. La validation du modèle s'est effectuée par la comparaison des surfaces de la carte de référence (2017) et le résultat de la simulation (2017 et par la comparaison des deux cartes à l'aide de la fonction CROSSTAB et du module VALIDATE du logiciel IDRISI SELVA. Les coefficients relatifs à cette évaluation sont le coefficient de Cramer's qui varie de 0,0 (pas de corrélation) à 1,0 (corrélation parfaite) [12] et les valeurs de Kappa (elles sont excellentes pour des valeurs supérieures à 0,75; bonnes pour des valeurs comprises entre 0,40 et 0,75; et mauvaises pour les valeurs inférieures à 0,40 [13].

3.2.2 METHODE D'ANALYSE D'INTENSITE (ANALYSIS INTENSITY)

L'analyse de la dynamique spatiale s'appuie sur deux éléments: la chaîne de Markov et la matrice de Pontius. En effet, la chaîne de Markov est déterminante dans la présente analyse dans la mesure où elle fournit la matrice de transition à partir du module "Markov" de IDRISI entre les différents intervalles de temps et permet de faire une prévision de l'occupation du sol en se basant sur les informations obtenues dans le passé. Ensuite, le module CA_Markov utilise des procédures d'automate cellulaire en combinaison avec l'analyse de chaîne de Markov pour produire la carte d'occupation du sol future. Quant à la matrice de Pontius, elle est un programme gratuit qui permet de réaliser une analyse assez pointue de la dynamique de l'occupation du sol. Cette analyse se fait en illustrant les changements à trois (3) niveaux qui sont:

Le changement entre intervalle de temps décrit l'intensité du changement annuel au cours de chaque intervalle. Il examine comment le pourcentage de variation annuelle S_t pendant chaque intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$ se compare à un pourcentage de variation annuelle uniforme U pendant la durée $[Y_1, Y_T]$. Si $S_t < U$, alors S_t est lent et si $S_t > U$, alors S_t est rapide. L'équation 1 donne S_t et l'équation 2 donne U .

$$S_t = \frac{(\text{Taille du changement pendant } [Y_t, Y_{t+1}])100\%}{(\text{Taille de l'étendue spatiale}) (\text{durée de } [Y_1, Y_{t+1}])} = \frac{\{\sum_{i=1}^I [(\sum_{j=1}^J C_{tij}) - C_{tii}]\}100\%}{[\sum_{i=1}^I (\sum_{j=1}^J C_{tij})] (Y_{t+1} - Y_{Y1})}$$

$$U = \frac{(\text{Taille du changement pendant tous les intervalles})100\%}{(\text{Taille de l'étendue spatiale}) (\text{durée de tous les intervalles})} = \frac{\{\sum_{i=1}^I [(\sum_{j=1}^J C_{tij}) - C_{tii}]\}100\%}{[\sum_{i=1}^I (\sum_{j=1}^J C_{tij})] (Y_{t+1} - Y_{Y1})}$$

Le changement au niveau des classes décrit la variation de l'intensité de la perte brute et intensité des gains bruts parmi les classes de chaque intervalle de temps. Il examine comment la perte L_{ti} de la classe i et l'intensité de gain G_{tj} à la classe j se compare à une intensité S_t uniforme pendant chaque intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$. Si $L_{ti} < S_t$, alors L_{ti} est dormant et si $L_{ti} > S_t$, alors L_{ti} est actif. De même, si $G_{tj} < S_t$, alors G_{tj} est dormant; et si $G_{tj} > S_t$, alors G_{tj} est actif. Les équations 3 et 4 donnent respectivement L_{ti} et G_{tj} :

$$L_{ti} = \frac{(\text{Taille de la perte de } i \text{ pendant } [Y_t, Y_{t+1}])100\%}{(\text{Taille de } i \text{ à la date } Y_1) (\text{durée de } [Y_1, Y_{t+1}])} = \frac{[(\sum_{j=1}^J C_{tij}) - C_{tii}]100\%}{(\sum_{j=1}^J C_{tij}) (Y_{t+1} - Y_1)}$$

$$G_{tj} = \frac{(\text{Taille du gain de } j \text{ pendant } [Y_t, Y_{t+1}])100\%}{(\text{Taille de } j \text{ à la date } Y_{i+1}) (\text{durée de } [Y_1, Y_{t+1}])} = \frac{[(\sum_{i=1}^I C_{tij}) - C_{tjj}]100\%}{(\sum_{i=1}^I C_{tij}) (Y_{t+1} - Y_1)}$$

Le changement relatif aux transitions décrit la variation d'intensité avec laquelle le gain d'une classe particulière passe à d'autres classes dans chaque intervalle de temps [14], [15]. Il examine comment l'intensité de transition R_{tij} de la catégorie i à la catégorie j se compare à une intensité de transition W_{tj} uniforme étant donné le gain de la catégorie j pendant l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$. Si $R_{tij} < W_{tj}$, alors le gain de j évite i , si $R_{tij} > W_{tj}$, alors le gain de j cible i . L'équation (5) donne R_{tij} et l'équation (6) donne W_{tj} :

$$R_{tij} = \frac{(\text{Taille de la transition de } i \text{ à } n \text{ durant } [Y_t, Y_{t+1}])100\%}{(\text{Taille de } i \text{ à la date } Y_t)} = \frac{C_{tin} / (Y_{t+1} - Y_t)}{\sum_{i=1}^I C_{tij}} 100\%$$

$$W_{tn} = \frac{(\text{Taille du gain de } n \text{ durant } [Y_t, Y_{t+1}])100\%}{\text{Taille de } n \text{ à la date } Y_t} = \frac{[(\sum_{i=1}^I C_{tin}) - C_{tnn}] / (Y_{t+1} - Y_t)}{\sum_{j=1}^J [(\sum_{i=1}^I C_{tij}) - C_{tnj}]} 100\%$$

Les équations (7) et (8) concernent l'analyse d'intensité de transition annuelle d'une catégorie m perdue à une autre catégorie j se compare à une intensité de transition V_{tm} uniforme étant donné la perte de la catégorie j pendant l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$. Si $Q_{tmj} > V_{tm}$, alors le perte de j cible i, si $Q_{tmj} < V_{tm}$, alors j évite i..

$$Q_{mj} = \frac{(\text{Taille de la transition de m à j durant } [Y_t, Y_{t+1}])100\%}{\text{Taille de j à la date } Y_t} = \frac{\{C_{mj}\}100\%}{\sum_{i=1}^J C_{ij}}$$

$$V_m = \frac{(\text{Taille de la perte de m durant } [Y_t, Y_{t+1}])100\%}{\text{Taille de m à la date } Y_t} = \frac{\{(\sum_{j=1}^J C_{mj}) - C_{mm}\}100\%}{\sum_{i=1}^J \{(\sum_{j=1}^J C_{ij}) - C_{im}\}}$$

Tableau 1. Notation mathématique de l'analyse d'intensité [14]

Symbole	Signification
J	Nombre de classes
I	Indice pour une classe au point de temps initial pour une classe particulière intervalle de temps
J	Indice pour une classe au point de temps final pour un temps particulier intervalle
M	Classe perdante dans la transition d'intérêt
N	Classe gagnante dans la transition d'intérêt
T	Nombre de points dans le temps
T	Point temporel initial de l'intervalle $[Y_t, Y_{t+1}]$, où t varie de 1 à T-1
Y_t	Année au moment t
C_{tij}	Nombre de pixels qui passent de la classe i au moment Y_t à la classe j au moment Y_{t+1}
S_t	Intensité annuelle de changement pour l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$
U	Valeur de la ligne uniforme pour l'analyse de l'intensité temporelle
G_{tj}	Intensité annuelle du gain brut de la classe j pour l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$
L_{ti}	Intensité annuelle de la perte brute de la classe i pour l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$
R_{tin}	Intensité annuelle de la transition de la classe i à la classe n pendant l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$ où i # n
W_{tn}	Valeur de l'intensité uniforme de la transition vers la classe n de tous les catégories non-n au moment Y_t pendant l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$
Q_{tmj}	Intensité annuelle de la transition de la classe m à la classe j pendant l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$ où j # m
V_{tm}	Valeur de l'intensité uniforme de la transition de la classe m à l'ensemble de la classe m non classé au temps Y_{t+1} pendant l'intervalle de temps $[Y_t, Y_{t+1}]$

4 RÉSULTATS

4.1 CLASSIFICATION DES IMAGES SATELLITAIRES

Les cartes d'occupation du sol du département de Taabo de 1988, 2002 et 2017 (figure 2) issues de la classification des images satellitaires ont mis en évidence cinq classes à avoir: « culture et jachère », « savane arbustive », « sols nus et habitat », « savane herbeuse » et « l'eau ». La carte d'occupation du sol de 1988 (figure 2.a) montre que la classe « culture et jachère » occupe la plus grande proportion (38%), ensuite vient la savane arbustive qui occupe 24%. Les 3 autres classes qui sont « sols nus et habitat », « la savane herbeuse » et « l'eau » occupent respectivement 20%; 15% et 3% de la superficie du département. Cette carte a été obtenue avec une précision globale de 91,78%, et un coefficient de Kappa de 0,96. La figure 2.b présente la carte d'occupation du sol du département de Taabo en 2002. L'analyse de cette figure montre une légère baisse de la proportion de la classe culture jachère (38% à 29%) par rapport à 1988. Quant aux sols nus et habitats, la classe a une très faible augmentation (1%) en 14 ans. La savane arbustive a subi une perte de 2%, elle est passée à 22% de la superficie totale. Cette perte a probablement profité à la savane herbeuse qui a vu sa proportion augmenter de 15% à 25%. La classe « eau » est restée stable avec 3% de la superficie. La classification des images satellitaires donne une précision globale est 89,14%, et un coefficient de Kappa égal à 0,92 traduisant ainsi la réalité du terrain. En 2017, les changements des classes d'occupation du sol ont encore évolué (figure 2.c). Seules les classes « sols nus habitat et eau » ont augmenté en superficie respectivement de 11% et 1%. La savane arbustive a perdu la plus grande superficie (de 22% à 14%). Il faut aussi souligner la perte au niveau de la savane herbeuse, une stabilité au niveau de culture et jachère et une superficie de 32% de sols nus et habitats. La carte d'occupation du sol du département de Taabo en 2017 a été obtenue suite à une classification dont la précision globale est 98,42%, et un coefficient de Kappa égal à 0,97.

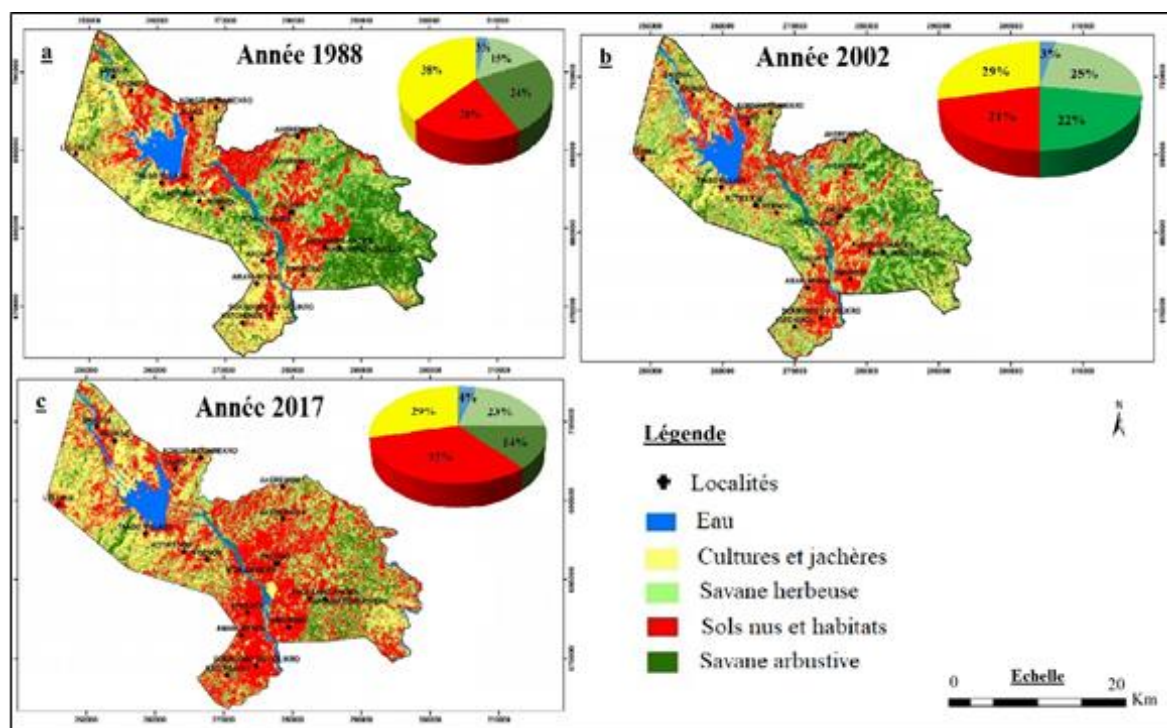


Fig. 2. Cartes d'occupations du sol de 1988, 2002 et 2017

4.2 VALIDATION ET SIMULATION DE LA CARTE D'OCCUPATION DU SOL DE 2050

La figure 3 propose une comparaison statistique des différentes unités d'occupation du sol. De manière générale, les proportions ne sont pas les mêmes entre l'image simulée de 2017 et l'image observée de 2017. Cependant, sur l'ensemble des deux cartes, les sols nus et habitats ont la plus grande superficie. Par contre, la superficie des sols nus au niveau de la carte observée est plus importante (32%) par rapport à la carte simulée (26%). Le constat est le même au niveau de la classe « culture et jachère ». Les proportions sur la carte observée sont plus grandes que les proportions sur la carte simulée. La proportion est plus élevée (26%) au niveau de carte simulée par rapport à la carte observée (21%). La seule classe restée stable sur les deux cartes est la classe « eau », la valeur est restée inchangée (4%). Les superficies des classes d'occupation du sol de la carte observée et simulée sont quasi semblables témoignant la performance du modèle.

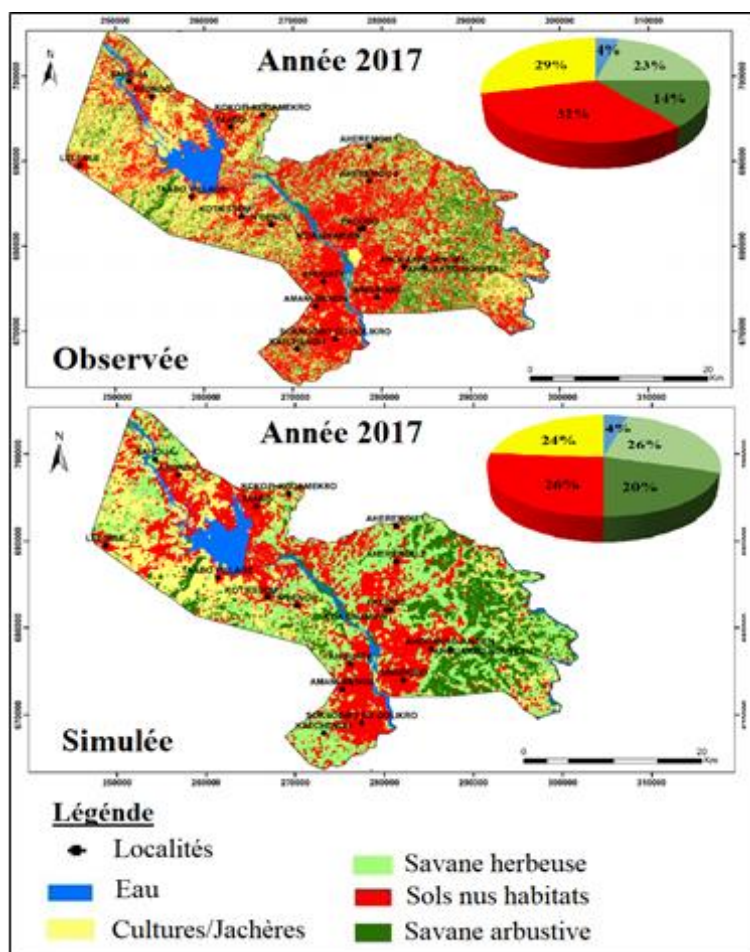


Fig. 3. Carte d'occupation du sol observée et simulée en 2017

La valeur de CROSTAB obtenue en croisant les deux images (observée et simulée) est de 0,51. Cette valeur est « bonne » car elle est comprise dans l'intervalle $[0,40; 0,75]$. Quant au module VALIDATE, il nous présente plusieurs indices parmi lesquels Klocation, Kstandard et Kno. Les valeurs obtenues sont respectivement 0,59; 0,51; 0,54. Ces valeurs étant comprises entre l'intervalle 0,40 et 0,75 sont considérées comme « bonne ». L'indice Klocation mettant en évidence la proportion de pixels bien classés par le modèle, peut être appréciée de manière visuelle en comparant l'image de référence et celle qui est issue de la simulation. Ensuite nous avons fait usage de la fonction CROSTAB du logiciel Idrisi pour valider la carte simulée. Ainsi, nous avons obtenu le coefficient de Cramer's V. avec une valeur de 0,67 et une valeur de 0,51 pour le kappa.

SIMULATION DE L'OCCUPATION DU SOLE EN 2050

La superficie de l'eau passera de 3% à 5% par rapport à l'année 2017. Les sols nus constitueront la classe qui occupera la plus grande superficie avec 36% de la superficie totale du département. Les cultures et jachères passeront de 26% à 29% en 2050, une légère hausse de 3%. La savane herbeuse et la savane arbustive connaîtront des augmentations de superficie respectivement de 23% et 11% (figure 4).

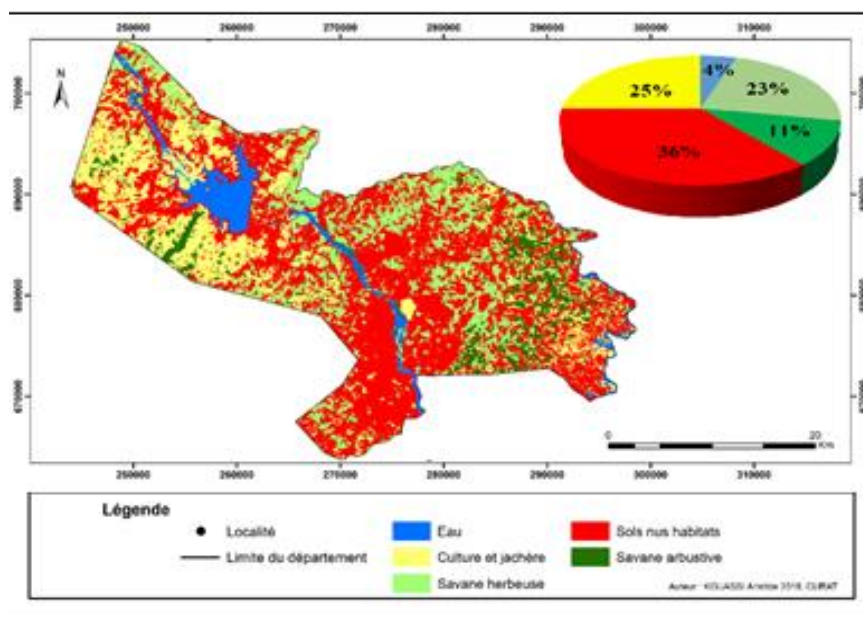


Fig. 4. Cartes d'occupations du sol de 2050

4.3 ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS AUTOUR DU BARRAGE DE TAABO

CHANGEMENTS AU NIVEAU DES INTERVALLES DE TEMPS

La figure 5 indique les changements au niveau de l'intervalle de temps autour du barrage de Taabo. Le seuil de l'intensité uniforme de 2,08% et la période de 1988 à 2017 a été l'intervalle de temps avec la plus faible intensité. Ensuite, l'intensité augmentera atteindre 2,18% pendant la période de 2017 à 2050. Le changement global a été lent dans le premier intervalle de temps, mais sera plus rapide dans deuxième intervalle de temps.

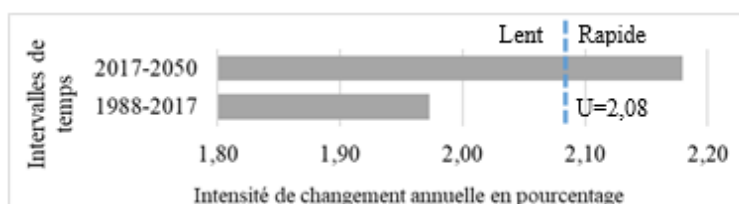


Fig. 5. Analyse d'intensité de niveau d'intervalle de temps

CHANGEMENTS AU NIVEAU DES CLASSES D'OCCUPATION DU SOL

Les changements au niveau des classes d'occupations des sols montrent que les gains et les pertes de superficies varient d'une classe à une autre (figure 6). Les seuils de l'intensité uniforme sont respectivement 1,97% et 2,18% pour le premier et deuxième intervalle de temps. La savane herbeuse et les cultures et jachères ont connu des gains et pertes plus importants. Les intensités de gains et de pertes de l'eau et les sols nus et habitats sont dormantes, tandis que celles de la culture et jachère, savane herbeuse et savane arbustive sont actives au cours de la période de 1988 à 2017. Pendant le deuxième intervalle de temps, la savane herbeuse et la savane arbustive gagneront et perdront activement contrairement à l'intensité de gain et de perte de l'eau qui sera dormante. Les intensités de gains de la culture et jachère et sols nus et habitat seront actives mais leurs intensités de pertes seront dormantes.

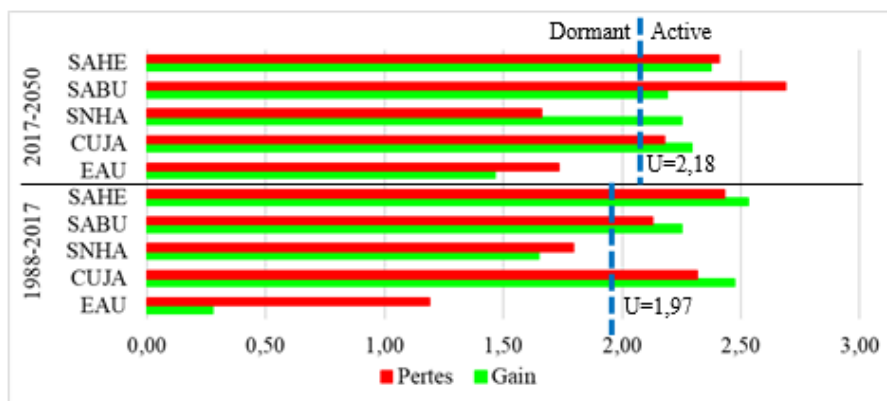


Fig. 6. Analyse d'intensité de niveau des classes d'occupation du sol

CHANGEMENTS RELATIFS AUX TRANSITIONS

Au niveau des transitions (figure 7-10), les transitions vers les cultures et jachères et les sols nus et habitats ont été analysées dans cette étude car ce sont ces classes qui ont varié le plus dans le temps et que les activités anthropiques ont tendances à les étendre autant que possible.

- **Transition des autres classes vers les cultures et jachères**

Les intensités seuils uniformes au cours du premier et deuxième intervalle du temps sont respectivement 0,72% et 0,65% (figure 7). La transition des savanes (arbustive et herbeuse) vers les cultures et jachères a été plus important. Pendant le premier intervalle de temps, le gain des cultures et jachères cible les sols nus et habitats, la savane arbustive et herbeuse mais évite l'eau. Ces mêmes changements seront aussi observés durant le deuxième intervalle de temps.

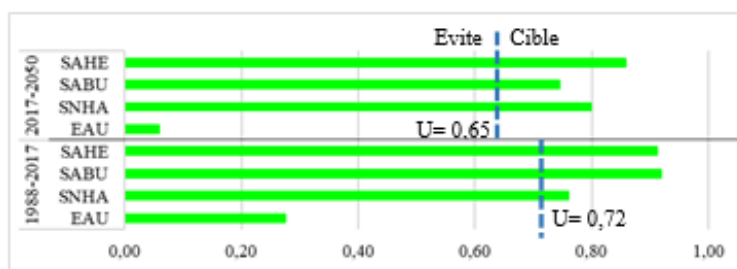


Fig. 7. Analyse d'intensité de transition des autres classes vers les cultures et jachères

- **Transition des autres classes vers les sols nus et habitats**

La figure 8 présente l'intensité de transition des autres classes vers la classe sols nus et habitats avec 0,38% d'intensité seuil uniforme pour le premier intervalle de temps et 0,99% pour le deuxième intervalle de temps. Le gain des sols nus et habitats a ciblé les cultures et jachères et la savane herbeuse, mais a évité l'eau et la savane arbustive au cours des deux intervalles de temps avec une augmentation d'intensité de transition.

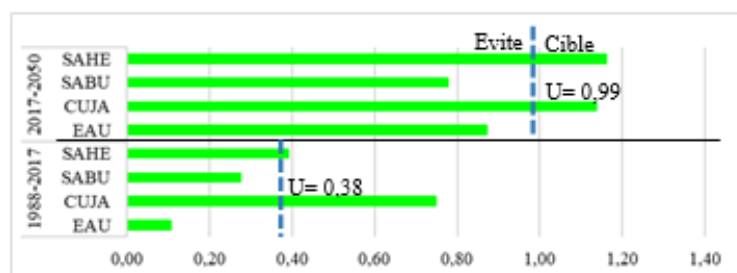


Fig. 8. Analyse d'intensité de transition des autres classes vers les sols nus et habitats

• Transition des cultures et jachères vers les autres classes

Le premier intervalle de temps a une intensité seuil uniforme de 0,55% et le deuxième intervalle de temps 0,60% (figure 9). La perte des cultures et jachères a ciblé sols nus et habitats et savane herbeuse et évite l'eau et savane arbustive dans le premier intervalle de temps. Par contre, dans le deuxième intervalle de temps elle ciblera la savane herbeuse, la savane arbustive et sols nus et habitats et continuera à éviter l'eau.

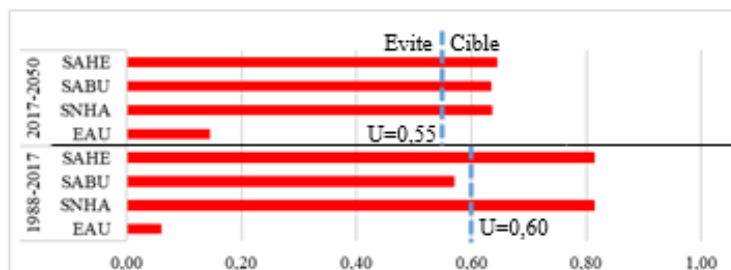


Fig. 9. Analyse d'intensité de transition des cultures et jachères vers les autres classes

• Transition des sols nus et habitats vers les autres classes

L'intensité de transition des sols nus et habitats vers les autres classes est illustrée par la figure 10. Elle montre que la perte des sols nus et habitats a ciblé les cultures et jachères et la savane herbeuse mais évite savane arbustive et l'eau pendant le premier intervalle de temps. Ces variations seront similaires dans le deuxième intervalle de temps.

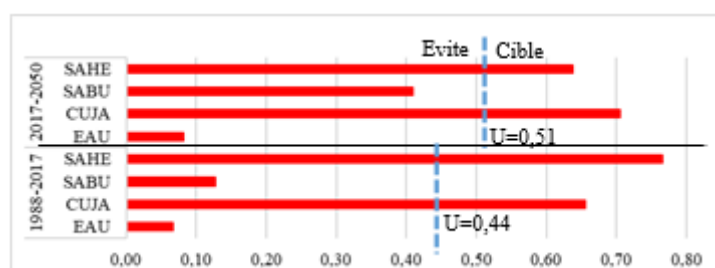


Fig. 10. Analyse d'intensité de transition des sols nus et habitats vers les autres classes

5 DISCUSSION

La dynamique spatio-temporelle et prévision de l'occupation du sol autour du barrage de Taabo (Côte d'Ivoire) a été étudiée à partir des données satellitaires Landsat TM 1988; ETM+, 2002; OLI, 2017). La classification supervisée par maximum de vraisemblance a mis en évidence cinq classes d'occupation du sol (sols nus habitats, savane herbeuse, savane arbustive, cultures et jachères et eau). Cette méthode a été utilisée par plusieurs auteurs dans différentes régions et a donné des résultats satisfaisants ([16]; [17]; [18]; [19]; [20]. Les précisions globales (91,78% pour 1988; 89,14% pour 2002 et 98,42% pour 2017) et les coefficients de Kappa (0,96; 0,92 et 0,97). Selon [21], la classification adoptée est valable et les cartes générées peuvent être exploitables si les indices de Kappa et les taux de classification global sont supérieurs à 50 %. Les classifications effectuées dans ce travail ont des précisions globales très proches de 100% et coefficients de Kappa supérieur à 0,5 (50%), témoignant ainsi une satisfaction des résultats obtenus. Ces classifications permettent donc de faire un état des lieux de l'occupation du sol des différentes années et ainsi de percevoir l'évolution des différentes unités d'occupations du sol. Ces résultats corroborent avec les travaux de [22] dans la forêt classée d'Agbo (Côte d'Ivoire) qui ont indiqué les précisions globales et coefficients Kappa respectivement de 90,70 % (0,89); 91,78 % (0,90) et de 92,19 % (0,91) pour 1987, 2002 et 2017 qui sont supérieur à 50%. L'analyse des cartes d'occupation du sol obtenues montrent un important changement des classes d'occupation du sol autour du barrage de Taabo. Les formations végétales (savanes arbustives et herbeuses) et la culture et jachère ont connu des pertes des surfaces au fil du temps au profit des sols nus habitats et eau qui ont augmenté de surfaces. Cela pourrait s'expliquer par la forte croissance démographique entraînant une densité élevée de population dans la région. En effet, selon [7], le nombre d'habitants de Taabo est passé de 20606 habitants en 1988 à 56422 habitants en 2014. De même, la densité de la population a augmenté de 216 hts/km² à 591 hts/km² sur la même superficie. En 26 années, l'augmentation de cette population a presque triplé entraînant ainsi l'extension des zones d'habitation. Ces résultats sont confirmés par les travaux de [23] dans le Moungo au Cameroun qui ont indiqué que la forte densité de la population de cette zone constituait également l'une des causes de dégradation de ces formations végétales naturelles. En outre, la

baisse de superficie des cultures et jachères sur toute la période d'étude serait probablement due à l'urbanisation en progression dans la région. Vu la croissance démographique galopante (2,6%), les espaces étant forcément limités, ce sont les espaces naturels qui vont être utilisés pour l'expansion des villes, les réseaux de transport et les logements. Ces conclusions ne sont pas en accord avec les travaux d'autres auteurs à savoir [24], [25], [26], [27]. Ils ont montré plutôt une augmentation progressive des cultures et jachères au détriment des formations végétales. En outre, la simulation de la carte d'occupation du sol à l'horizon 2050 a été effectuée par les chaînes de Markov et les cellules automatiques stochastiques. La chaîne CA-Markov est un modèle de procédures stochastiques qui permet de passer d'une classe d'utilisation ou de couverture des terres à une autre classe d'utilisation ou de couverture des sols à l'aide d'une matrice de probabilité de transition [28]. Selon [29], c'est le modèle le plus approprié pour prédire le changement d'occupation du sol. Cette méthode a été utilisée par plusieurs auteurs [30] en Chine; [31] au Bénin; [32] à Addis Abeba et [33] à Gambella. Les résultats de la prédiction de 2017 à 2050 ont montré une augmentation de surface de l'eau, des sols nus, habitats et une régression de la savane arbustive et cultures et jachères. Ce qui est cohérent avec les résultats [32]. La régression de la formation naturelle (savane arbustive) dans les années à venir pourrait être due aux activités anthropogéniques futures (expansion des terres agricoles et des établissements) couplées à l'augmentation de la population dans la zone. La méthode d'intensité a montré que le changement global au niveau du premier intervalle de temps (1988 à 2017) a été lent par rapport au deuxième intervalle de temps (2017 à 2050) qui a été rapide. Cette accélération est cohérente avec la volonté du gouvernement de favoriser la croissance économique. [34] ont abouti à la même conclusion. Les intensités de gains et de pertes de l'eau et les sols nus et habitats sont moins intenses, tandis que celles de la culture et jachère, savane herbeuse et savane arbustive sont plus intenses au cours de la période de 1988 à 2017. Pendant le deuxième intervalle de temps, la savane herbeuse et la savane arbustive gagneront et perdront intensément contrairement à l'intensité de gain et de perte de l'eau qui sera moins intense. Les intensités de gains de la culture et jachère et sols nus et habitat seront plus intenses mais leurs intensités de pertes seront moins intenses. La transition des autres classes vers les cultures et jachères a été moins intense à l'exception de celle de l'eau vers les cultures et jachères qui s'est faite plus intensément au cours des deux intervalles de temps. Par contre, la transition de l'eau et la savane arbustive vers sols nus et habitats s'est faite de manière moins intense et celle de culture et jachère et savane herbeuse a été plus intense. Ces résultats de prédiction pourraient être utilisés comme guide pour aider les décideurs et les autorités en charge de la gestion de l'ouvrage hydroélectrique.

6 CONCLUSION

La méthode d'analyse d'intensité utilisée pour analyser la dynamique de l'occupation du sol autour du barrage de Taabo a montré les changements importants au niveau des intervalles de temps, au niveau des classes et des transitions. Le changement global sera plus rapide pendant le deuxième intervalle de temps (2017-2050) par rapport au premier intervalle de temps (1988-2017). Les sols nus, habitats et l'eau ont connu des pertes et gains de façon moins intense contrairement aux autres classes qui ont connu des pertes et gains de façon plus intense au cours du premier intervalle de temps. Durant le deuxième intervalle de temps, les gains et pertes de l'eau se feront moins intensément par contre les savanes arbustives et herbeuses gagneront et perdront intensément de surfaces. Quant aux sols nus et habitats et cultures et jachères, ils gagneront et perdront respectivement de manière plus intense et moins intense. La transition des autres classes vers les cultures et jachères s'est faite moins intensément à l'exception de celle de l'eau vers les cultures et jachères qui s'est faite plus intensément au cours des deux intervalles de temps. Par contre, la transition de l'eau et la savane arbustive vers sols nus et habitats s'est faite de manière moins intense et celle de culture et jachère et savane herbeuse s'est faite plus intensément.

REFERENCES

- [1] Masson D. V. et Noblet D. N. (2009). Le changement climatique et les terres, rapport scientifique, 25p.
- [2] N'guessan Bi V. H., et al, 2016, Apport des chaînes de Markov à la classification des images multispectrales Landsat TM, ETM+ et OLI du département de Sinfa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), article, International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 17 No. 2 Jul. 2016, pp. 407-423.
- [3] FAO (2016). Forêts et agriculture: défis et possibilités concernant l'utilisation des terres. Rome, Italie, FAO, 137 p.
- [4] NEPAD-PDDAA, 2005, profil de projet d'investissement bancaire, Appui à la pêche continentale et lagunaire, rapport, 38p.
- [5] RGPH (2014). Rapport d'exécution et présentation des principaux résultats, Institut national de la statistique, 49p.
- [6] Guillaumet J.-L. Et Adjahohoun E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. Dans Milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, N° 50, pp 161-262.
- [7] Quesan S. And Ahmad A. (2012). Cloud masking for remotely sensed data using spectral and principal components analysis, Engineering, Technology and Applied Science Research (ETASR), 2, pp 221- 225.
- [8] Bergeri, Michel R., Boutin J.P. (2002). Pour tout savoir ou presque sur le coefficient kappa. Med Trop 2002; 62: 634-636, 4p.
- [9] Eastman J. R., (2012). IDRISI Selva Tutorial, Manual Version 17, Clark University 354p.
- [10] Edea O., Orekan V. O. A., Boko M., (2018). Validation spatiale du modèle land change modeler (LCM) à partir des changements d'occupation des terres dans l'hydroécocorégion de la Donga. p24.
- [11] Aldwaik S. Z. And Pontius Jr R. G. (2012). Intensity Analysis to Unify Measurements of Size and Stationarity of Land Changes by Interval, Category, and Transition. Landscape Urban Plan., volume 106, pp 103-114.

- [12] Aldwaik, S. Z. and Pontius Jr R. G. (2013). Map errors that could account for deviations from a uniform intensity of land change. *International Journal of Geographical Information Science*, volume 27, pp 1717-1739.
- [13] Sylla d. Et hauhouot c. (2016). Dynamique de l'occupation du sol dans la zone dense de Korhogo à partir d'une approche « pixel par pixel » appliquée à des images Landsat TM/ETM+. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, n°2, pp. 31-39.
- [14] Tadesse L., Suryabagavan K.V., Sridhar G., Legesse G. (2017). Land use and land cover changes and Soil erosion in Yezat Watershed, North Western Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*. Volume 5, Issue 2, pp. 85-94.
- [15] Phiri D., Morgenroth J. (2017). Developments in Landsat Land Cover Classification Methods: A Review. *Remote Sensor*, 9, 967. 25p.
- [16] Kouamé Y. M., Obahoundje S., Diedhiou A., François B., Amoussou E., Anquetin S., Didi R. S., Kouassi L. K., N'guessan Bi V. H., Soro E. G., Yao E. K. (2019). Climate, Land Use and Land Cover Changes in the Bandama Basin (Côte D'Ivoire, West Africa) and Incidences on Hydropower Production of the Kossou Dam. *Land*, 8 (7), 103. 21p.
- [17] Biga I., Amani A., Soumana I., Bachir M. Et Mahamane A. (2020). Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols des communes de Torodi, Gothèye et Tagazar de la région de Tillabéry au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Science*. 14 (3): pp 949-965.
- [18] Kabba, V. T. S., and Li, J. (2011). Analysis of Land Use and Land Cover Changes, and Their Ecological Implications in Wuhan, China. *Journal of Geography and Geology*, 3, 104.
- [19] N'GUESSAN A. E., AKPA Y. L., YAO N., KASSI J. N'D (2019). Cartographie de la dynamique du couvert végétal de la forêt classée d'Agbo 1 Cote d'Ivoire. *gronomie Africaine* 31 (1): pp 1 - 14.
- [20] Tsewoue M. S., Tchamba M., Avana M. L. Et Tanougong A.D. (2020). Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le Mounjo, Région du Littoral, Cameroun: influence sur l'expansion des systèmes agroforestiers à base de bananiers. *International journal of biological and chemical sciences*. 14 (2): pp 486-500.
- [21] Mamane B, Amadou G, Barrage M, Comby J, Ambouta JMK. 2018. Dynamique spatiotemporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Ouest du Niger). *International journal of biological and chemical sciences*, 12 (4): 1667-1687.
- [22] Solefack MC, Njouonkou AL, Temgoua LF, Djouda R, Zangmene JB, Ntoupka M. (2018). Land-Use/ Land-Cover change and Anthropogenic Causes Around Koup Matapit Gallery Forest, West-Cameroun. *Journal of Geography and Geology*, 10 (2): 201-219. DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/jgg.v10n2p56>.
- [23] Tanougong NA. (2019). Modélisations prédictives des changements d'occupation des sols à l'horizon 2035: cas du massif forestier intercommunal de Bélabo-Doumé-Diang, dans la Région de l'Est-Cameroun. *Mémoire de Master of Science en foresterie*, Université de Dschang, P. 137.
- [24] Ouattara T. A., Kouamé K. F., Zo-Bi I. C., Vaudry R., Grinand C., (2021). Changements d'occupation et d'usage des terres entre 2016 et 2019 dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire: impact des cultures de rente sur la forêt. *Bois et Forêts des Tropiques*, 347: pp 89-104.
- [25] G. Vazquez-Quintero, R. Solis-Moreno, M. Pompa-Garcia, F. Villarreal-Guerrero, C. Pinedo-Alvarez, and A. PinedoAlvarez (2016). "Detection and projection of forest changes by using the Markov chain Model and cellular automata," *Sustainability*, vol. 8, no. 3, p. 236.
- [26] Kumar S., Radhakrishnan N., And Mathew S. (2014). Land use change modelling using a Markov model and remote sensing," *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 5, no. 2, pp. 145-156.
- [27] E. Yirsaw, W. Wu, X. Shi, H. Temesgen, and B. Bekele (2017). Land use/land cover change modeling and the prediction of subsequent changes in ecosystem service values in a coastal area of China, the Su-Xi-Chang Region," *Sustainability*, vol. 9, no. 7, p. 1204, 2017.
- [28] Agbanou T., Paegelow M., Toko Imorou I.,Tente B.,2018, modélisation des changements d'occupation des terres en région soudanienne au nord-ouest du Bénin, *Article*, vol 2, n°1, *European Scientific Journal*, 19p.
- [29] Mohamed and H. Worku, (2020). Simulating urban land use and cover dynamics using cellular automata and Markov chain approach in Addis Ababa and the surrounding," *Urban Climate*, vol. 31, Article ID 100545. 16p.
- [30] Tadese S., Soromessa T., Bakele T. (2021). Anlysis of the current and future prediction of Land Use/Land Cover Change using remonte sensing and the CA-Markov Model in Majang forest biosphere reserves of Gambell, southwestern Ethiopia. *The scientific world journal*, volume 2021, Article ID 6685045, 18p.
- [31] Akinyemi, F. O., Pontius Jr R. G. And Braimoh A. K. (2017). Land Change Dynamics: Insights from Intensity Analysis Applied to an African Emerging City. *Journal of Spatial Science* 62 (1): pp 69-83.

Caractéristiques des hauteurs significatives et des périodes de retour des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée

[Significant storm swells heights and recurrence periods characteristics in the Gulf of Guinea]

Kouadio Salomon Yao¹, Anoumou René Tano², Malé Gbegbe³, Sylvain Monde³, and Jacques Abe¹

¹Laboratoire de Physique et de Géologie Marine, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Physique Fondamentale et appliquée, UFR Sciences Fondamentales et Appliquées (UFR-SFA) Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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 statistical analysis of 58 years of observation of waves data from the ERA-40 and ERA-Interim programs, covering the period 1958-2015, were used to understand significant storm swells heights and recurrence periods characteristics in the Gulf of Guinea. Results show that the storm swells recorded in the Gulf of Guinea have significant heights between 2.10 and 3.10 m, while their periods are between 7 and 16 s. As for the main directions of origin, they are South and South-South-West on the West African coasts; South-South-West and South-West on the Cameroon coast in Central Africa. the application of Gumbel's theory reveals that the recurrence periods of storm swells are between 2 and 5 years, 5 and 10 years, 10 and 20 years, 20 and 40 years then between 40 and 60 years. These recurrence periods change from coast to coast. as do the estimated significant heights for different recurrence periods. in the last case, these heights also vary over time. the estimated significant storm swells heights of 100 years are of the order of 2.78 m in Côte d'Ivoire, 3.13 m in Ghana, 3.25 m in Togo, 3.22 m in Benin, 3.08 m in Nigeria and 2.91m in Cameroon.

KEYWORDS: Analysis, statistics, swell, storm, Gulf, Guinea.

RESUME: L'analyse statistique de 58 années d'observation des données de houles des programmes ERA-40 et ERA-Intérim, couvrant la période 1958-2015, a permis d'appréhender les caractéristiques des hauteurs significatives et des périodes de retour des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée. Elle révèle que les houles de tempêtes enregistrées dans le Golfe de Guinée ont des hauteurs significatives comprises entre 2,10 et 3,10 m, alors que leurs périodes de pic se situent entre 7 et 16 s. Quant aux directions de provenance principale, elles sont Sud et Sud-sud-ouest sur les côtes ouest africaines; Sud-sud-ouest et Sud-ouest sur la côte Camerounaise en Afrique centrale. Il ressort de l'application de la loi de Gumbel que les périodes de retour des houles de tempêtes sont comprises entre 2 et 5 ans, 5 et 10 ans, 10 et 20 ans, 20 et 40 ans puis entre 40 et 60 ans. Ces périodes de retour varient d'une côte à l'autre, tout comme les hauteurs significatives estimées pour différentes périodes de retour. Dans ce dernier cas, ces hauteurs varient également dans le temps. Les valeurs centennales sont de l'ordre de 2,78 m en Côte d'Ivoire, 3,13 m au Ghana, 3,25 m au Togo, 3,22 m au Bénin, 3,08 m au Nigéria et 2,91m au Cameroun.

MOTS-CLEFS: Analyse, statistique, houle, tempête, Golfe, Guinée.

1 INTRODUCTION

La détermination des caractéristiques des fortes houles et de leurs périodes de retour, est un enjeu majeur pour les études des risques de submersions marines et d'érosion du rivage. Dans le Golfe de Guinée, l'occurrence répétée des fortes houles constitue l'une des principales causes du fort taux de recul du trait de côte. Ces fortes houles sont donc généralement sources de dégâts importants dans la zone côtière (érosion et submersions catastrophiques) [1], [2], [3], [4], [5]. La mise en évidence des périodes de retour de ces événements apparaît primordiale pour les travaux d'ingénierie côtière, le dimensionnement et la sécurisation des ouvrages côtiers ainsi que la prévention des risques littoraux.

Cet article vise à définir les caractéristiques des houles de tempête sur le littoral du Golfe de Guinée et à déterminer leur période de retour, afin de mettre à la disposition des utilisateurs de cette frange littorale des éléments de prise de décision.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le Golfe de Guinée est l'espace maritime et continental contiguë aux littoraux ouest-africains et centre-africains. Il s'étend sur la côte occidentale d'Afrique depuis le cap des Palmes (frontière du Libéria et de la Côte d'Ivoire), jusqu'au cap Lopez au Gabon (Afrique centrale).

Les pays du Golfe de Guinée choisis pour la présente étude sont: la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo, le Bénin, le Nigéria et le Cameroun (figure 1). Cette zone est située entre les longitudes 8°W et 10°E. Elle part du Cap des Palmes à la frontière ivoiro-libérienne et s'étend jusqu'à l'embouchure du fleuve Ntém à la frontière du Cameroun et de la Guinée Équatoriale. Les pays concernés par l'étude s'ouvrent tous vers le Sud sur l'océan Atlantique avec une longueur totale de côte estimée à près de 2 486 km. Cette aire dispose, par ailleurs, de 14 villes portuaires qui sont San-Pedro et Abidjan (Côte d'Ivoire), Accra, Sekondi-Takoradi et Téma (Ghana), Lomé (Togo), Cotonou (Bénin), Lagos, Warri, Calabar et Port Harcourt (Nigeria), Douala, Kribi et Limbé (Cameroun). Ces villes portuaires concentrent la majeure partie des infrastructures et des activités économiques des pays concernés par l'actuelle étude.

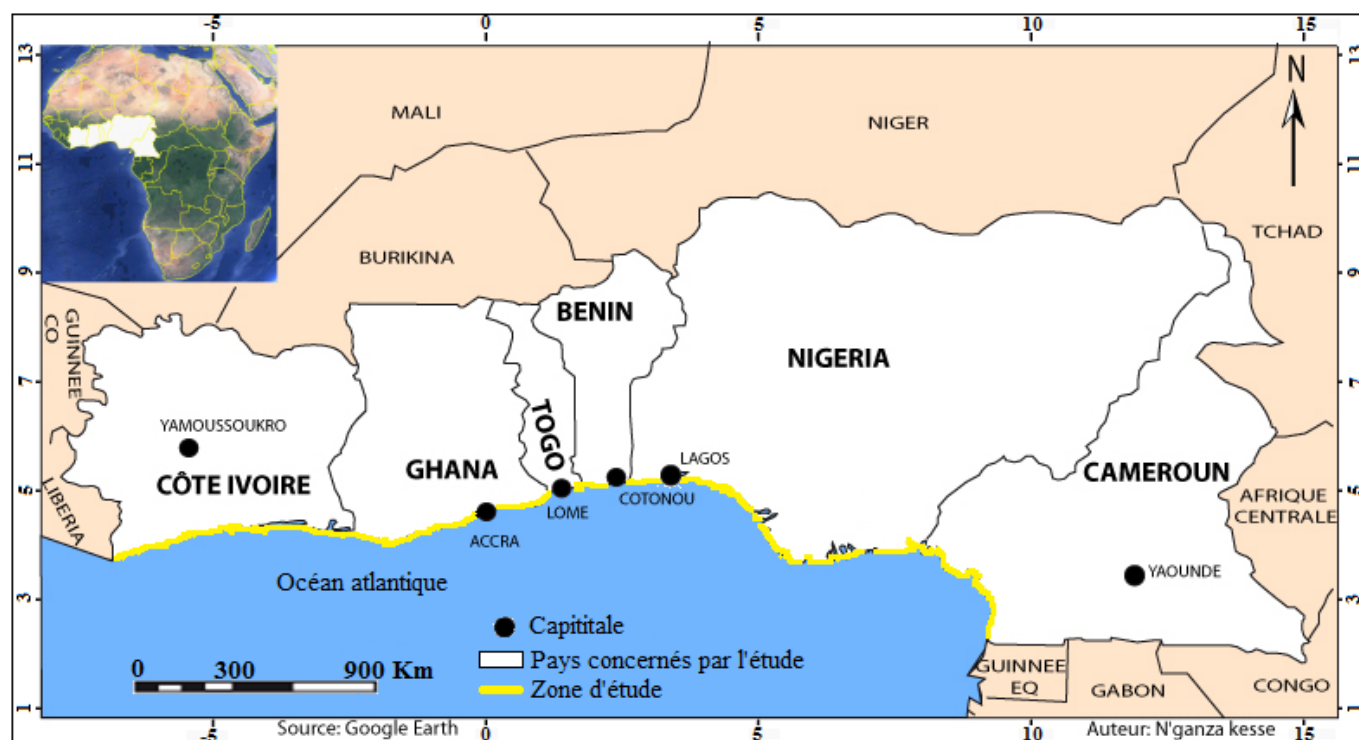


Fig. 1. Zone d'étude dans le Golfe de Guinée

2.2 DONNÉES DE HOULE

Les données de re-analyses ERA-40 et ERA-Intérim ont été utilisées pour le calcul des extrêmes et des périodes de retour des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée. Ces données proviennent du Centre Européen pour la Prévision Météorologique à Moyen Terme

(CEPMMT) et sont disponible sur le site, <http://www.ecmwf.int>. Elles sont utilisées pour l'étude temporelle des caractéristiques (hauteurs significatives (Hs), périodes de pic (Tp) et directions de provenance (Dp) des houles qui déferlent sur les côtes de la zone d'étude. Les pas de grille d'échantillonnage (longitude/latitude) sont respectivement de 1°x1° pour ERA-40 et de 1,5°x1,5° pour ERA-Intérim, avec des points de prélèvement situés suffisamment au large des côtes (sur fonds de 20 m). Les valeurs de Hs, Tp et Dp sont spatialement moyennées dans les boîtes 7°30'-2°25'W x 4°-5°30'N en Côte d'Ivoire; 2°25'-1°W x 4°-6° N au Ghana; 1°-1°5' W x 4°-6° N au Togo; 1°5'-3°5' W x 4°-6°N au Bénin, 9°30'-2°45'E x 1°37'-6°21'N au Nigéria et 8°29'-9°51'E x 4°07'-1°10'N au Cameroun, à l'aide du logiciel MATLAB, afin d'obtenir une série chronologique quadri journalière avec un pas de temps de 6 heures qui s'étend de janvier 1958 à décembre 2015. La validité des données ERA-40 et ERA-Intérim réside dans le fait qu'elles se superposent aux données altimétriques AVISO extraites sur le site <http://www.Aviso.oceanobs.com> le long du littoral ivoirien [6]. Aussi; les mesures de Hs de AVISO ont-elles été validées par des comparaisons avec des données *in situ*, la plupart du temps dans l'hémisphère Nord autour des côtes de l'Amérique du Nord et en Europe [7], [8].

2.3 MÉTHODE DE CALCUL DES PÉRIODES DE RETOUR ET D'ESTIMATION DES HAUTEURS SIGNIFICATIVES

L'analyse fréquentielle d'une longue série des valeurs maximales permet d'estimer le temps de retour d'une valeur particulière. Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui est une équation décrivant (modélisant) le comportement statistique d'un processus stochastique [9], [10], [11]. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée.

Il existe plusieurs modèles d'analyse des valeurs extrêmes ainsi que leurs périodes de retour; notamment POT-Weibull, rmax-Weibull, rmax-Gumbel et la distribution log-normale qui peut être représentée par une distribution de rmax-Weibull avec un paramètre réglé à une valeur fixe [12].

Le modèle fréquentiel utilisé dans ce travail pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes est la distribution statistique rmax-Gumbel (loi double exponentielle ou loi de Gumbel). Nous optons pour cette loi car, la qualité du résultat issu de la méthode POT-Weibull/rmax-Weibull repose sur la définition du seuil de sélection de tempête. Or, bien qu'il existe un certain nombre de tests statistiques afin de guider le choix du seuil, cela reste souvent une décision subjective. Ainsi, l'ajustement d'une loi par la méthode rmax-Gumbel présente l'avantage d'être automatique et ne fait pas de place à la subjectivité. En plus, la méthode rmax-Gumbel permet un bon calage d'une loi paramétrique pour une durée de mesure supérieure à 20 ans [13]. Elle permet aussi, de faire des prévisions de qualité, de plus de 100 ans, pour une période d'observations de 25 ans [14]. Cette méthode choisit seulement les plus hautes vagues de l'ensemble de données (valeurs maximales pour chaque année) permettant ainsi de fournir des valeurs de retour des extrêmes plus réalistes [12].

La fonction de répartition $F(x)$ de la loi rmax-Gumbel est définie par l'expression:

$$F(x) = \exp[-\exp(-(x-a)/b)] \quad (1)$$

où a et b sont les paramètres du modèle de Gumbel; x la valeur du rang r dans la série des valeurs maximales des Hs classées par ordre croissant, avec u la variable réduite suivante:

$$u = \frac{x-a}{b} \quad (2)$$

La distribution s'écrit alors de la manière suivante:

$$F_x = \exp[-\exp(-u)] \quad (3)$$

$$\text{Et : } u = -\ln[-\ln(F(x))] \quad (4)$$

Il existe de nombreuses formules d'estimation de la fonction de répartition $F(x)$ à l'aide de la fréquence empirique. Elles reposent toutes sur un tri de la série par valeurs croissantes permettant d'associer à chaque valeur son rang r . Des simulations ont montré que pour la loi de Gumbel, il faut utiliser la fréquence empirique de Hazen:

$$F(x)_r = \frac{r-0,5}{n} \quad (5)$$

Où r est le rang dans la série de données classées par ordre croissant, n la taille de l'échantillon et 0,5 la constante d'Euler.

Le temps de retour ou la période de retour (T_r) d'un événement est défini comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement. Il a pour expression:

$$T_r = \frac{1}{1-F_H(x_H)} \quad (6)$$

Les hauteurs significatives de la houle sont calculées à partir de la formule suivante:

$$H = a + b.u \quad (7)$$

a et b sont les paramètres de la loi de Gumbel

u: variable réduite de Gumbel

2.4 TESTS STATISTIQUES JUSTIFIANT LE CHOIX DE LA LOI DE GUMBEL

Le choix de la loi de Gumbel repose sur la détermination d'un intervalle de confiance. Par définition, l'intervalle de confiance est l'intervalle de valeurs qui contient toutes les valeurs qui sont des valeurs acceptables de la vraie valeur de la moyenne ou de la proportion pour un degré de confiance donné.

Dans cette étude, l'analyse statistique portera sur un niveau ou degré de confiance de 95 %. L'intervalle de confiance (IC) à 95% est un intervalle de valeurs qui a 95% de chance de contenir la vraie valeur du paramètre estimé. La loi de Gumbel est donc retenue si, 95% des valeurs maximales des houles observées sont incluses dans les intervalles de confiances déterminés. L'intervalle de confiance est calculé par la méthode delta. La formule qui permet de l'estimer, s'écrit:

$$IC = [\mu \pm 1,96 \sqrt{Var(X)}] \quad (8)$$

Avec : μ : la moyenne; $Var(X)$: la variance; 1,96 est la constance qui permet d'obtenir probablement 95 % des valeurs estimées.

Par ailleurs, la loi de Gumbel peut être retenue pour le calcul des périodes de retour des houles lorsque, la droite d'ajustement graphique de loi de Gumbel (de représentation graphique des valeurs maximales observées), ne présente pas de queues de distribution. En d'autres termes, lorsque la droite d'ajustement graphique passe par au moins un des quatre derniers points de la représentation graphique des maxima annuels observés [13], [14].

Du fait de la complexité des mesures de hauteurs des vagues, une incertitude doit être considérée pour les différents calculs.

La marge d'erreur dans l'intervalle de confiance est définie par l'expression:

$$Mae = 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

avec: σ l'écart type et n la taille de l'échantillon.

3 RÉSULTATS

3.1 FIABILITÉ DE LA MÉTHODE UTILISÉE

Les bornes des intervalles de confiances et les marges d'erreur calculées sont consignées dans le tableau 1 ci-dessous. Les intervalles à l'intérieur desquels, on est certain de trouver à 95 % les valeurs exactes des hauteurs significatives maximales observées pendant les événements de houles de tempêtes sont [1,76; 2,54] en Côte d'Ivoire, [1,65; 2,78] au Ghana, [1,72; 2,90] au Togo, [1,72; 2,90] au Bénin, [1,61; 2,72] au Nigéria et [1,72; 2,60] au Cameroun.

Dans chacune des zones, 95% des valeurs maximales des hauteurs significatives enregistrées pendant les événements de houles de tempêtes sont à l'intérieur des différents intervalles de confiance déterminés. Ceci nous permet d'opter pour le choix de la loi de Gumbel.

En outre, l'ajustement graphique de la loi de Gumbel corrobore l'intervalle de confiance mentionné ci-dessus (figure 2). Il montre un nombre plus important d'observations à l'intérieur de l'IC à 95%. L'ajustement graphique du modèle ne présente pas de queue de distribution empirique. Trois des quatre derniers points appartiennent à la droite d'ajustement de la loi de Gumbel. Par conséquent, le modèle statistique de Gumbel est donc approprié pour estimer les périodes de retour des hauteurs significatives maximales observées au cours des événements de houles de tempêtes.

Tableau 1. Bornes des intervalles de confiances déterminées par la méthode delta

Zone	Moyenne (μ)	Variance (σ^2)	Borne inférieure IC à 95% (m)	Borne supérieure IC à 95% (m)	Marge d'erreur (Mae)
Côte d'Ivoire	2,15	0,04	1,76	2,54	$\pm 0,05$
Ghana	2,22	0,08	1,65	2,78	$\pm 0,07$
Togo & Benin	2,31	0,09	1,72	2,90	$\pm 0,07$
Nigéria	2,17	0,08	1,61	2,72	$\pm 0,07$
Cameroun	2,16	0,05	1,72	2,60	$\pm 0,05$

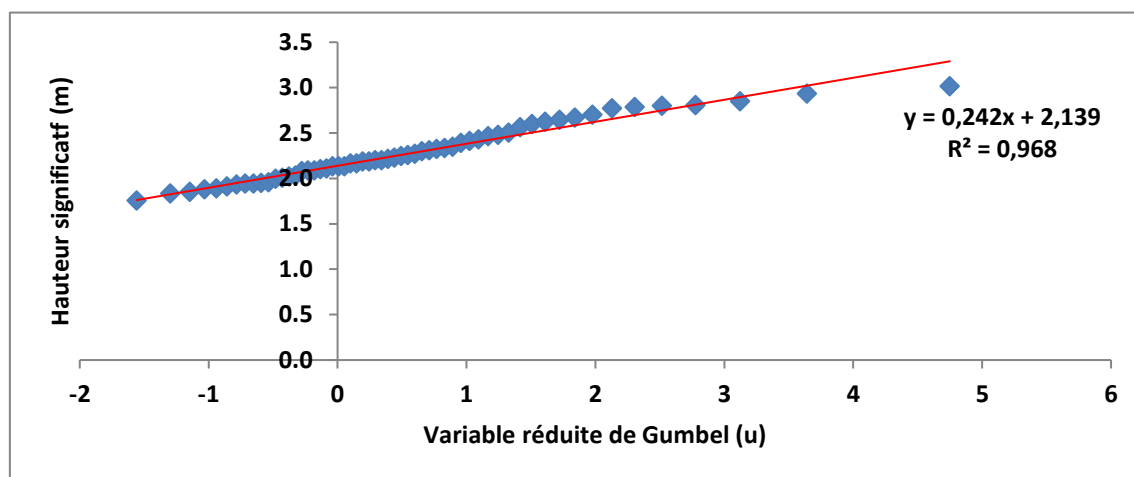


Fig. 2. Ajustement graphique du modèle de Gumbel

3.2 CARACTÉRISTIQUES DES HOULES DE TEMPÊTES

Les houles de tempêtes observées au large des côtes du Golfe de Guinée ont des hauteurs significatives comprises entre 2,10 et 3,10 m. Les périodes de pic moyennes de ces houles se situent entre 7 et 16 s. Elles proviennent généralement des directions Sud (S) et Sud-sud-ouest (SSW) sur les côtes ouest africaines et des directions Sud-sud-ouest (SSW) et Sud-ouest (SW) au Cameroun en Afrique centrale. La durée des événements de houles de tempêtes enregistrée dans le Golfe de Guinée varie entre 18 heures et 3 jours. La saison privilégiée des occurrences des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée s'étend de mai à septembre. Cette période coïncide avec celle de l'intensification de la mousson ouest africaine favorable à la saison pluvieuse dans le Golfe de Guinée.

En Côte d'Ivoire, les valeurs maximales des Hs des événements de houles de tempêtes observés au large de la côte se situent entre 2,1 et 2,27m; 2,28et 2,41 m; 2,42et 2,50 m; 2,51 et 2,70 m. Les périodes de retour de ces événements de houles de tempêtes sont comprises respectivement entre 2 et 5 ans, 5 et 10 ans, 10 et 20 ans puis entre 30 et 60 ans.

Au Ghana, ces valeurs sont comprises entre 2,12 et 2,37m; 2,43 et 2,60 m; 2,61 et 2,68 m puis entre 2,83 et 2,95 m pour les périodes de retour qui se situent entre 2 et 5 ans; 5 et 10 ans; 10 et 20 ans et entre 20 à 40 ans.

Au Togo et au Bénin, les périodes de retour observées au Ghana caractérisent respectivement les valeurs des hauteurs significatives maximales des événements de fortes houles enregistrées. Ces valeurs se situent entre 2,10 et 2,50 m; 2,51 et 2,58m; 2,62 et 2,81 m et 2,85 et 3,10 m.

Au large de la côte nigériane, les hauteurs significatives maximales observées sont comprises entre 2,10 et 2,29; 2,30et 2,55 m et 2,60 et 2,70 m, puis de 2,71 et 2,84 m pour des périodes de retour comprises entre 2 et 5 ans; et 5 et 10 ans; 10 et 20 ans puis entre 20 et 30 ans.

Sur la côte camerounaise, les maxima des hauteurs significatives observées au cours des événements de houles de tempêtes, se situent entre 2,10 et 2,35 m; 2,36 et 2,59 m et entre 2,60 et 2,61 m. Les périodes de retour calculées au large de la côte camerounaise sont comprises entre 2 et 5 ans, 5 et 10 ans, 10 et 20 ans.

Dans l'ensemble, l'analyse des périodes de retour des houles de tempêtes observées suggère que chaque deux ans, l'on peut s'attendre à un événement de houle de hauteur significative supérieure à 2,10 m. Aussi, les occurrences interannuelles de ces houles

permettent de définir deux périodes distinctes. La période 1958-1991, est caractérisée par des faibles taux d'apparition des houles de tempêtes. Celle de 1992-2015 est marquée par une recrudescence des houles de tempêtes avec une augmentation de leur fréquence annuelle et de leur intensité de 2001 à 2015 (figures 3 et 4).

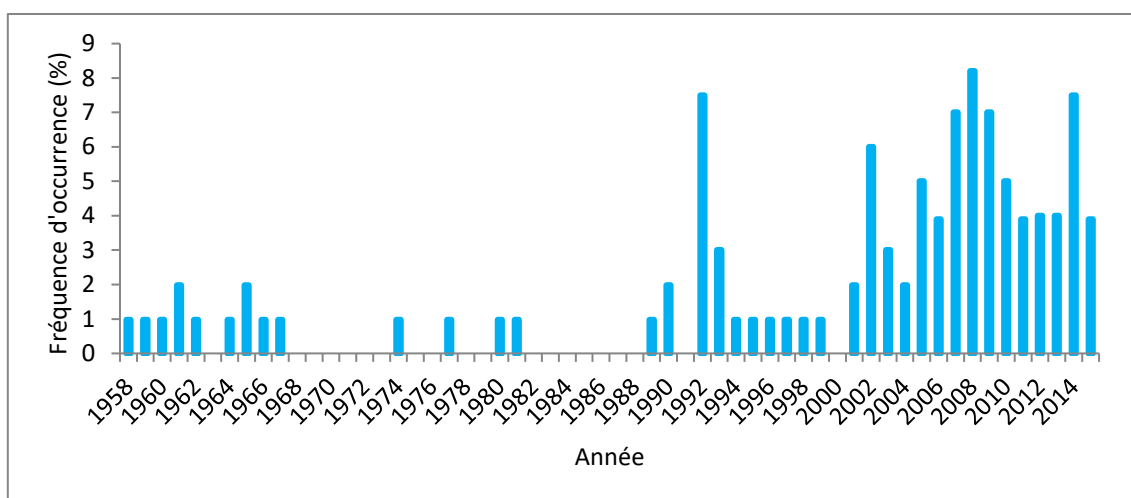


Fig. 3. Fréquence d'occurrence interannuelle des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée

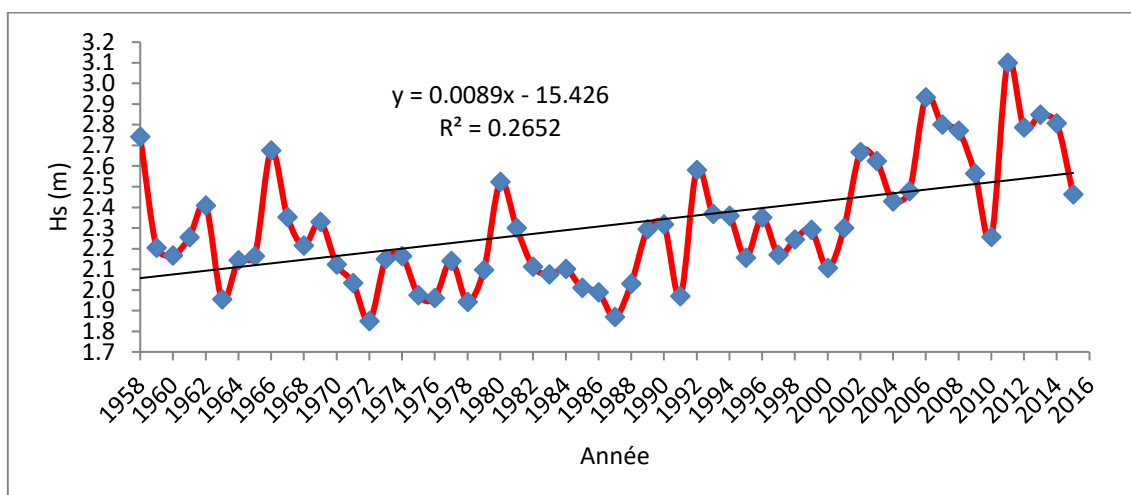


Fig. 4. Variation des hauteurs significatives maximales annuelles des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée

3.3 HAUTEURS SIGNIFICATIVES ESTIMÉES DES HOULES DE TEMPÊTES DANS LE GOLFE DE GUINÉE

Les hauteurs significatives (H_s) sont estimées par la relation linéaire définie par l'équation 7. Les valeurs des différents temps de retour estimés sont contenues dans le tableau 2 ci-après.

L'analyse des valeurs maximales des hauteurs significatives estimées sur les différentes côtes du Golfe de Guinée montre que les maximas qui ont des périodes de retour faibles sont de l'ordre de 2,10 m en Côte d'Ivoire, au Nigéria et au Cameroun. Ils sont de l'ordre de 2,13 m, au Ghana, 2,16 m au Togo et 2,18 m au Bénin. Ces valeurs constituent les valeurs des hauteurs significatives auxquelles on peut s'attendre chaque année sur ces côtes. Ces maxima évoluent progressivement dans le temps pour les périodes de retour annuelles de 1 à 5 ans puis décennales de 10 à 100 ans.

Les hauteurs significatives centennales estimées sont 2,78 m, 3,13 m, 3,25 m, 3,22 m, 3,08 m et 2,91 m respectivement en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Togo, au Bénin, au Nigéria et au Cameroun. Les valeurs des H_s maximales les plus élevées s'observent au Togo pour les différentes périodes de retour, alors que les valeurs les plus faibles s'observent en Côte d'Ivoire.

Tableau 2. Estimation des valeurs extrêmes des houles de tempêtes pour différentes périodes de retour dans le Golfe de Guinée

Période de retour (en année)	Hauteurs significatives estimées (m)					
	Côte d'Ivoire	Ghana	Togo	Bénin	Nigéria	Cameroun
100	2,78	3,13	3,25	3,22	3,08	2,91
90	2,77	3,11	3,23	3,2	3,06	2,89
80	2,75	3,08	3,2	3,17	3,03	2,87
70	2,73	3,05	3,17	3,14	3,01	2,85
60	2,71	3,02	3,13	3,1	2,96	2,82
50	2,68	2,98	3,08	3,06	2,92	2,78
40	2,64	2,92	3,03	3	2,87	2,74
30	2,6	2,86	2,96	2,94	2,8	2,69
20	2,53	2,76	2,86	2,85	2,71	2,61
10	2,42	2,6	2,68	2,69	2,55	2,47
5	2,3	2,42	2,5	2,52	2,38	2,33
4	2,26	2,36	2,44	2,46	2,32	2,29
3	2,2	2,29	2,36	2,38	2,24	2,22
2	2,12	2,16	2,23	2,26	2,12	2,12
1	2,10	2,13	2,16	2,18	2,10	2,10

4 DISCUSSION

Les hauteurs significatives des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée varient dans l'ensemble d'une côte à l'autre. Cette variation pourrait être attribuée à la variation des conditions locales, notamment le régime de marée et des vents. L'analyse des événements de houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée montre une augmentation de leur fréquence et de leur intensité en Afrique de l'Ouest sur la période 1990-2015. Ces résultats confirment ceux de [15], [16] qui indiquent une augmentation de la fréquence et de la durée des événements houlographiques en Afrique de l'Ouest. Ces auteurs attribuent cette augmentation aux événements extrêmes, notamment les épisodes de précipitations intenses, les dépressions et les tempêtes tropicales, en relation avec le réchauffement climatique global. L'augmentation du nombre d'événements des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée serait donc la conséquence de la recrudescence des cyclones dans l'Atlantique Sud. En effet, les travaux de [17] relatifs au climat de houle, ont montré que l'augmentation du nombre de cyclones de catégorie 4 dans l'hémisphère nord suite au réchauffement climatique global, a entraîné la recrudescence des houles de tempêtes sur les côtes de l'Atlantique nord.

Le raccourcissement des temps de retour des houles de tempêtes dans le Golfe de Guinée ces dernières années serait ainsi dû à la recrudescence des cyclones dans l'Atlantique sud. Ce fait est favorable à l'augmentation de la vitesse du recul du trait de côte observée dans le Golfe de Guinée au cours de ces dernières décennies.

Par ailleurs, la fiabilité des résultats du calcul de périodes de retour par la loi de Gumbel repose sur le fait que 95% des valeurs maximales des hauteurs de houles observées sur la période d'étude se trouvent à l'intérieur des intervalles de confiance déterminés. Aussi, l'ajustement graphique de la loi de Gumbel ne présente-t-elle pas de queues de distribution empirique. Ces résultats corroborent ceux de [14].

5 CONCLUSION

La loi de Gumbel apparaît la méthode statistique la mieux indiquée pour le calcul des périodes de retour des houles de tempête dans le Golfe de Guinée.

Ces houles de tempêtes qui déferlent sur les côtes du Golfe de Guinée proviennent des directions Sud (S) et Sud-sud-ouest (SSW) sur les côtes ouest africaines et des directions Sud-sud-ouest et Sud-ouest sur la côte camerounaise en Afrique centrale. Elles ont des amplitudes comprises entre 2,10 et 3,01m et leurs périodes de retour varient entre 2 et 60 ans.

L'analyse de la fréquence d'occurrence de ces houles a permis de définir deux périodes distinctes dans le Golfe de Guinée: la période 1958-1991 caractérisée par des faibles fréquences d'occurrences de houles de tempêtes et la période 1992-2015 marquée par des fréquences d'apparitions annuelles élevées. Les houles de tempêtes observées sur les côtes ivoirienne, nigériane et camerounaise ont des effectifs moins élevés que celles observées sur les côtes ghanéennes, togolaise et béninoise.

Les estimations des hauteurs significatives maximales pour différentes périodes de retour indiquent une variabilité spatio-temporelle des valeurs de Hs. Les valeurs les plus élevées s'observent au Togo tandis que les plus faibles sont observées en Côte d'Ivoire.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos profondes gratitude au Laboratoire de Physique Fondamentale et appliquée de l'Université Nangui Abrogoua et au Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques de l'Université Félix Houphouët-Boigny, pour leur collaboration, l'attention et l'intérêt qu'ils ont accordés à ce travail.

REFERENCES

- [1] J. P. Tastet, L. Caillon, B. Simon, La dynamique sédimentaire littorale devant Abidjan: impact des aménagements. Contribution à la compréhension des phénomènes d'érosion et de sédimentation. Rapp. Min., Marine, Abidjan, 39 p., 1985.
- [2] A Osinowo, E C Okogbue, EO Eresanya., OS Akande, Extreme significant wave height climate in the Gulf of Guinea, African Journal of Marine Science, 40: 4, pp. 407-421, 2018.
- [3] Ph. Koffi, A. C. Hauhouot, K. S. Yao, N.P. Dangui, S. Monde, K. Aka. Evolution à long terme (quarante dernières années) du trait de côte du périmètre littoral Est de Port-Bouët et projection d'une ligne de recul, Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement n° 2, PP. 20-27, 2014.
- [4] E.K. Konan, J. Abe, K. Aka, U. Neumeier, J. Nyssen, A. Ozer « Impacts des houles exceptionnelles sur le littoral ivoirien du Golfe de Guinée », Géomorphologie: relief, processus, environnement, vol. 22 – n° 1, pp 105-120, 2016.
- [5] K. S. Yao, N. P. Dangui, M. Gbegbe, J. Abe Caractéristiques du climat de houle au large de la côte ivoirienne entre 1985 et 2015: impacts sur l'évolution morphodynamique du rivage. XV èmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, La Rochelle, 29 - 31 mai 2018, DOI: 10.5150 / jngcgc.2018.035 © Editions Paralia CFLg, 2018, disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – available online.
- [6] E. Toualy, A. Aman, Ph. Koffi, F. Marin, T.E. Wango. Ocean swell variability along the northern coast of the Gulf of Guinea. African Journal of Marine Science. 37 (3). pp. 353- 361, 2015.
- [7] P. Queffeuilou Validation à long terme des mesures de la hauteur des vagues des altimètres. Marine Géodésie 27: 495-510, 2004.
- [8] S. Abdalla, P.A.E.M Janssen, J.R. Bidlot. Jason-2 OGDR vent et vagues produits: surveillance, de validation et d'assimilation. Marine Géodésie 33, Suppl. 1: 239-255, 2008.
- [9] M. Fréchet Sur les lois de probabilité de l'écart maximum. Annales de la société polonaise de mathématique, 6: pp. 93-122; 1928.
- [10] E. J. Gumbel Distribution des valeurs extrêmes en plusieurs dimensions. Inst. Statist. Univ. Paris, 9: pp. 171-173, 1960.
- [11] N. Cook Comments on Plotting Position in Extrem Value Analysis, journal of Applied Meteorology and Climatology, vol.50, pp. 255-266, 2011.
- [12] G. Martucci, S. Carniel, J. Chiggiato, M. Sclavo, P. Lionello, et M. Galati B. Statistical trend analysis and extreme distribution of significant wave height from 1958 to 1999 – an application to the Italian Seas. Ocean Sci., 6, pp.525–538, 2010.
- [13] X. Kergadallan Analyse statistique des niveaux d'eau extrêmes: Environnement maritime et estuarien. 179 p., 2013.
- [14] M. Andreevsky, X. Kergadallan, P. Bernardara, M. Benoit, P. Gaufres, C. Trmal Comparaison de différentes méthodes d'estimation des niveaux extrêmes en site à fort et à faible marnage. DOI 10.1051/lhb/2014035. La Houille Blanche, n° 4, pp. 26-36, 2014.
- [15] X. Wang, F. Zwiers, V. Swail North Atlantic Ocean wave climate scenerios for the twenty-first century. Journal of climate, 17: 12 p, 2004.
- [16] S. Caires, V. Swail, X. Wang Projection and analysis of extreme wave climate. Journal of climate, 19 (21): pp. 5581-5605, 2006.
- [17] P. J. Webster, G. J. Holland, J. A. Curry, A. R. Chang. Changes in tropical cyclone number, duration, and - intensity in a warming environment, Science, Vol. 309. no. 5742. pp. 1844 – 1846, 2005.

Influence des facteurs écologiques sur la répartition de Juvéniles sous semenciers et Modèle écologique de recrutement de *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg dans une forêt semi-décidue du nord-est de la RD Congo

[Influence of ecological factors on the distribution of juveniles under seedlings and ecological model of recruitment of *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg in a semi-deciduous forest in northeastern DR Congo]

N'tambwe Nghonda Dieu-donné¹, Langunu Serge¹, Konga ya Sangwa Nicolas¹, Sumbu Tshimanga Billy¹, Kalunga Kasongo Aline², Mashagiro Grace Queen¹, Katusi Lomalisa Roger³, and Nshimba Seya Wa Malale Hippolyte³

¹Département de Gestion de Ressources Naturelles Renouvelables, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

²Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kalemie, RD Congo

³Département d'Ecologie et Gestion de Ressources Végétales, Faculté des Sciences: Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo

Copyright © 2022 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: A study on Iroko's regeneration was done under four seed-trees (two in a young fallow and two in a secondary forest). The aim was to know ecological factors what are influencing his spatial distribution and ecological recruitment pattern of juveniles under its seed-trees. Under each seeder, eight directions were selected according to the wind rose on 1 ha. The light, slope, and litter thickness were measured over the eight directions divided into 5m x 3m plots. For each found juvenile, its high and distance to the seeder were measured. Seventy-three juveniles were found, 47 in the young fallow and 16 in the secondary forest. More juveniles were found in young fallow under seeder 2 (28 juveniles) and few juveniles under seeder 3 in the secondary forest (5 individuals). Means of 23.5 ± 4.5 and 8 ± 3 juveniles were found in young fallow and secondary forest respectively. The overall average of juveniles per seeder was 15.75 ± 7.75 juveniles.

KEYWORDS: distribution, Juveniles, *Milicia excelsa*, Iroko, ecological recruitment pattern.

RESUME: Une étude sur la régénération de l'Iroko a été faite Sous quatre semenciers (Deux dans une jeune jachère et deux dans une forêt secondaire). L'objectif était de déterminer les facteurs écologiques influençant la répartition et le modèle écologique de recrutement des juvéniles sous ses pieds producteurs. Sous chaque semencier, huit directions ont été retenue selon la rose du vent sur 1 ha. La lumière, la pente et l'épaisseur de la litière ont été mesurées sur les huit directions divisées en placettes de 5m x 3m. Pour chaque juvénile trouvé, sa taille et sa distance au pied producteur ont été mesurées. Soixante-trois juvéniles ont été trouvés dont, 47 dans la jachère jeune et 16 dans la forêt secondaire. Plus des juvéniles ont été trouvés dans la jachère jeune (Semencier 2), soit 28 individus et peu de juvéniles sous le semencier 3 dans la forêt secondaire, soit 5 individus. Des moyennes de $23,5 \pm 4,5$ et 8 ± 3 juvéniles ont été trouvées dans la jachère jeune et dans la forêt secondaire respectivement. La moyenne générale de juvéniles par semencier était de $15,75 \pm 7,75$ individus.

MOTS-CLEFS: répartition, Juvéniles, *Milicia excelsa*, Iroko, modèles écologiques de recrutement.

1 INTRODUCTION

Les forêts tropicales denses humides sont des écosystèmes les plus riches en biodiversité de la planète. Les espèces végétales qu'elles renferment présentent des tempéraments différents vis-à-vis des ressources environnementales, tel que l'ensoleillement. Certaines peuvent être tolérantes à l'ombre du sous-bois, y germer et entrer en phase de latence de croissance en attendant les meilleures conditions lumineuses pour continuer leur croissance, d'autres tandis que, sont incapables de germer et croître sans lumière suffisante [1].

Par ce mécanisme de régénération, les espèces se pérennisent et assurent le renouvellement des individus les constituants. La régénération d'une population d'arbres peut alors se définir comme l'ensemble des processus démographiques qui assurent le renouvellement des individus, de la graine disséminée lors de la fructification d'un arbre au recrutement d'un nouvel adulte capable de se reproduire [2]. Ces processus se déroulent sous l'influence des facteurs tant biotiques qu'environnementaux, qui régissent la germination, la croissance, la mortalité...

La distribution spatiale d'arbres mères, les zones de dissémination des graines ainsi que l'intensité lumineuse jouent un rôle significatif dans la probabilité d'établissement des jeunes plantes. La probabilité d'un individu d'être recruté dans la population adulte dépend de la rencontre tout au long de son développement des conditions favorables à sa survie et à sa croissance [3].

Les espèces végétales présentent divers modes de dispersion de graines répondant ainsi aux divers modèles écologiques de recrutement. Certains présentent des mécanismes de dispersion qui éloignent les graines et les plantules et jeunes plants des arbres producteurs (Modèle de Janzen-Connell 1970-1971); d'autres présentent des modèles des rapprochements des jeunes individus de leurs pieds-mères (Modèles de Hubbell et celui de McCanny) [4].

La gestion durable de ces écosystèmes et de *M. excelsa* en particulier nécessite en primordial, une compréhension de leur fonctionnement, notamment les processus écologiques par lesquels les espèces végétales maintiennent leurs populations; leur répartition dans l'espace... [5].

Des connaissances sur les aspects botaniques, écologiques et génétiques fondamentalement importants pour un aménagement durable intégré ou pour la conservation de cette espèce s'avèrent insuffisantes en RDC [6]. Ainsi un approfondissement des connaissances relatives aux nombreux aspects, notamment: son cycle de reproduction; sa régénération...s'avère impérieux.

Ainsi cette étude vise à déterminer la répartition et le modèle écologique de recrutement que présente les juvéniles de *Milicia excelsa* sous les pieds producteurs en comparaison aux modèles écologiques de recrutement existant, afin de déterminer les facteurs tant biotiques qu'abiotiques déterminant la configuration de ses individus.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Cette étude a été menée dans une forêt semi-décidue de Biaro dans le nord-est de la République Démocratique du Congo. Celle-ci est située à 47 km de Kisangani sur la Route Ubundu (Figure 1).

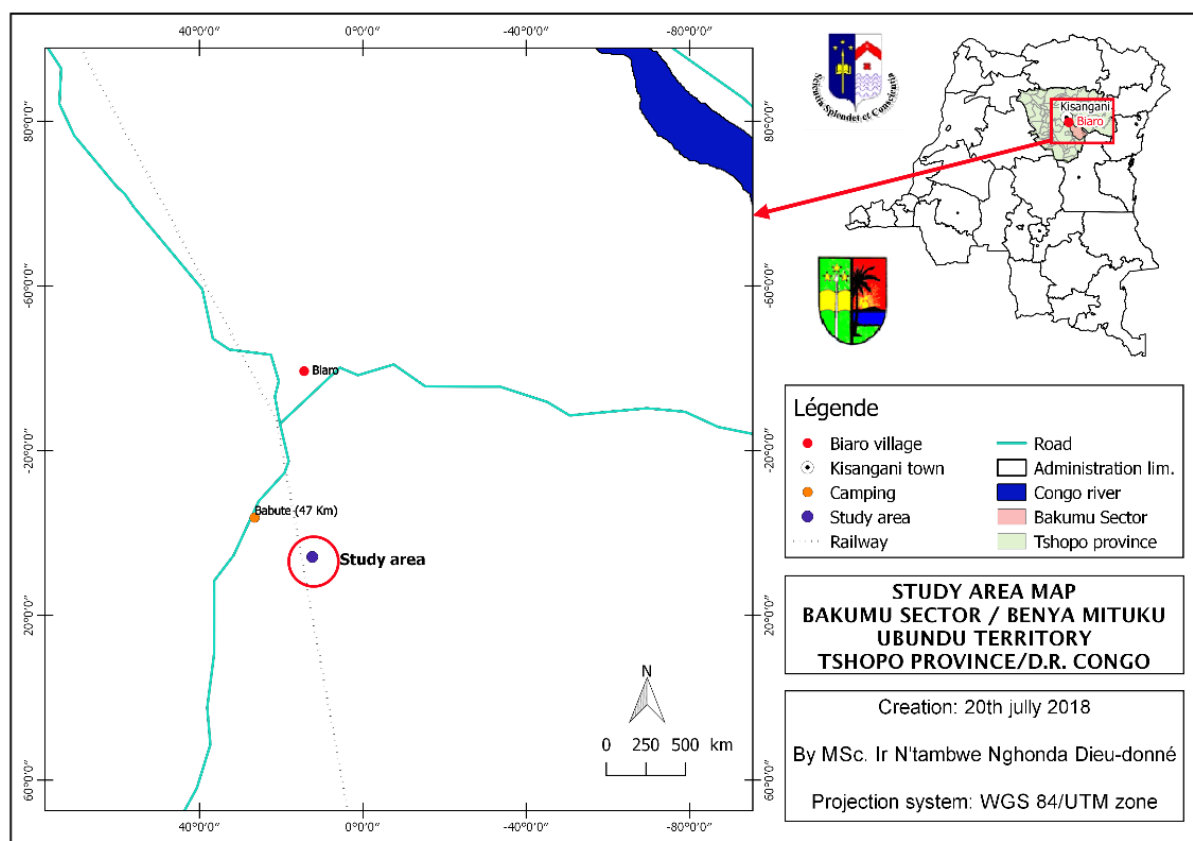


Fig. 1. Aire de l'étude

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

L'étude a été menée sous quatre semenciers de *M. excelsa* pris aléatoirement dans deux habitats (deux dans la jachère jeune et deux autres dans la forêt secondaire). 4 hectares choisis aléatoirement avec au centre un pied producteur de *M. excelsa*, ont fait l'objet de cette étude. Pour ce faire, cinq quadrats concentriques (de 20 m, de 40 m, de 60 m, de 80 m et de 100 m de côté) ont été délimités autour de chaque Semencier, constituant ainsi cinq classes de distance. Etant donné que la couronne de *M. excelsa* dépasse à peine 25 m de diamètre (12,5 m de rayon), le carré central (de 20 m) a été considéré comme surface sous couronne. Partant du centre (pied du semencier), un inventaire des juvéniles a été réalisé dans huit directions de 50 m chacune sur une bande de 3 m de large. Ces huit directions sont les quatre points cardinaux (N, S, E et W) et les quatre points intermédiaires (N-E, S-E, N-W et S-W) tel représenté sur la figure ci-bas (Figure 2). Chaque bande (3 m x 50 m = 0,015 ha) a été subdivisée en 10 placettes de 5 m de long sur 3 m de large à l'intérieur desquelles l'éclaircissement selon [7] (0 = couvert fermé; 1 = partiellement ouvert et 2 = Totalelement ouvert à chaque point de mesure), l'épaisseur de la litière et la topographie ont été appréciés. Pour chaque juvénile localisé, sa taille et sa distance au pied producteur ont été mesurées et classé selon sa correspondance à l'une des classes des hauteurs ci-après: S1: semis de 0 – 30 cm de hauteur; S2: semis de 30 – 50 cm de hauteur; S3: semis de 50 – 100 cm de hauteur; S4: Tige à hauteur > 100 cm à DBH < 1cm; S5: Tige à 1 cm ≤ DBH < 10 cm (régénération installée).

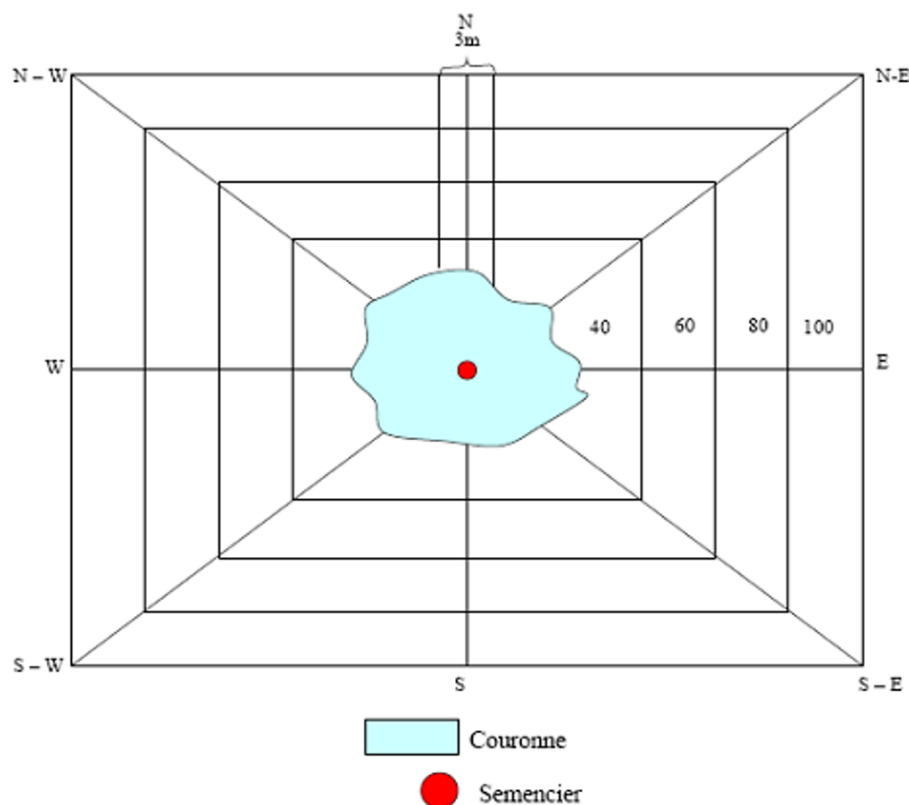


Fig. 2. Illustration du dispositif en croix (N, S, E, W) et les intermédiaires (N-E, N-W, S-E et S-W)

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Les données récoltées sur terrain, ont été encodées dans une base des données à partir de laquelle des représentations graphiques, des analyses statistiques ainsi que des modélisations simulant la distance au pied producteur de chaque plantule trouvée ont été produites. Une moyenne de ces simulations a été tirée pour une meilleure comparaison avec les modèles écologiques de recrutement existant.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 MOYENNE DES JUVÉNILES PAR HABITAT, SEMENCIER ET PAR CLASSES DE HAUTEUR

L'étude de la régénération a été faite dans une jachère jeune et dans une forêt secondaire en dessous de quatre semenciers repartis deux à deux par habitat sur une étendue de 1 ha chacun. Sous ces dispositifs, soixante-trois (63) juvéniles ont été trouvés dont, 47 dans la jachère jeune et 16 dans la forêt secondaire. En considérant les semenciers séparément, plus des juvéniles ont été trouvés dans la jachère jeune sous le semencier 2, soit 28 individus et peu de juvéniles sous le semencier 3 dans la forêt secondaire, soit 5 individus. Des moyennes de $23,5 \pm 4,5$ et de 8 ± 3 juvéniles ont été trouvées dans la jachère jeune et dans la forêt secondaire respectivement. La moyenne générale de juvéniles par semencier était de $15,75 \pm 7,75$ individus.

Les moyennes des classes de hauteur en fonction d'habitat (jachère: $4,7 \pm 2,25$ juvéniles; forêt secondaire: $1,6 \pm 1,02$ juvéniles) présentées sur la figure 3a, montrent des différences significatives de nombre de juvéniles par classe de hauteur au seuil de 5% en fonction d'habitats ($t = 2,5103$; $p = 0,04886$) (Figure 3). Seule la S3 a les mêmes valeurs quel que soit l'habitat. Dans la Jachère la structure de juvéniles forme une courbe en j inversé; alors qu'en forêt secondaire, ils présentent la structure en cloche.

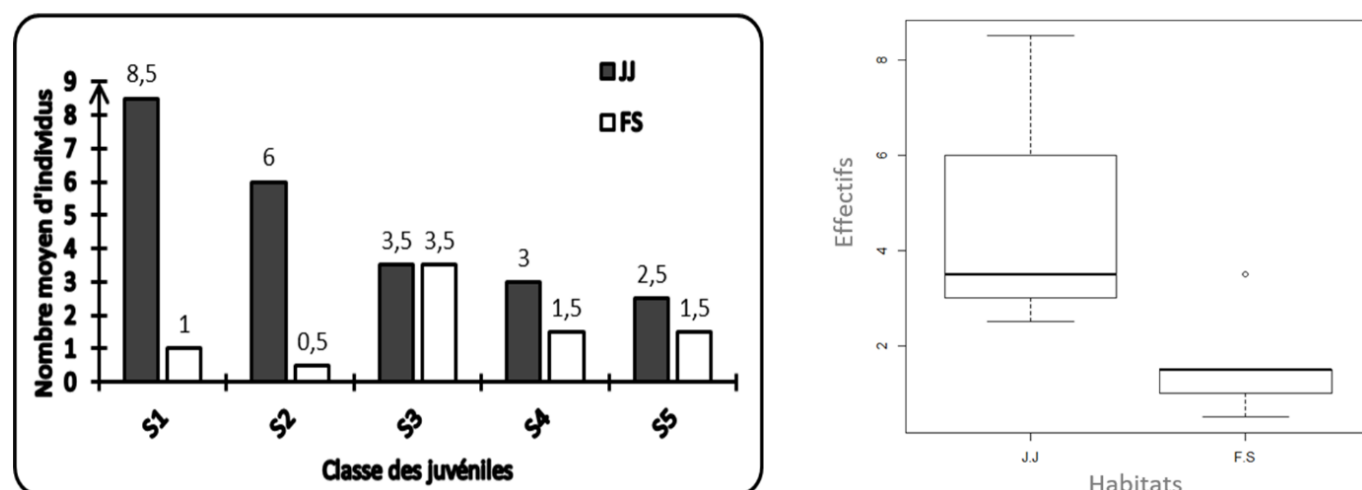


Fig. 3. Répartition de juvéniles en fonction d'habitat. (a): Moyenne des classes de hauteur des Juvéniles en fonction d'habitats et (b): valeurs descriptives par habitat. JJ: jachère jeune; FS: forêt secondaire

Lorsque les variables habitats et semenciers sont combinées, le nombre des juvéniles varient en fonction d'habitats ($F = 18,843$; $p = 0,00146$) alors qu'en analysant les données des semenciers (sans tenir compte d'habitats), il en résulte qu'il n'existe pas de différences entre les semenciers ($F = 3,536$; $p = 0,0763$) au seuil de 0,05. L'analyse statistique montre qu'au seuil de 5%, il existe une différence significative entre classes de hauteur des juvéniles, ($\chi^2 = 9,76$ $p = 0,0447$). De la comparaison des moyennes d'habitats ressort que la jachère a un nombre supérieur des juvéniles que la forêt secondaire. La S1 de la jachère est supérieure à toutes celles de la forêt secondaire, et que les autres classes de hauteur sont égales quel que soit l'habitat (Figure 4).

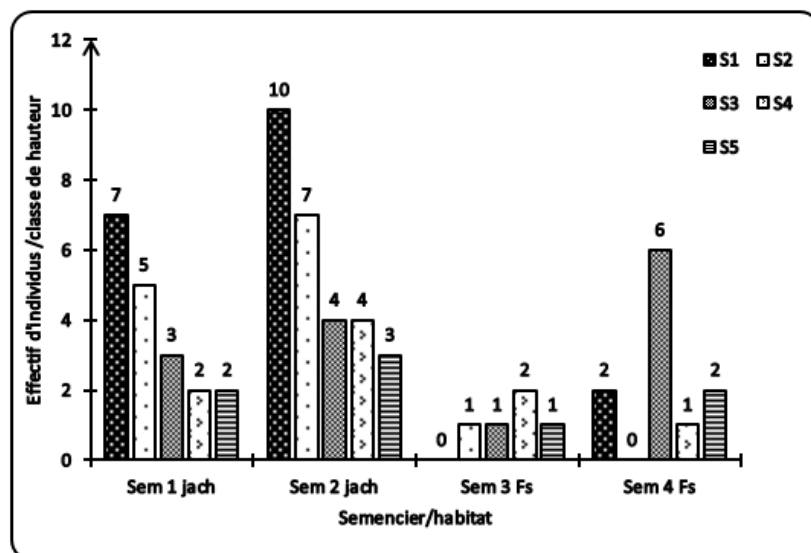


Fig. 4. Répartition des juvéniles par classe de hauteur en fonction des semenciers, et de différents habitats. Sem 1 jach: Semencier 1 de la jachère, Sem 4 FS: Semencier 4 de la Forêt Secondaire

Les moyennes des classes de juvéniles trouvées ($4,7 \pm 2,25$ pour la jachère et $1,6 \pm 1,02$ pour la forêt secondaire), montrent que les régénérats de *M. excelsa* sont plus abondants dans la jachère que dans la forêt secondaire à couvert plus fermé. Des similaires résultats ont été trouvés par [8] ayant travaillé sur la même espèce. Selon [9], la régénération naturelle de *M. excelsa* est plus abondante en milieux ouverts que sous canopée et que la structure diamétrique est mieux équilibrée en zones peu fermées. [10, 11] montrent que la régénération naturelle des arbres est liée à la production des graines à laquelle il faudrait

associer le mode de dissémination et les effets des conditions environnementales. Il se fait qu'on enregistrerait une forte mortalité de juvéniles dans des milieux fermés chez les héliophiles strictes comme *M. excelsa*.

3.2 RÉPARTITION DES JUVÉNILES EN FONCTION DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

3.2.1 NOMBRE DE JUVÉNILES EN FONCTION DE L'ÉCLAIREMENT

La répartition de juvéniles en fonction du niveau d'éclairement diffère significativement lorsqu'il s'agit d'habitats ($t = -2,64$; $p = 0,03549$), mais ne diffère pas significativement en fonction du niveau d'éclairement ($\chi^2 = 4,57$; $p = 0,3342$). Quel que soit l'habitat, le nombre d'individus augmente au fur et à mesure que le niveau de l'éclairement augmente. Les placettes trop éclairées dans la jachère, abritent un nombre important des juvéniles que dans celles partiellement éclairées et celles de la forêt secondaire (Figure 5).

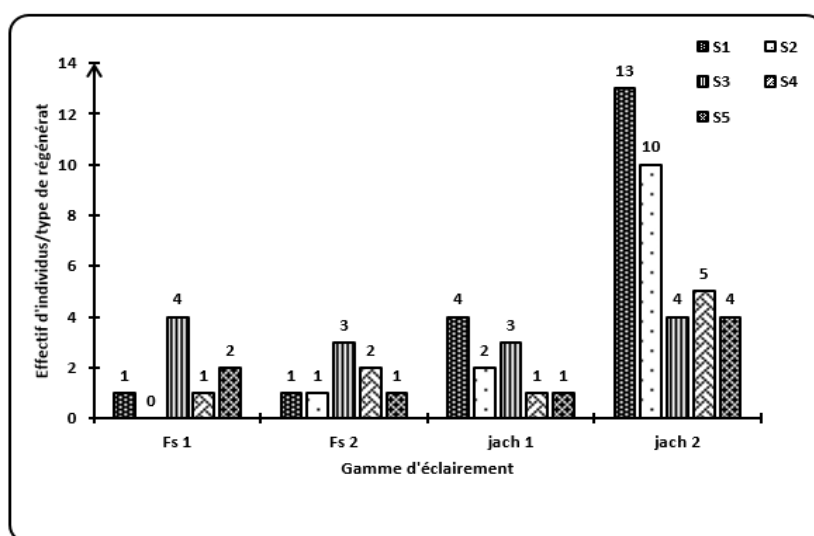


Fig. 5. Répartition des classes de hauteur des juvéniles en fonction de la variation du niveau d'éclairement. FS 1: niveau 1 d'éclairement de la Forêt Secondaire; jach 2: niveau 2 d'éclairement de la jachère

3.2.2 NOMBRE DE RÉGÉNÉRATS EN FONCTION DE LA VARIATION DE LA PENTE.

De la figure 6, résulte que dans la jachère, le nombre le plus élevé est de 30 individus trouvés dans la gamme de valeurs de 0 et 5% de pente et le moins élevé est de 2 trouvés entre 10 et 15% de pente, la moyenne étant de $15,67 \pm 11,44$, alors que dans la forêt secondaire, le nombre d'individus varie entre 8 et 3 trouvés respectivement entre 0-5% et 10-15% de pente, avec une moyenne de $5,33 \pm 2,05$. Il sied de signaler que le nombre des régénérats diminue selon que le pourcentage de la pente augmente. Ces résultats ne diffèrent pas statistiquement que ce soit dans la jachère ou dans la forêt secondaire ($t = 1,2572$; $p = 0,329$), mais aussi en fonction des classes de pente ($\chi^2 = 3,54$; $p = 0,1703$).

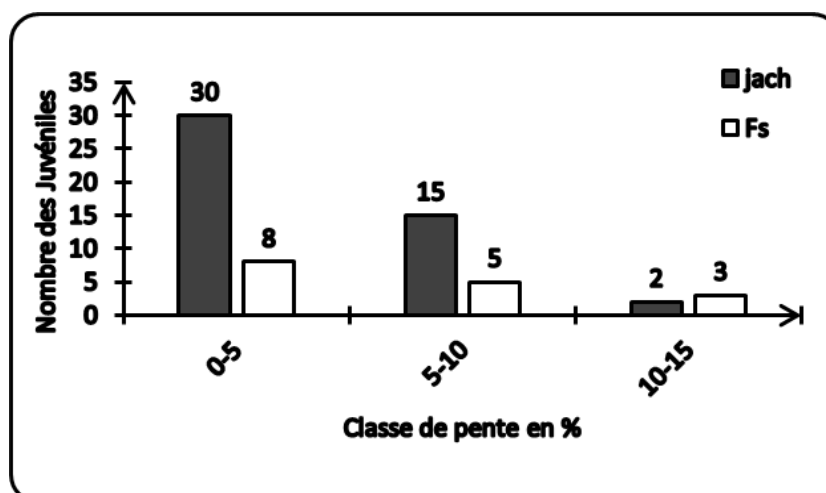


Fig. 6. Répartition des classes de hauteur en fonction de la variation de la pente. JJ: jachère jeune; FS: forêt secondaire

3.2.3 NOMBRE DES RÉGÉNÉRATS EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DE LA LITIÈRE

Le nombre d'individus dans des placettes a varié en fonction de l'épaisseur de la litière, mais aussi par rapport au type d'habitats. Dans la jachère, il varie de 20 à 5 individus respectivement dans les gammes des valeurs entre 0,5-2,5 cm et 6,5-8,5 cm, avec une valeur moyenne de $11,75 \pm 5,76$. Dans la forêt secondaire, le nombre d'individus se situe entre 8 et 1, avec une moyenne de $4 \pm 2,74$. Que ce soit dans la jachère ou dans la forêt secondaire, l'épaisseur de la litière a influencé significativement la distribution des juvéniles, et que plus celle-ci augmente, le nombre des Juvéniles diminue (Figure 7). La comparaison des moyennes montre qu'il n'existe pas une différence significative entre habitats ($t = 2,1044$; $p = 0,09845$) de même qu'entre classes des épaisseurs de la litière ($\chi^2 = 0,55$; $p = 0,9072$) au seuil de 5%.

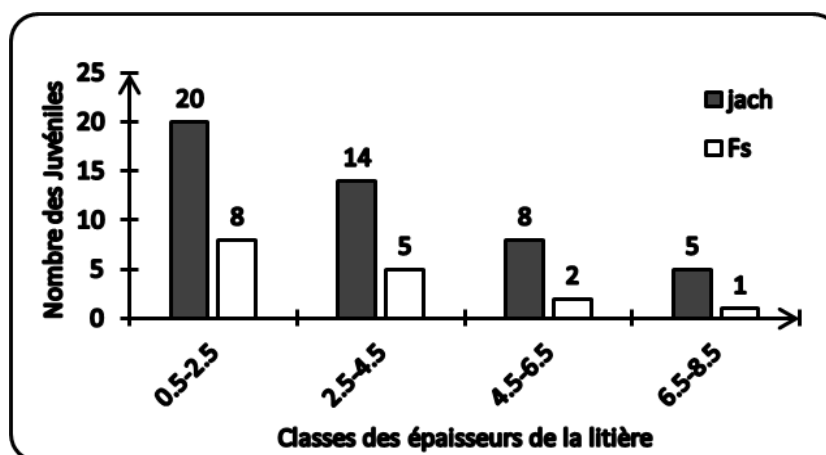


Fig. 7. Répartition des classes de hauteur en fonction de l'épaisseur de la litière. Jach: jachère jeune; FS: forêt secondaire

Il a été observé que le nombre des juvéniles change au fur et à mesure que les valeurs des facteurs environnementaux se modifient. Une distinction nette se montre pour ce qui est de l'éclairement des placettes. Ce qui appuie l'affirmation disant que la lumière est le facteur environnemental majeur, limitant la croissance et la survie de beaucoup d'espèces forestières et que sa variabilité influence le niveau de la régénération des espèces [12]. L'hypothèse de la colonisation, stipule que, la dispersion accroît la probabilité de germination des graines dans des milieux ouverts tels que des chablis, renforçant ainsi la possibilité de l'établissement des plantules et de leur survie [1, 13]. [1] renchérit en montrant l'influence négative de la topographie et de couches épaisses de la litière sur la germination des plantules. Bien d'autres raisons expliquant cette situation se trouvent déjà sus-évoquées aux points précédents...

3.3 NOMBRE DES JUVÉNILES EN FONCTION DE LA DISTANCE AU SEMENCIER

D'une manière générale, le nombre des juvéniles varie en fonction de la distance au pied producteur. Pour tous les semenciers, il y a une quasi absence des juvéniles sous la couronne des pieds-mères (entre 0 et 10 m). Leurs nombres continus à augmenter au fur et à mesure qu'on s'éloigne des pieds-mères pour atteindre la valeur optimale entre 25 et 35 m de distance. Les tableaux 1, 2, 3 et 4 reprennent les données relatives aux juvéniles récoltés sous les 4 semenciers. L'analyse corrélative montre que la distance explique à 64,63; 27,13; 60,72; 53,58% de la distribution des effectifs de juvéniles, respectivement pour les semenciers 1, 2, 3, 4 (Figures 8a, 8b, 8d et 8e). Les figures 8c et 8f, reprennent les moyennes de nombre des juvéniles en fonction d'habitats; respectivement pour la jachère et la forêt secondaire. L'analyse statistique de valeurs de ces deux dernières courbes, montre qu'il n'existe pas de différence significative au seuil de 5% ($t = 0$; $p = 1$).

Tableau 1. Données de juvéniles, récoltées en dessous du semencier 1 dans la jachère

N°	Placette	Direction	Distance	Hauteur en m	Classe de H	Litière	Topographie	Eclaircissement
1	4	O	17	0,73	S3	2	4,7	2
2	5	O	20,2	0,35	S2	7	2	2
3	5	O	22	0,15	S1	3	1	2
4	5	O	20	0,64	S2	8	0,4	1
5	5	O	23	0,27	S1	4	0,1	2
6	6	O	28,5	0,25	S1	5	0,8	2
7	7	O	31,5	8,1	S5	4,8	1	2
8	7	O	33,8	0,95	S3	7,7	5,6	2
9	7	O	34,5	0,2	S1	4,7	6,3	2
10	8	O	35,6	2,4	S4	6,3	0,9	1
11	8	O	37	0,27	S1	5,2	5,5	1
12	8	O	38,9	1,79	S4	4	4,9	2
13	9	O	41,8	0,1	S1	7,4	5	1
14	3	NO	13,5	0,16	S1	4	0,3	2
15	4	NO	17,5	11,3	S5	4	5,1	1
16	5	NO	24,5	0,85	S3	3,2	0,1	2
17	8	NO	36,5	0,4	S2	2	1,3	2
18	8	NO	36,7	0,35	S2	2	4,1	2
19	8	NO	39	0,45	S2	5,1	1	2

Tableau 2. Données de juvéniles, récoltées en dessous du semencier 2 dans la jachère

N°	Placette	Direction	Distance	Hauteur en m	Classe de H	Litière	Topographie	Eclairement
1	2	N	5	2,65	S4	4	9,9	2
2	5	N	23,5	0,25	S1	2,1	0,7	2
3	5	N	24,5	0,45	S2	4,1	0,2	2
4	5	N	25	0,38	S2	1	0,5	1
5	5	N	25,4	0,17	S1	0,7	1,7	2
6	6	N	27	0,97	S3	3	2	1
7	8	N	36,5	0,84	S3	4,9	5,3	1
8	2	NE	7	5,8	S5	1	9,8	2
9	5	NE	23,2	2,6	S4	1	9	2
10	5	NE	21	0,1	S1	2	5	1
11	5	NE	25	0,14	S1	0,9	0	2
12	2	E	6,7	12	S5	3	1,2	2
13	3	E	12	0,48	S2	3,8	0	2
14	3	E	13,5	0,28	S1	4	2	2
15	3	E	13	0,31	S2	2	9,8	2
16	3	E	12	0,66	S1	3	10	1
17	5	E	22,5	0,32	S2	5	5,2	2
18	5	E	23,8	1,5	S4	3	6,4	2
19	5	E	24	0,14	S1	2,3	9,2	2
20	2	O	8,2	0,47	S2	0,5	1	2
21	4	O	15,5	0,22	S1	1	5	2
22	4	O	17,5	0,65	S3	2	0,4	1
23	5	O	20,1	0,87	S3	7	0	2
24	3	NO	14,2	0,28	S1	1	0	2
25	3	NO	15	0,11	S1	1,5	0,2	2
26	5	NO	23,4	0,35	S2	0,5	0	2
27	5	NO	24,6	2,4	S4	2	0,5	2
28	5	NO	25	13,8	S5	2	10	2

Tableau 3. Données de juvéniles, récoltées en dessous du semencier 3 dans la forêt secondaire

N°	Placette	Direction	Distance	Hauteur en m	Classe de H	Litière	Topographie	Eclairement
1	5	NE	24	3,6	S4	1	12	2
2	3	E	13	1,1	S4	7	12,7	2
3	4	O	19	0,34	S2	5	10,1	2
4	5	O	23	0,57	S3	3	12,3	2
5	5	O	24,8	13,4	S5	6	12	1

Tableau 4. Données de juvéniles, récoltées en dessous du semencier 4 dans la forêt secondaire

N°	Placette	Direction	Distance	Hauteur en m	Classe de H	Litière	Topographie	Eclairement
1	5	NE	22,5	0,55	S3	2	4,4	1
2	5	NE	21,8	0,95	S3	1,7	2,1	1
3	5	NE	24,2	0,83	S3	3,6	5	2
4	7	E	33,7	0,15	S1	4,2	1,5	1
5	9	E	41,4	1,35	S4	3	4,3	1
6	6	SE	29,5	0,89	S3	2	1	1
7	6	SE	26	0,27	S1	3,4	5,6	2
8	9	O	40,5	0,73	S3	4	4,9	2
9	9	O	42	0,64	S3	3,4	2	1
10	9	O	44,6	11,5	S5	2,8	3	1
11	9	O	45	9,6	S5	2	6,7	2

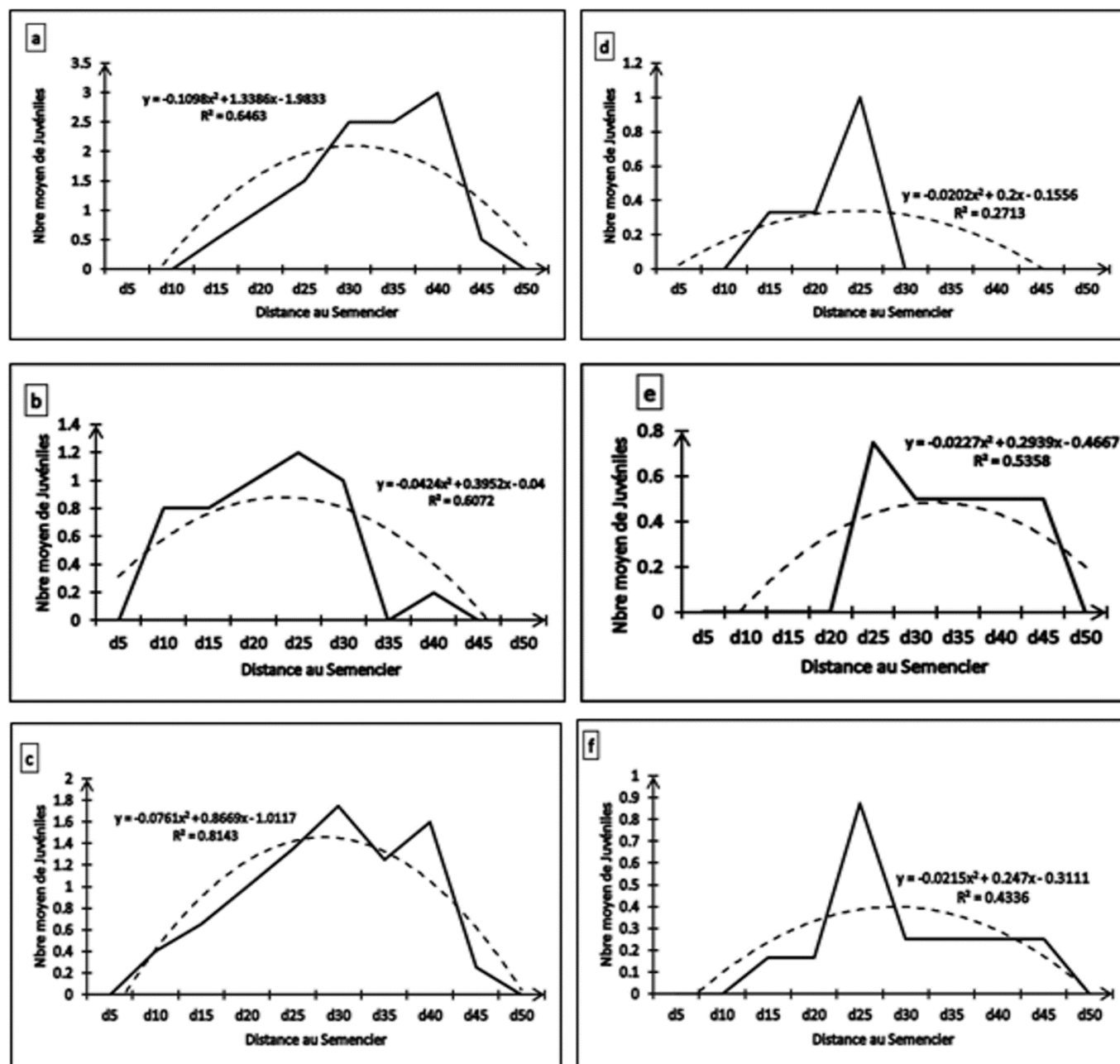


Fig. 8. Nombre des juvéniles en fonction de la distance au pied producteur (d5 = [0-5 [, ...d50= [45-50 [mètres du pied producteur); la courbe en pointillés montre la tendance de données et la corrélation entre variables. (a) pour le semencier 1; (b) semencier 2; (c) moyenne des semenciers 1 et 2 (De la jachère jeune); (d) semencier 3; (e) semencier 4; (f) moyenne des semenciers 3 et 4 (De la forêt secondaire)

La figure 9, quant à elle, reprend le nombre moyen des juvéniles en fonction de la distance au pied producteur (a) et la comparaison entre ce résultat et les modèles écologiques de recrutement existant (b). Il s'avère qu'il est rare de trouver des juvéniles sous la couronne du pied producteur et que le nombre de régénérats augmente avec la distance jusqu'à atteindre l'optimum avant de diminuer. Le nombre des juvéniles dans des placettes est expliqué à 84,32% par la distance au pied producteur. La comparaison révèle que *M. excelsa* répond au modèle écologique de Janzen-Connell (1970-1971). La survie des juvéniles de cette essence se corrèle positivement avec leurs distances aux pieds-producteurs et que leur rareté en dessous de ceux-ci se trouverait influencée par les facteurs écologiques, tant biotiques qu'abiotiques.

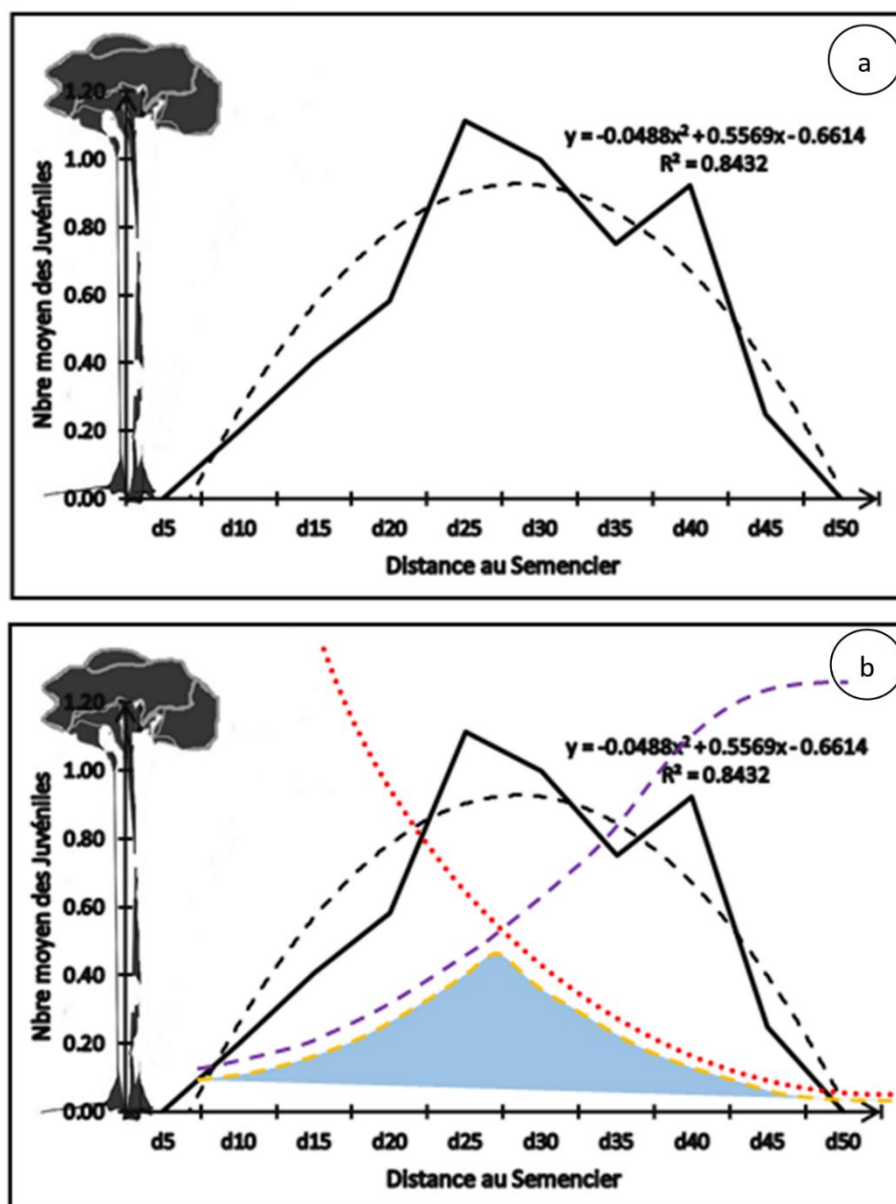


Fig. 9. Distance de juvéniles au pied-mère. (a): Effectif moyen des régénérats en fonction de la distance au pied-mère; (b): Comparaison de la courbe d'effectif moyen des juvéniles en fonction de la distance au pied-mère et le modèle de Janzen-Connell (1970-1971). d5 = [0-5 [, ...d50= [45-50 [mètres du pied-mère]; La courbe en pointillés noirs montre la tendance de données et la corrélation entre variables; celle en pointillés rouges montre la dispersion théorique des graines en fonction de la distance au pied-mère; alors que celle en pointillés jaunes, montre la survie théorique des juvéniles; et que celle en pointillés mauves reprend la survie théorique des régénérats selon le Modèle de Janzen-Connell

D'une manière générale, le nombre des juvéniles augmente en fonction de la distance de pied-mère et que leur maximum est atteint à des distances intermédiaires (25 à 35 m). Une absence quasi totale des Juvéniles en dessous des couronnes des pieds-mères a été observée. La dissémination des graines en est un élément essentiel dans la mesure où elle constitue le lien entre les répartitions spatiales des générations successives. Ainsi, la distribution spatiale des pieds-mères et celle des zones de dispersion des graines influencent la probabilité d'installation de la régénération [14]. [4] note que la germination et l'installation des juvéniles d'une espèce dépendent des événements de dispersion et de l'action des filtres (Facteurs écologiques), qui, selon leurs natures, induisent des répartitions spatiales marquées, à des échelles différentes.

Par ailleurs, la régénération de *Milicia excelsa* est très faible dans les conditions naturelles. Ceci corrobore les résultats de [15] montrant que le nombre moyen des plantules de cette espèce est très faible dans ces conditions, soit 6,5 individus/semencier. Selon [16] ceci s'expliquerait par la moindre viabilité des graines de cette espèce (3 à 6 mois), donnant ainsi une moindre

probabilité aux graines de pousser, lorsque les conditions naturelles sont stables et inadaptées à la germination. Pour [17], les semences passant dans le tube digestif de Chauves-souris, *Eidolon sp* (Principaux agents de dispersion de l'espèce) perdent leur pouvoir germinatif et stipulent que ces chauves-souris sucent les meilleurs fruits avant leur maturité physiologique, ce qui fait que les fruits tombant en dessous des pieds-mères produisent des graines déformées et/ou avortées. [18, 19] quant à eux, font voir que, les graines des fruits matures consommés par les chauves-souris sont levées de leurs dormances et faciliteraient leurs germinations. [20] attribuent la rareté des régénérats, surtout en dessous des pieds-mères de *M. excelsa* aux attaques de *Phytolyma lata* Walker, 1852 (principal facteur biotique limitant l'établissement de l'Iroko), attaquant les bourgeons et les jeunes feuilles, mais aussi des fourmis rouges (*Oecophylla smaragdina* Fabricius, 1775) décomposant les fruits et les graines de l'espèce. Ils continuent en disant que la galle formée par ce diptère est accompagnée par une attaque fongique létale des bourgeons apicaux des plants. L'incidence et la gravité de ces attaques étant plus élevées en saison pluvieuse. L'hypothèse selon laquelle il existe des facteurs écologiques influençant la régénération et l'installation de *M. excelsa* se confirme ici. Ces facteurs sont abiotiques (l'éclairement, la pente, la litière, l'humidité, ...) et biotiques (l'infection et prédation, compétition, ...)

Les résultats obtenus sur la répartition des juvéniles sous semenciers montrent une configuration se conformant au modèle de Janzen (1970) et Connell (1971) (hypothèse d'éloignement), stipulant que « la mortalité des graines et des semis est plus élevée lorsque la densité locale des semis de la même espèce augmente (effet densité) ou lorsque ces semis ou graines se trouvent à proximité d'adultes de la même espèce (effet distance) et que la dispersion accroît la probabilité de survie liée à ces deux effets ». Il semblerait que *Milicia excelsa* soit typique d'interactions négatives fournies par l'hypothèse d'éloignement. La surmortalité épinglée ici, serait liée à l'action des prédateurs et/ou pathogènes [13].

4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude avait pour objectif de déterminer les facteurs écologiques influençant la répartition de juvéniles sous semenciers et le modèle écologique de recrutement que présente ces juvéniles de *Milicia excelsa* sous les pieds producteurs en comparaison aux modèles écologiques de recrutement existant.

Pour ce faire, un inventaire des juvéniles a été effectué sous quatre semenciers: dont deux dans une forêt secondaire et deux autres dans une jachère jeune, selon les huit directions de la rose de vent. Le degré d'éclairement; l'épaisseur de la litière et l'inclinaison du terrain ont été mesurés sur des placettes le long de ces directions. Chaque plantule ainsi répertoriée était numérotée, sa taille et sa distance à son pied producteur mesurées. L'influence des facteurs écologiques a été démontrée et une simulation de la distance des plantules aux pieds mères produite. Une moyenne a été générée pour une meilleure comparaison avec les modèles écologiques de recrutement existant.

Il ressort de cette étude que la régénération de *M. excelsa* est très faible dans le milieu, avec un décalage prononcé entre les milieux fortement éclairés (jachère) et ceux qui le sont faiblement (forêt secondaire). La régénération de cette espèce ainsi que sa croissance sont très influencées par les facteurs tant biotiques qu'abiotiques. Il est clairement observable que *Milicia excelsa* soit une espèce répondant au modèle de Janzen-Connell, avec une variation de la densité des juvéniles au fur et à mesure que l'on s'éloigne d'un pied producteur.

Il est à recommander que des études soient faites dans des champs expérimentaux pour contourner cette barrière. Qu'il soit promue son exploitation durable en renforçant et appliquant les lois existantes sur son exploitation (Tant artisanale qu'industrielle) et qu'un plan de reboisement des jachères et enrichissement des forêts fragmentées avec *M. excelsa*, soient mis sur pied en collaboration avec les communautés locales, afin de pérenniser cette espèce vulnérable tant exploitée et convoitée par des exploitants.

REFERENCES

- [1] Puig, H., Fabre, A., et Gauquelin, T., 1998. Distribution spatiale des plantules et des jeunes plants d'*Iryanthera hostmannii* (Benth.) Warb. en forêt tropicale humide de Guyane française. Life Sciences, 321: 429-435.
- [2] Jesel, S., 2005. Ecologie et dynamique de régénération de *Dicorynia guianensis* (Cesalpiniaceae) dans une forêt guyanaise. Paris: Thèse de doctorat: Institut National Agronomique Paris-Grignon, 241p.
- [3] Baraloto, C., 2003. Régénération forestière naturelle: de la graine à la jeune tige, Description et dynamique des milieux forestiers. Rev. For. Fr. LV, 179-187.
- [4] Flores, O., 2005. Déterminisme de la régénération chez quinze espèces d'arbres tropicaux en forêts guyanaise: les effets de l'environnement et de la limitation par dispersion. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 306 p.

- [5] Thiombiano, A., Schmidt, M & Guinko, S., 2006. Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Bourkina-Faso (Afrique de l'Ouest). *candollea*, 61 (1): 189-213.
- [6] Sheil, D. & Van Heist, M., 2000. Ecology for tropical management. *Int. For.Rev.*, 2: 261-270.
- [7] Doucet, J. L., 2003. L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. Thèse de doctorat: Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux, 323p.
- [8] Ebert, S. J., 2004. Silvicultural potential of *Milicia excelsa*: Working paper n° 18. Freiburg: Germany: I-TOO, 4p.
- [9] Daïnou, K., Doucet, J-L., Sinsin, B. & Mahy, G., 2012. Identité et écologie des espèces forestières commerciales d'Afrique Centrale: Les cas de *Milicia* spp (Synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron.Soc. Environ*, 16 (2): 229-241.
- [10] Traissac, S. M., 2003. Dynamique spatiale de *Vouacapoua americana* (Aublet), arbre de forêt tropicale humide à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1, 184 p. + 38 Annexes.
- [11] Rabiou, H., Diouf, A., Bationo, B. A., Mahamane, A., Novigno Segla, K., Adjonou, K., Radji, R., Kokutse, A. D., Kokou K. et Saadou, M., 2015. Structure démographique de peuplement naturel et répartition spatiale des plantules de *Pterocarpus erinaceus* Poir dans la forêt de Tiogo en zone soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (1): 69-81. ISSN 1997-342X.
- [12] Nicotra, A. B., Chazdon, R. L. & Iriarte, S. V. B., 1999. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. *Ecology*, 80 (6): 1908-1926.
- [13] Hyatt, L. A., Rosenberg, M. S., Howard, T. G., Bole, G., Fang, W., Anastasia, J., Brown, K., Grella, R., Hinman, K., Kurdziel, J. P. and Gurevitch, J. 2003. The distance dependence prediction of the Janzen-Connell hypothesis: a meta-analysis. *Oikos* 103: 590– 602.
- [14] Cuma, M. F., Useni, S. Y., Nge, O. A., Munyemba, K. F., Ngoy, S. M. & Pierre, M., 2014. Interactions inter/intra stades de développement et régénération de *Pterocarpus angolensis* en population naturelle dans le miombo du Katanga méridional. *J. Appl. Biosci.*, 73: 6020-6026.
- [15] Nichols, J.D., Agyeman, V.K., Balfour, F., Agurgo, F.B., Wagner M.R. & Cobbinah, J.R. 1999. Patterns of seedling survival in the tropical African tree *Milicia excelsa*. *Journal of Tropical Forest Ecology*, 15: 451-461.
- [16] Ofori, D.A., 2007. *Milicia excelsa* (Welw.) C.C.Berg. In Louppe D., Oteng-Amoako A.A. & Brink M., eds. *Prota: Timbers/Bois d'œuvre 1*. Wageningen, The Netherlands: PROTA, 21p.
- [17] Daïnou, K., 2012. Structuration de la diversité génétique du genre *Milicia*: taxonomie, phylogéographie, dynamique des populations. Thèse de doctorat. Université de Liège - Gembloux Agro- Bio Tech, 178 p.
- [18] Nzekwe, U. & Uju, G. C., 2008. Studies On the Seed Germination and Seedling Growth and Development of Bitter Kola (*Garcinia kola* Hekel). *Niger. J. Botay.*, 20 (2): 335-341.
- [19] Nzekwe, U., Ubani, C. S., & Ajuziogu, G. C., 2013. Effects of seed pre-treatment and media on seed germination and seedling growth of Iroko, *Milicia excelsa* (Welw.) C.C. Berg moraceae, Syn. *Chlorophora excelsa*. *Afr. J. Agric. Res.*, 8 (18): 2057-2062.
- [20] Agyeman, V. K., Ofori, D. A., Cobbinah, J. R. & Wagner, M. R., 2009. Influence of *Phytolyma lata* (Homoptera: Psyllidae) on seedling growth of *Milicia excelsa*. *Ghana J. Forestry*, 25: 28-39.

لغة التدريس بالمغرب بين المجتمعي والسياسي: دراسة في السياسة اللغوية لتدريس العلوم في المدرسة المغربية

[The language of teaching in Morocco between society and politics: Study of the language policy of teaching science in the Moroccan school]

عبد الاله فطيش¹ و المهدي صلك²

¹ طالب باحث، كلية الاداب والعلوم الإنسانية ظهر المهرارز، فاس، المغرب

² طالب باحث، كلية علوم التربية، جامعة محمد الخامس، الرباط، المغرب

Salk Elmehdi¹ and Ftaich Abdelilah²

¹Research Student, Faculty of Arts and Humanities, Dahr Al-Mahraz, Fez, Morocco

²Research Student, Faculty of Education Sciences, Mohammed V University, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Language is an essential tool to raise the quality of education, as it is a vital symbol of the national identity, and an essential pillar to reduce some of the problems that hinder the educational process in the Moroccan school, which examined the study, sought a major pillar of this process, which is the language of instruction in the Moroccan school, based on several topics that were the most important:

- Diagnosing the linguistic situation in Morocco, explaining the most important variables and aspects affecting it, and highlighting the effects of multilingualism in light of the struggle of values and references and the question of identity.
- A review of the most important goals and principles on which the teaching language approach within its original environment.
- Explain the relationship between the Arabic language and the teaching of science, and how to use it to raise the level of learning, especially related to scientific subjects.
- The article's openness to new horizons for the development and deepening of research, in order to raise the quality of language related learning in the Moroccan school.

KEYWORDS: language, multilingualism, Moroccan school.

ملخص: تعتبر اللغة أداة أساسية للرفع من جودة التعليم، باعتبارها رمز حيوي للهوية الوطنية، وركيزة أساسية للحد من بعض المشكلات التي تعترض العملية التعليمية بالمدرسة المغربية، سعى هذا المقال الذي تناول بالدراسة ركيزة رئيسية من ركائز هذه العملية، وهي لغة التدريس في المدرسة المغربية، انطلاقاً من مباحث عدة كان أهمها:

- تشخيص الوضع اللغوي بالمغرب، وبسط أهم المتغيرات والجوانب المؤثرة فيه، وإبراز آثار التعددية اللغوية في ظل صراع القيم والمرجعيات وسؤال الهوية.
- عرض لأهم الغايات والمبادئ التي تنبني عليها مقاربة لغة التدريس، ومقاربتها داخل بيئتها الأصلية.
- تبين العلاقة القائمة بين اللغة العربية وتدريس العلوم، وكيفية استغلالها من أجل الرفع من مستوى التعلّات خاصة المرتبطة بالمواد العلمية.
- انفتاح المقال على آفاق جديدة للتطوير وتعميق البحث، من أجل الرفع من جودة التعلّات المرتبطة بالسياسة اللغوية في المدرسة المغربية.

كلمات دلالية: اللغة، التعددية اللغوية، المدرسة المغربية.

تقديم

يتميز المشهد اللغوي في المغرب بمتصلين لغويين (لا ثالث لهما)، كما يوضح ذلك الدكتور عبدالقادر الفاسي الفهري، يحددان الهوية اللسانية التي نشأت ونمت على هذه الأرض: (أ) متصل عربي يضم اللغة الفصحى، والعامية الدارجة ذات الأصول الهلالية الشمالية، واللغة الوسيطة التي يستعملها المثقفون أو المتمدرسون في أحاديثهم الثقافية أو الإعلامية أو العلمية، والחסانية في الجنوب الصحراوي.

(ب) المتصل الأمازيغي بلهجاته المتداولة في سوس والريف والأطلس، واللغة الناشئة في المعهد الأمازيغي. ويمكن أن نجزم بأن تاريخ تعايش هذين المتصلين خلال ما يقرب من 12 قرناً ظل خطياً، لم يعرف أي نزاع لغوي يذكر بين ألسن الهوية، فيما وصل إلينا من أوصاف، وأن التفكير في إعادة تشكيل الوضع اللغوي بالمغرب بدأ مع فكر الحماية، ولباعز منه، وامتد إلى مابعد الاستقلال. وقد برز في العقدين الأخيرين عداوة اللغة العربية الفصحى يؤطره أجنب، وتنبهاته وتغنيه نخبة ذات نفوذ سياسي واقتصادي وإعلامي وثقافي وأدبي. وهو عداوة حال دون خطط الارتقاء باللغة العربية، وتجديدها وتطويرها. وساهم بشكل مباشر في إفشال نظام التربية والتعليم وكان له تأثير مباشر على أزمة لغة التدريس في المدرسة المغربية. وقد حال هذا البخس كذلك دون تشكل مشروع مجتمعي مغربي ديموقراطي، حدائي، عادل ومتحرر، ومشروع معرفي ثقافي يبلور هوية متميزة ومتحررة، ومندمجة في الهويات المعرفية والمرجعية الكونية.

منذ الثورة اللسانية التي دشنتها أعمال فرديناند دوسوسير Ferdinand de SAUSSURE في بداية القرن الماضي، أظهرت الدراسات والأبحاث اللسانية المعاصرة بكل تخصصاتها بنيات وخصائص اللغة، وانحسرت أسرارها بالكشف عن القوانين التي تحكمها مع جعلها موضوعاً للدراسة والبحث وفي تناول المعرفة الإنسانية، بل وأضحت العلوم اللسانية بفعل التحول في النسق المعرفي للدراسات اللغوية بمثابة أم العلوم نظراً للتأثير الذي مارسه على العلوم الأخرى التي تبنت المنهج الذي جاءت به اللسانيات. وبدون أن ندخل في تحليل هذا المد الذي تجلى في التيار البنوي أو ما بعد البنوي، نعتبر أن الدرس الذي نستخلصه من هذا التراكم المعرفي، يتمثل في ضرورة تجويد الخطاب حول اللغة من نزعات العاطفية ومن أدبيولوجية المواقف والخطاب النصالي، مع إخضاع وضع اللغة للتفكير العقلاني وللفاعلية الفكرية، وذلك بفتح حقل من الأسئلة.

تتميز اللغة بكونها ظاهرة متعددة الأبعاد، لتبدو كمجال يلتقي فيه التاريخي والثقافي، السياسي، والمجتمعي، والاقتصادي. يمكن أن نستعمل مقولة مارسيل موس ونعتبر بأن اللغة هي "ظاهرة اجتماعية كلية"، لأنها محل التقاطع بين ما يعود للاستعمال الاجتماعي لتلك اللغة، وما يتعلق بمصالح الأفراد أو الجماعات، والدوافع الفردية والجماعية والإيديولوجية، وبالاقتصادي الذي قد يحدد مكانتها. إذا كانت اللسانيات المعاصرة قد أولت الاهتمام للغة كمنظومة لها منطق داخلي، فإن العلاقة الخارجية لها مع اللغات الأخرى ووضعها في المجتمع وعلاقتها بمختلف الشرائح الاجتماعية وبالمجال والثقافة والسياسة والإيديولوجيا، تستدعي مقاربات سوسيولوجية وأثنولوجية وتاريخية وجغرافية وسياسية. فاللغة هي موطن التصورات الثقافية والاجتماعية والأنساق الرمزية للمجتمع، فالواقع الذي يجعل الوعي الجمعي يستوطن فيها هو نفسه الذي يجعلها موضع رهانات مجتمعية وأيديولوجية وسياسية. ولذلك قد تستهدف اللغة، بإحكام المصالح الفردية والجماعية، والنزعات التحررية أو الإقصائية، وهواجس الهوية، من قبل حركات تسعى إلى الاستيلاء أو التأثير على ذلك الوعي الجمعي الذي تحمله اللغة.

بعد هذا التقديم المقتضب لما يعرفه المشهد اللغوي بالمغرب، سنخرج على الأساس الذي سنبنى عليه مقالنا والمتمثل في بسط مفهوم لغة التدريس، باعتبارها العصب الذي يقوم عليه أي إصلاح داخل منظومتنا التربوية، وهذا بالأساس يجرنا إلى مناقشة الاختلالات المرتبطة بسياسة اللغوية المعتمدة والتي لها تأثير مباشر على المنظومة التعليمية وكذا جودة التعليم، فيقيد هذا ضمناً أننا سنبرز الأساس الذي يجب أن ينبني عليه اختيار لغة التدريس وعلاقته بين ماهو مجتمعي وماهو سياسي إيديولوجي.

يمكن إجمال الأسئلة الإشكالية المرتبطة بهذا المقال في الآتي:

أي تدبير للغة التدريس في المدرسة المغربية؟ بأي أفق؟ ومن أجل أية وظائف وأهداف؟ هل تعتبر اللغة العربية لغة لتدريس العلوم؟ وكيف يمكن تدبير مسألة التعدد اللغوي الراهن في المغرب وبالتالي ضمان تعدد سليم ومتوازن يضمن ديموقراطية لغوية؟

1 سؤال اللغة الوطنية في السياسة التعليمية

للحديث عن السياسة التربوية اللغوية، يجدر بنا أولاً استحضار المقصود من المنظومة التربوية، ثم أهمية اللغة في تلك المنظومة، فنعني بها في هذا المقام وبدلالة الموضوع الذي نحن بصدد، تلك المراحل التعليمية الهرمية التي يتدرج في سلمها المعرفي كل مواطن وفقاً لقدراته كحق من حقوقه في المواطنة، اقتضته شروط استكمال النمو والنضج والتأهيل الشخصي للمشاركة في الانتاج والمجهود الوطني الكلي بفعالية في إطار العقد الاجتماعي المدني، أي من حق كل فرد أن يتعلم الخبرة التشاركية وآلياته (كاللغة، والرياضة، والأخلاق، والعلم الطبيعي، والبيولوجي، والعلم الاجتماعي والنفسي، الخ).

فاللغة بالنسبة للمنظومة التربوية وفقاً لمقتضيات العقد الاجتماعي وشروط التأهيل، تعد العجلة التي تتيح حركية المعرفة في كل فروعها وحقولها، وهي العجلة التي يتم بها نقل المعرفة وبحث المعرفة وإنتاج المعرفة، وهي العجلة التي يتم بها نقل الذات إلى الثقافة وإلى الآخرين، ونقل الآخرين إلى الذات، إنها العجلة التي تجعل العلوم وكذا الناس في العلاقات البينية والإرساء في مواقع ما يسميه الفيميولوجيين (البيندائية)، ومما لا شك فيه أن المواطنة قد تعززت كثيراً بإنتاج اللغة المشتركة، وقللت من خطورة التمرکزات القوتية في اللهجات أو اللغات الخاصة، وكما هو متحسن في علم السوسيولوجيا، أن تقارب الفئات الاجتماعية بما تنتجه من اتفاق سوسيولوجي، أو عقد لغوي تفاهمي تقاربي، فإنه أيضاً يعد من الحسن أن تقارب العلوم في مصطلحاتها حتى تكون علوماً ممتدة إلى بعضها، دون أن تفقد خصوصياتها اللغوية، ومن الحسن أن تقارب الأعراق في ألسنتها، حتى تمتد خبراتها لبعضها.

تطورت مشكلة تعليم اللغة في البحوث العلمية الأكاديمية وتراوحت في تطورها بين من يؤسسها على معتقدات فلسفية وميتافيزيقية وأدبية واجتماعية ولسانية، وفي ضوء هذا المنحى الاعتقادي العام، طورت استراتيجيات ديداكتيكية عدة، في تدريس اللغة، وفي المقابل هناك من يؤسسها على مركزية الدماغ والنظام العصبي ومعطياته في المعالجة المعرفية للمثيرات التربوية في وضع تدريسي محدد.

فارتبطت معالجة المسألة اللغوية في التربية في المقاربات المستندة إلى المعتقدات، بمفاهيم تتعلق بمهابة اللغة ذاتها كظاهرة صوتية ونحوية، ومفاهيم تتعلق بنظام الاكتساب اللغوي كظاهرة ثقافية مجتمعية وقوة وسلطة المثير، فتأثر نظام الاكتساب التعليمي (المحاكاة) بمقولات بيداغوجيا المعلومات والتمثيلات، وبمقولات التمايز الثابت بين مراحل النمو، والتمايز بين الفئات العمرية والطبقية والأيديولوجية، وصعوبات تعلم اللغة العائدة إلى الثقافة المجتمعية، وصعوبات تعود إلى اللغة ذاتها من التراكيب النحوية والأدبية واللسانية... الخ. في حين ارتبطت في المقاربات التربوية للغة المستندة على معطيات الدماغ بمفاهيم النظام المعرفي النفسي، كأنظمة الذاكرة والتفكير والتذكر والذكاء والتصور والتخيل والإحساس والإدراك، أو بمنظور "تشومسكي" القائل بفطرية اللغة عند الإنسان، وضرورة التعاطي معها كما لو أنها ملحقة بالأنظمة البيولوجية والعصبية والعقلية. مما

عزز البحث في الربط بين التعليم وعلم اللغة لاسيما في بعده اللساني (أي اللسانيات التطبيقية) في ضوء مفهوم الكفاية، من حيث هي من منظور تشومسكي قدرة المتعلم على إنتاج وتأليف عدد لا نهائي من التوليفات والتركيب اللغوية. والمسافة بين المقاربات الديدانتيكية ومحاولات التنقل بين هذه المقاربة وتلك، أصبحت من المواضيع أو الظواهر المشككة أكاديميا في التربية، حيث تتدخل عدة علوم في الشأن اللغوي البيداغوجي وتتجاذبه، كعلم النفس وعلم الاجتماع واللسانيات وعلوم الاتصال. ذلك فضلا عما تثيره مشكلات النقل الديدانتيكي للمعرفة عبر عمليات تشكل المفهوم وبنائه في مراحلها الثلاثة كما هي عند برومر (حسية، فإيقونية، فرمزية). ذلك أن المعرفة الواجب تدريسها (المدرسية) ليست هي المعرفة المتداولة لدى العلماء والمتخصصين، والمعرفة التي يتعلمها الطفل والمتداولة في القسم، ليست هي المعرفة الواجب تعلمها. فالتغيرات التي تحدث عبر هذه التنقلات، هي ما يسمى بالنقل الديدانتيكي، ومن ثمة فالوسط الأصلي للمعرفة، إنما يمر حتما بمصفاة السياسة التربوية ويخضع لها.

ويعتقد في إدراج هذه النظريات والمقاربات الديدانتيكية كمرجعيات عليا في إدارة الشأن البيداغوجي اللغوي، من شأنه أن يحمي السياسات اللغوية من طغيان المقاربات الأيديولوجية والاستقطابات الحادة، إلا أن انحياز المستعربين التربويين لهذه النظرية العلمية أو تلك، أطاح بها في عمق الاستقطاب الأيديولوجي، فصارت هي الأخرى أيديولوجيات بيداغوجية، يطغى عليها أساليب الهيمنة والسلطة، حيث ساد الاستقطاب المركب (البيداغوجي، والديماغوجي، الأيديولوجي). ومن ذلك ما نلاحظه في تشنج المقاربات العقلانية للمسألة اللغوية واتخاذ منطلقاتها مداخل علمية رياضية أو أدائية، وأخرى نظامية (تحليل النظم) وأخرى رضوية (رضا الأطراف واستحداث التوازن...) الخ. كأساس لرفض اللغة الوطنية كهوية، حيث أنهم يلحون على الاستناد إلى ما يمكن أن نسميه المشروع العلمي، بدل الشرعية الدينية أو التاريخية أو السياسية في اتخاذ أي قرار تجاه السياسة اللغوية التربوية. مع أن مسألة اللغة العربية هي في عمق المسائل الاجتماعية لا تستطيع المقاربات الموصوفة بالموضوعية والعلمية القائمة على الترييض والتكميم (كدراسة الاتجاهات نحو اللغة العربية، وصعوبات تعلم اللغة، ومستويات التحصيل اللغوي، والقدرة على التواصل اللغوي وعلاقة اللغة بالقدرة على الفهم أو الإدراك، وحساب المفردات والجمل وتحليل النصوص وتكميمها... الخ أن تلج إلى طبيعة الصراع اللغوي وتفسره، ومن ثمة ففهمه ومعالجته في عمقه، فكل هذه الدراسات، وإن هي ضرورية كمؤشرات ومعطى حسي وواقعي، إلا أنها لا يمكن أن تكون بعقلانياتها ولا بمشروعيتها العلمية التجريبية تلك، بدلا عن الشرعية الدينية والتاريخية في اتخاذ أي قرار بشأن اللغة في المنظومات التربوية من هنا يجزا الحديث إلى بسط مفهوم لغة التدريس في المدرسة المغربية من خلال تبيان علاقاتها التواصلية وكذا مبادئها وغاياتها.

2 لغة التدريس: تعريف

2.1 لغة التدريس والوظيفة التواصلية

اللغة وسيلة للتواصل بين أفراد المجتمع الواحد بحكم امتلاكهم لها. فهي مؤسسة اجتماعية لسانية لها سلطانها على الناطقين بها. فهي المرآة العاكسة لصورهم الثقافية والدينية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية وغيرها. واللغة كائن حي - وحياتها استعمالها وموتها إهمالها - يعثرها ما يعثره من سنن التغير، تقوى وتتوهج تارة، وتضعف وتخبو تارة أخرى، وعوامل ذلك كثيرة منها: القوة العسكرية والسياسية والاقتصادية، وأقوى هذه العوامل عامل القوة العلمية التي تكتسب بلغة التدريس في المدرسة. بادئ ذي بدء وجب التأكيد على عملية ضبط المصطلحات وبناء الحدود الدلالية بينها، لم يعد ترفا علميا يمكن الاستغناء عنه تحت عبارة "لا مشاحة في الاصطلاح"، فكلما تداخلت مفاهيم المصطلحات شاب سوء الفهم عملية التواصل المعرفي، وازداد المتلقي حيرة، ومن المرسل نفور، وفي ذلك تضيق للجهد والمال والوقت، ولذلك صار توحيد المصطلح هما يشغل كل الباحثين في كل الميادين من هنا وجب الوقوف على مفهوم لغة التدريس ومحاولة بسطه.

عرفت لغة التدريس صيرورة تاريخية غنية، أفادت بشكل خاص من الإسهامات المتوالية في ميدان علوم التربية والتواصل، فنجد مفهوم "لغة التدريس" في جل الأطر المؤسسة لهذا الموضوع، مرفوقا بنعت "التواصلية". Language teaching Communicative " في إشارة واضحة إلى البعد والعمق التواصلين، المرجو تحقيقهما. وللتمييز بينها وبين شكلها الكتابي، المعتمد على إنتاجات المتعلمين الكتابية، والطريقة التي يمر بها المدرس درسه كتابيا. تم الاشتغال بلغة التدريس - ابتداء - كمقاربة لتدريس اللغة الأجنبية أو الثانية، وذلك لكون الغاية من تدريس اللغة هو تحقيق الكفاية التواصلية، التي تسعى إلى التواصل الهادف، واستعمال اللغة وسيطا في التواصل في أنشطة وسياقات اجتماعية متنوعة. وذلك بناء على مهارات السماع والمحادثة والقراءة، ثم تتجلى نتيجة ذلك بشكل واضح في إنتاجات المتعلمين الشفهية والمكتوبة. ويمكن اعتبار لغة التدريس من أوضح المقاربات التواصلية في التدريس دقة وتخطيطا، بدلا من كونها طريقة في التدريس، فلها وضع محدد وواضح في الممارسات اللغوية والتواصلية الصفية. ويرجع ذلك إلى المرجعية التي اعتمدتها المقاربة التواصلية؛ إذ ارتبطت "بتعليم اللغات الأجنبية وتعلمها أساسا. وقد نشأت أول ما نشأت في البلدان الأنجلوساكسونية قبل أن تفرض نفسها في فرنسا، ثم في باقي البلدان الفرنكوفونية في منتصف السبعينيات من القرن الماضي. ويمكن الرجوع بالأسس النظرية لهذه المقاربة إلى العالم اللغوي نوحام شومسكي NoamChomsky، الذي يرى أن الكائن البشري يتوفر على قدرة فطرية لفهم الرموز اللغوية" ولترتكز هذه المقاربة التواصلية - أيضا - بقوة على السماع، الذي يطبق كمنشط يتم تجريبه في فهم الآخرين، وقياس صحة ومناسبة المعلومات الراجعة، سواء فيما يتعلق بأجوبة المتعلمين عن أسئلة المدرس، ومدى فهمهم لغة التي يستعملها، أو ما يرتبط باللغة التي يبسط بها المدرس مكونات درسه أثناء شرحه.

وبهذا تلامس لغة التدريس مختلف جوانب العملية التعليمية التعلمية، فلكل وضعية تعليمية لغتها الخاصة التي تفضي إلى اكتساب جيد للمعارف المتعلمة. وبحسب كل مكون تتخذ لغة التدريس شكلا خاصا، يساهم في بناء تواصل لغوي سواء أكان مكونا قرائيا أم تعبيريا، أم خاصا بالقواعد النحوية وأساليب البلاغة، أم في أنشطة التقويم الإجمالي التي تروم دعم وتثبيت تعلمات المتعلمين ومكتسباتهم.

2.2 غايات لغة التدريس

تبتغي مقاربة لغة التدريس اختبار مدى تحقق الأهداف المسطرة للغة التدريس، ومناهجها ووسائلها وأنشطتها الصفية. كما أن بعضها من مبادئها يندمج مع المقاربات التواصلية، لكون الغاية التواصلية مهمة رئيسة للغة التدريس، ومعين في تعلم اللغة وتعليمها، واكتساب المعارف المبتغاة.

إن الهدف الأساس من لغة التدريس هو تطبيق المقاربة النظرية للكفاية التواصلية؛ من خلال جعلها هدفا للغة التدريس وتثبيت التبادل الموجود بين اللغة والتواصل. فإذا تحقق تمكن المتعلم من التواصل والتعبير عما يريد بلغة سليمة صرفيا وتركيبيا، وموافقة لمتطلبات المواقف الخطابية، والسياقات الاجتماعية، أمكننا القول وقتئذ أن لغة التدريس بلغت غايتها المرجوة منها. وللمدرس دور المهم في عملية تجويد لغة التدريس وتيسيرها للمتعلمين، تنسيقا وتصحيحا وتوجيها. في مزاجه معرفته النظرية، التي تمتع من المقاربات الحديثة في تعلم اللغات وتعليمها، وبما أفاده من تجربة ميدانية، أتاحت له فرصة معرفة مكان الضعف لدى المتعلمين ومواطن ثغراتهم.

كما يعمل المدرس على تسهيل التواصل في القسم. وفي هذا الدور، تكمن كبرى مسؤولياته؛ أي تأسيس الوضعيات الملائمة حتى يتعزز التواصل. فخلال الأنشطة يقوم بدور الموجه والمُرافق، يجيب عن أسئلة المتعلمين، ويراقب أداءهم. ويمكنه أيضا تسجيل ملاحظات عن ثغراتهم، حتى يعمل على تصحيحها في وقت لاحق أثناء أنشطة التثبيت.

لتركز أهداف المدرس من استعمال لغة التدريس، في أن يهيئ المتعلمين للتواصل تبعاً لأغراض اللغة؛ فهم بحاجة إلى معرفة البنى اللغوية ومعانيها ووظائفها، والأساليب التي تمكنهم من القيام بوظيفة ما. وأن شكلاً واحداً- أحياناً- يخدم وظائف متعددة. لذلك كان لزاماً عليهم اختيار أسلوب واحد منها، يكون الأنسب للسياق الاجتماعي، وأحوال المخاطب.

2.3 مبادئ لغة التدريس

تتأسس مقارنة لغة التدريس على مبادئ عدة، تتمحور في أغلبها على جعل المتعلم قطب رجلي العملية التعليمية التعليمية؛ فالمتعلم بحاجة إلى إطار بيداغوجي علمي رصين، يضمن له تحكماً لغوياً وتواصلية بغية إتقان أهداف المنهاج التعليمي، فيما يرتبط بالكفايات الوظيفية. وقد عرفت مبادئ لغة التدريس في سياقها التاريخي بلورة وتطوراً، إلى أن غدت لأئحة من المميزات والمبادئ العامة، التي تركز على قاعدة علمية دقيقة تفيد من علوم متنوعة. ومن أهم الذين ميزوا هذه الأئحة دافيد نونان Nunan David، في كتابه "منهجية لغة التدريس"، دليل المدرسين Language Teaching Methodology, book of teachers a text الصادر سنة (1991)، ليعود إليها بمزيد من التفصيل في كتاب لاحق صدر سنة (2004)، حيث حدد للغة التدريس خمس مميزات، مهمتها البيداغوجية الرئيسة تقوية المبادئ والممارسات التالية:

- يكون التركيز في التعليم على التواصل من خلال التفاعل تبعاً لأغراض اللغة؛
- تقديم النصوص الأصلية خلال وضعيات التعلم؛ - يتم توفير الفرص للمتعلمين بشكل كاف، ليس من أجل اللغة وحدها، بل لتدبير سيرورة التعلم؛
- تثمين تجارب المتعلمين الشخصية، كمكون مهم يساهم في التعلم الصفي؛
- السعي إلى ربط التعليمات اللغوية الصفية، بالأنشطة اللغوية الجارية خارج القسم.

مثّلت هذه المميزات التي خطّها نونان قاعدة مرجعية، عمل الباحثون من بعده على تطويرها، وضبطها لتصير ملائمة أكثر لمتطلبات المتعلمين وحاجياتهم. كما نجد بسطاً آخر لهذه المبادئ، حاول فيه الباحثان جاك ريتشارد Richards Jack وريتشارد شميدت Schmidt Richard، من خلال إصدارهما لقاموس "لغة التدريس واللسانيات التطبيقية" تضمن أغلب المفاهيم والمصطلحات المكونة لحقل لغة التدريس.

نتلخص أهم المبادئ الواردة في قاموس لغة التدريس في:

- يستعمل المتعلمون اللغة من خلال استعمالها في التواصل؛
- يجب أن يكون التواصل الأصلي والهادف غاية للأنشطة الصفية؛
- من أهم أهداف لغة التدريس الفصاحة والتمكن اللغوي التواصل؛
- ينطوي التواصل على دمج مختلف مهارات اللغة؛
- التعليم سيرورة من التكوين البنائي المدمج للتجربة والخطأ.

فلا تنحصر مقارنة لغة التدريس في إجابات المتعلمين عن أسئلة مدرّسهم، أو الإجابات الصادرة عن المدرس حين طرح أي سؤال فحسب؛ بل تشمل كذلك كل الأنشطة التي تجري داخل الفصل؛ كبعث العبارات التي لا تدخل بشكل مباشر في بناء الدرس، لكنها تدخل في نطاق اللغة المستعملة في القسم: كحديث شخصي بين المدرس وأحد المتعلمين، أو حين حضور أحد الإداريين للاستفسار عن أمر، أو طلب أحد المتعلمين الخروج لقضاء حاجة ما... إلخ. لنثبت في ذهن المتعلم أن بإمكانه استعمال اللغة في كل مناحي الحياة، وليس قصراً في مواضع محددة ومواقف بعينها.

كما يستوجب العمل بهذه الأنشطة وعي المدرس بالغايات المقصودة منها، والكيفيات السليمة لإنجازها، والطرق الأنجع لاستثمار نتائجها. ولا سبيل تفضي إلى ذلك إن لم تكن لغة التدريس دلائل مرجعية وأطر منظّمة، تبين أهميتها وجدواها، وكيفية إدماجها في مهارات وتطبيقات تعين المتعلمين على التمكن منها.

3 اللغة العربية وتدريس العلوم

يجمع علماء اللسان اليوم على أن اللغة ظاهرة إنسانية للبشر كافة ولا يعابون بالتفريق بين لغة وأخرى. وهي في نظر علماء الاجتماع واقع اجتماعي قائم وظاهرة اجتماعية متفاعلة وقوة إنسانية إرادية مفكرة ومعبرة في المجتمع.

إن معالجة اللغة على هذا الأساس هي إحدى المسائل النظرية الرئيسية لللسانيات العامة، وهي مسألة أخذت بها جميع المدارس اللسانية الروسية والإنكليزية والفرنسية والأمريكية.

واللغة عند الفلاسفة والمناطق والمفكرين أداة التخاطب الجماعية بها يتواصل الناس وتنقل الأفكار والعواطف والرغبات فهي تساعد على التفكير وهي عند بعضهم نمط من السلوك وضرب من العمل. واللغة في نظر اللسانيين نظام من الأدلة والعلامات المتواضع عليها بين جماعة من المتكلمين للتعبير عما يريدون فهي وسيلتهم للاتصال والتفاهم.

إن اللغة مهما كانت طبيعتها وخصائصها تستطيع أن تؤدي الوظيفة الأساسية وهي التبليغ والوظائف المرتبطة بها، ولم نسمع أن عالماً لغوياً ادعى غير ذلك، فليس هناك علاقة جدلية بين اللغة وأدائها لوظائفها المختلفة من جهة وبين التحضر والتحصيل من جهة ثانية بل إن مثل هذه العلاقة تُلمس عند أصحاب اللغة ومستخدمها، ومقدرة اللغة على التعبير عن العلم أو النفس أو الكون، عن المجهول أو المعلوم، عن أدق التفاصيل أو أكثر الصياغات تجريدا هي مقدرة حاملها على تطويعها وتهيتها وتمكينها من ذلك، وصلاحيها لاكتساب العلم واستيعابه وإنتاجه يعني صلاحها لهذه المهمة. ومن يقول بغير ذلك فهو إما عارف يحرف أو جاهل يخرف. فبالتالي وجب إبراز طبيعة اللغة وخصائصها وأهلية هذه اللغة لتدريس العلوم.

3.1 طبيعة اللغة وخصائصها

تختلف اللغة عن وسائل التبليغ الأخرى فهي ظاهرة اجتماعية قديمة قدم الإنسان استعمالها على مر العصور والحقب بأشكال مختلفة وتطورت وتنوعت واختلفت بعضها عن بعض واختلف العلماء في منشئها ولهم في ذلك آراء ونظريات. و تكمن أهمية اللغة في كونها أداة البشر في التواصل والتفاهم ووسيلتهم في تحصيل المعارف والعلوم ونقل الحضارة والتراث والتاريخ. ورد ذكرها في القرآن الكريم قال سبحانه وتعالى: "وعلم آدم الأسماء كلها ليستخلفه في الأرض."

ومن أجدود تعريفات اللغة التي وصلتنا من علمائنا العرب ما قاله ابن جني:

"اللغة أصوات يعبر بها كل قوم عن أغراضهم" ففي هذا التعريف على الرغم من مضي عشرة قرون عليه يشير إلى بعض خصائص اللغة البشرية التي لم يتناولها علماء اللغة إلا في منتصف القرن الماضي.

فاللغة ذات طبيعة بشرية يولد الإنسان وهو قادر على اكتسابها بصرف النظر عن خصائصها وصعوبتها بل ويبدع فيها إذ لا يكتفي بالتقليد، ويحدث هذا الاكتساب في مراحل متلاحقة وبالتدرج وما أن يصل سن الخامسة حتى يكتمل لديه نظام اللغة بأسره وما يحصل بعد ذلك هو من قبيل الزيادة في الثروة اللغوية وتنوع الأساليب.

ومن أدق التعريفات الحديثة قول العالم الفرنسي أندري مارتيني صاحب النظرية الوظيفية في اللسانيات:

"إن اللسان أي لسان كان هو أداة تبليغ يحصل على مقياسها تحليل لما يخبره الإنسان، أي ما يعلمه بالتجربة سواء كانت حسية أم ذهنية، على خلاف بين جماعة وأخرى بين ذوي الألسنة المختلفة وينتهي هذا التحليل إلى وحدات ذات مضمون معنوي وصوت ملفوظ وهي العناصر الدالة على معنى أي الكلمات، ويتقطع هذا الصوت الملفوظ بدوره إلى وحدات مميزة ومتعاقبة وهي العناصر الصوتية أي حروف المباني، ويكون عددها محصورا في كل لسان وتختلف هي أيضا من حيث ماهيتها والنسب القائمة بينها باختلاف الألسنة".

ومن هذا التعريف نرى أن للسان عدة خصائص فقد أشار التعريف إلى أنه أداة تبليغ أي أنه يتميز بصفتين الأداء أي التخاطب بين أفراد الجماعة لتبادل المعلومات والأغراض بكيفية خاصة ويقتضي مفهوم الأداء وجود جهاز خاص يستعمل في تحقيق غاية معينة. أما التخاطب فيتطلب أمرين الأول نظام من الأدلة والعلامات والثاني هو أن اللغة مواضعة واصطلاح.

إن اللغة وإن كانت مهمتها الأساسية هي التبليغ إلا أن لها عملا آخر كأنه ملازم له وهو تحليلها للواقع الذي يظهر ويتحقق بظهورها وتحققها لأن الكلام هو فعل المتكلم إنما هو تقطيع يقع على حقيقتين مختلفتين في آن واحد وهما الصوت الذي يرسله المتكلم والمعاني أي ما يحصل له من المعلومات الإختبارية التي يريد إبلاغها إلى السامع.

وكما أن اللغة يختلف بعضها عن بعض في ماهية أصواتها ونظام أنبنتها فكذلك يختلف تحليل المعاني فيها والحق أن لكل لغة نظرة خاصة إلى الواقع نظرة أصحابها في الحقيقة ويستلزم هذا أيضا عدم مطابقتها للظواهر الفكرية. إن الأدلة اللغوية وغير اللغوية تتكون من مادة هي قوامها ومحملها تسميها الدوال ومن مضمون يحل هذا المحل وهو المدلولات. يختلف اللسان عن غيره من الأنظمة الدلالية لأنه صوت ملفوظ وتكون مادة هذه الأنظمة إما أنوار أو مادة صلبة أو حبرا أو حركات وقد تكون أصواتا لكنها غير ملفوظة أي غير حادثة في المخارج والأحياز الصوتية الإنسانية وهي ميزة تمتاز بها اللغة عن غيرها أي الصفة الصوتية الفيزيولوجية.

ويتربط عن هذا المظهر الصوتي أن اللغة بعدا واحدا مختلفة عن غيرها مما له بعدان أو ثلاثة أبعاد، فالصوت لا يحصل إلا متتابعا متسلسلا تتعاقب فيه عناصره الحرفية الواحد بعد الآخر فهو بهذا المعنى زمني خطي.

وتتميز اللغة بخاصية أخرى هي انقسامها إلى مستويين من التحليل هما التقطيع الأولي الذي تنتج عنه العناصر الدالة عن المعاني الإفرادية وهي الكلمة، والتقطيع الثانوي الذي يقضي إلى العناصر الصوتية غير الدالة التي تتركب منها الكلمة وهي حروف المبني.

وأهم شيء في اللسان وأخص صفاته هو الصورة الأدائية التي تنتج عن تأليف أجزاءه وانتظامها وهذه الصورة هي البنية اللسانية التي يهتم بها اللساني في مسالكها ومجاريها في عملية التبليغ.

3.2 اللغة المتخصصة أو لغة العلوم

إن اللغة من حيث هي نظام من الأدلة تقوم بوظيفة التبليغ عامة وتؤدي الوظائف الأخرى استجابة لحاجات المتكلمين وأغراضهم وهي بهذا المعنى تعتبر لغة مشتركة أو عامة مختلفة في ذلك عما يسمى لغة التخصص أو لغة العلم من حيث التخصص والتعميم، فاللغة المتخصصة ينحصر مجال استعمالها في علم واحد وميدان معرفي واحد وإن لم تختلف في بنيتها ونظامها عن اللغة العامة فهي جزء منها إلا أنها تختلف عنها في طبيعة ألفاظها وأصنافها وأنواعها. إن لغة التخصص تتكون من عناصر مفردة أو مركبة إما لفظية أو رمزية أو عددية أو مركبة منها جميعا أو من بعضها دون البعض الآخر. ومن أهم ما يميز اللغة العامة عن لغة العلم احتواء الأولى على ألفاظ ذات دلالة عامة واحتواء الثانية على مصطلحات علمية أو تقنية ويمكن أن نلخص بعض خصائصهما فيما يأتي:

إن المصطلح وثيق الصلة بالعلم الذي ينتمي إلى موضوعه فالعلاقة بينهما هي كالعلاقة بين الدال والمدلول فكل حديث عن الدال منفصلا عن مدلوله إنما ينطوي على فصل بين المتلاحقات وهو فصل لا يتجاوزه المنطق ولا يستسيغه الظن إلا باعتباره إجراء منهجيا لا غير.

إن علاقة المصطلحات على أساس أنها وحدات العلم وأجزاؤه المكونة له باعتباره كلا متكاملًا ونظامًا هي علاقة شائكة وكثيرا ما توقع من لا يمثلها من الباحثين تمثالا دقيقا في البعد عن الحقيقة وإثارة القضايا الزائفة.

فالخاصية الأولى للمصطلحات هي أنها وحدات العلم وأجزاؤه الصغرى وتمثالاته الأساسية ومفاتيحه وأوليياته التي يتوسل بها إلى إدراكه وفهمه وتجريد مضامينه وصياغة مقولاته وأفكاره.

والخاصة الثانية التي تتميز بها المصطلحات هي أنها متعددة بينما تتميز مفردات اللغة العامة بالوحدة، وذلك لوجود مستويات مختلفة لاستعمال اللغة وإن اتحدت هذه الاستعمالات في المفهوم الجامع بينها واختلقت في الدلالة الفعلية الناتجة عن السياق. ولا يمكن أن نجد مثل ذلك في المصطلحات لأنها مرتبطة بميدان محدد وإذا استعملت في ميدان آخر اختلف مفهومها وإلا إذا كانت من المصطلحات المشتركة بين العلوم وهو وضع خاص ببعض المصطلحات المشتركة بين العلوم، كما توجد مصطلحات عامة يتقاطع استعمالها في العلوم مع استعمالها في اللغة العامة.

وتختلف المصطلحات عن الألفاظ العامة بأنها غير عالية التواتر شديدة التغير بتطور العلوم تعتمد على الألفاظ العامة في التوليد ويمكن معرفة محتوى المصطلح بمعرفة مرجعه أو إدراك مفهومه بينما تعرف دلالات اللفظ العام من خلال السياق، كما أن المصطلح يدل على مفهوم واحد يلزمه مما يسمى "أحادية الدلالة". وهو أحد الشروط الأساسية لوضع المصطلحات العلمية، فالمصطلحات العلمية لا تقبل الترادف وإذا حصل ذلك فإنه يتسبب في الالتباس العلمي.

وتختلف المصطلحات عن الألفاظ العامة في أنها تنتمي في الغالب إلى صنف الأسماء ولا يوجد من الأفعال إلا القليل النادر.

أما اللغة العلمية فتتميز باحتوائها على نصوص مكونة من وحدات معجمية هي الوحدات التامة وعبارات غير لسانية يسميها بعضهم المقصرات الكتابية وهي إما ألفبائية أو رمزية عددية أو خاصة، كما تتميز بضبط المصطلحات وتنظيم المفاهيم وحياد الشعور والاقتصاد والإيجاز في الألفاظ والدلالات، ومراقبة المشترك وحذف المترادفات، وتوخي التبسيط والابتعاد عن العاطفية والذاتية.

3.3 اللغة وتدريس العلوم

في مجال تدريس العلوم يجب أن نميز بين عدة عناصر أولا عنصر اللغة ثانيا عنصر العلم وثالثا عنصر التعليم أي العملية التي يتم من خلالها توصيل المعارف المرتبطة بذلك العلم من أستاذ إلى طلبته في الأوضاع التقليدية وتتطلب هذه العملية كما هو معلوم أن يتحكم الأستاذ في ثلاث مسائل رئيسية هي:

- المادة العلمية التي يدرسها.
- اللغة التي يستخدمها في توصيل مادة علمه.
- التقنيات التعليمية الخاصة بتبليغ المعلومات العلمية والتي ترتبط بتكوينه في مجال أدائه لمهنته التي يقوم بها ويرتبط التحكم في تقنيات التعليم باستعمال الوسائل الحديثة والمستندات التربوية الخاصة بذلك.

وما يهمنا في هذا الباب هو مسألة اللغة التي تستخدم في تبليغ العلوم وهل يمكن أن تكون هناك لغة لها من الخصائص الذاتية ما يؤهلها لأن تكون قادرة أكثر من غيرها على أداء وظيفة توصيل المعلومات العلمية. وبالرجوع إلى الخصائص التي تحدثنا عنها وأجمع عليها علماء اللسان فإنه لا يجري التمييز بين اللغات في أداء وظيفة التبليغ ولا في وظيفة توصيل العلم وتحصيله والبحث فيه.

ولذلك فإن كل اللغات في ذلك سواء من حيث القدرة الكامنة وإنما يجري التفريق بينهما في مجال أدائها لوظيفة تدريس العلم باعتبار القدرة الفعلية وتطويع أهلها لها لتقوم بهذا الدور وليس من حيث مطلق الإمكان.

وهناك اعتبارات أخرى تجعل البعض يختار لغة دون أخرى غير أن هذه الاعتبارات تدخل في باب توافر الشروط والوسائل ومنها:

يصعب استعمال لغة ما في مجال تدريس العلوم إذا كانت هذه اللغة لا تشتمل على مفردات هذه العلوم، وليس لها المراجع الكافية ترجمة وتأليفا وينعدم فيها نشاط الترجمة ونقل المعارف من اللغات الأخرى ولا تكاد نجد فيها قاموسا متخصصا أو موسوعة علمية تضم بين طياتها أنواع المعارف وأصناف المعلومات عن الطبيعة والكون التاريخ والحضارة وعن العلوم والمعارف.

ويوجه عام فإن أهل اللغة هم الذين يجعلون منها أداة طيعة تؤدي ما يريدون من وظائف التبليغ والتخاطب والتعبير عن المشاعر والعواطف وعن مسالك الحياة العامة وعن الحضارة والتاريخ وعن مشارب العلوم ومذاهبها وعن العمران والهندسة والطب والفلك وعلوم الطبيعة والكون أما إذا توانوا دون ذلك فإن اللغة تجمد بجمودهم وتنطفئ جذوتها بكسلهم وركودهم.

3.4 العربية لغة العلوم

إن تاريخ اللغة العربية حافل بتجارب التاريخ التي تؤكد قيام اللغة العربية بدور مشرق في الاستعمال العلمي فهو أمر يقره الأعداء قبل الأصدقاء. فقد أتيح للعرب أن يحققوا نهضة علمية امتدت زمنا لا يقل عن الخمسة قرون ومكانا من تخوم الصين إلى سواحل الأطلس وبلاد الأندلس وجزر المتوسط ومن أقاصي طشقند إلى منابع النيل في أواسط إفريقيا، وكان المعين الذي استقت منه هذه النهضة هو العقل والسبيل الذي سلكته هو سبيل التجريب والاختبار.

وعبر عن ذلك ابن البيطار قائلا:

"فما ثبت لديهم بالخبرة لا بالخبر وصح عندهم بالمشاهدة والنظر إذ خروء... وما كان مخالفا في القوى والكيفية والمشاهدة الحسية هجره"

وقال جورج سا رطون في كتابه تاريخ العلوم:

"لقد كان العرب أعظم معلمين في العالم وقد زادوا على العلوم التي أخذوها ولم يكتفوا بذلك بل أوصلوها إلى درجة جديرة بالاعتبار من حيث النمو والارتقاء."

ودار الزمن دورته وأصيب العرب بويل الاستعمار فترة من الزمن تفتش فيها الجهل والتخلف إلى أن انتفضت الشعوب العربية وتحررت من الاستعمار وظلمة الجهل وسعت في نهضتها إلى نشر التعليم وإعلاء مكانة العلم وأخذت بأسباب الرقي والتقدم وعلمت أن مصدر القوة هو العلم وأن الجهل هو سبب الضعف والتخلف فاستأنفت مسيرة التقدم مجارة للعصر وحماية الوطن والتماسا للحماية والقوة والمنعة.

فأرسلت البعثات لتحصيل العلوم وافتتحت الكليات والجامعات والمدارس لتدريس الطب والهندسة والزراعة والعلوم العسكرية والصناعات والفنون والإدارة واللغات، وجعل التدريس فيها باللغة العربية ونشطت حركة الترجمة لنقل العلوم، فعادت اللغة العربية إلى معانقة العلم واحتضان المعرفة لأن في ذلك الغذاء والثراء والسبيل إلى الأذهان وأداة أهل اللغة في الإفصاح والبيان.

إلا أن هذه الصحو لم تدم كثيرا وأيضا الإجراءات المرتبطة بها عرفت تخبطات في ظل سياسات تعليمية متعاقبة ومخططات لم تعرف التفعيل والأجراة اللامتين، وبعد سنوات قليلة قامت حملة على اللغة العربية اشترك فيها أجنب وعرب زعموا أنها لا تصلح للعصر وعلومه، وأنها السبب في التأخر والتخلف فرأى بعضهم تركها إلى العامية، ورأى غيره استعمال لغة أخرى بدلا منها وكلها آراء نابعة من منطق إيديولوجي سياسوي بعيد كل البعد عن ماهو علمي.

وعلاوة على الأدلة التي يؤكد تاريخ اللغة العربية في قدرتها العجيبة على الأداء العلمي فإن إجماع اللسانيين والمفكرين عامة يؤكد أن التدريس بغير اللغة الوطنية لا يخدم العلم ولا ينمي له من المحاذير البيداغوجية الشيء الكثير. فتدريس العلوم لا يمكن أن يكون إلا بلغة أهل البلد بل إن البحث بغير لغة الأم قليل الجدوى يصعب النبوغ، فيه خاصة أن اللغة العربية لغة مطواعة لها من خصائص التصريف والتركيب ما يثبت قدرتها على القيام بكل ما يحتاج إليه أهلها من أغراض الحضارة والعلم وأدواتها.

إن اللغة العربية تملك من المزايا والخصائص ما يمكنها من السيطرة على جوانب الاصطلاح وهي مفاتيح العلوم إذا عمل العلماء والمفكرون على حل المشكلات العالقة في هذا المجال من حيث التوليد والاستعمال والتوحيد.

إن توحيد التعليم في اللغة العربية هو خيارنا الوحيد الذي يمضي بنا في مدارج الرقي لأن التعليم والتأليف بغير العربية يحصر العلم في مجموعات محدودة ضيقة النطاق ويضعف تبادل المعرفة بينها وبين سواد الشعب. والتعليم بها يساعد على نشر المعرفة بين فئات المجتمع لأن العلم يتحدث بلسانها ويقرب إليها المعرفة بوسائل شتى تنهل منها فتكون أكثر علما وقدرة على الاستجابة لمتطلبات العصر.

ولنا في الأمم الأخرى خير مثال نحتذي به مثل اليابان وكوريا والفيتنام وإسرائيل وغيرها من الأمم التي اعتمدت لغتها الوطنية في تدريس العلوم والبحث فيها.

ومن نافذة القول أن تعليم اللغة العربية في مختلف المراحل التعليمية لا يبنى إتقان اللغات الأجنبية لأن في ذلك عونا على البحوث والدراسات وسبيلا إلى المراجع الموسعة والبحوث الجديدة ونافذة تطل على الثقافات الأخرى. وللنهوض باللغة العربية تيسيرا لمهمتها في تدريس العلوم وجب التفكير بإجراءات تساعد على ذلك من قبيل:

- زيادة الاهتمام بالبحث العلمي والتقني لموضوعات اللغة العربية وربطها بمختلف التطبيقات التقنية العملية لا سيما ميدان المصطلحات العلمية.
- تنشيط مجالات الترجمة في مختلف التخصصات وخاصة منها العلمية والتكنولوجية.
- إصدار المعاجم المتخصصة باللغة العربية في مختلف مجالات العلوم والتقنيات.
- تدريس العلوم باللغة العربية بشكل تدريجي واعتماد مقارنة التناوب اللغوي.

4 مسألة التعدد اللغوي في ظل صراع القيم والمرجعيات وسؤال الهوية

على الرغم من العلاقة غير المحددة بين اللغة والفكر، فإن اللغة تقوم بدورين أساسيين إنها تحيل إلى الفكر وتعلن عن وجوده، ثم إنها تقوم بنقله وبسطه، لذلك هناك من يرى أن اللغة هي الفكر ذاته، حيث إن الأفكار غير المعبر عنها هي أفكار غامضة أو ليست موجودة بالمطلق، الأمر الذي دعا الفيلسوف البريطاني ذو الأصول النمساوية لودفيج فيتغنشتاين (Ludwig Wittgenstein) "إلى اعتبار أن سوء الفهم في الفكر صادر عن سوء استخدام منطق اللغة، لذلك ينبغي السكوت حينما نعجز عن الكلام، إن ما لا نستطيع التحدث عنه يجب أن نتجاهله بالصمت." ثم إن اللغة وظيفتين داخليتين تمكن الفرد من التواصل مع نفسه ومعرفة أفكاره، وأخرى خارجية متعلقة بالتواصل والمحاكاة. إن الوظيفة المثلى للغة تعني الإحالة للفكر حيث أن التكلم تفكير صامت في حين إن التفكير كلام صامت، لذلك فإن تحديد العلاقة بينهما أمر بالغ الضرورة بالنظر للرهانات المتعددة التي ينتجها استعمال اللغة، فإلى جوار اعتبار استمرارية لغة ما منوطة بالاستعمال فإن أمر اللغة لا يتعلق فقط باعتبارها واسطة التواصل، بل اعتبارها ملحا هوياتيا بالغ الأهمية زيادة على اعتبارها مظهر الثقافة الأولى، لذلك فإن كل حوار أو صراع ثقافي قائم على اللغة بالضرورة، وأن الترويج للثقافة بمختلف مظهراتها وتجلياتها عبر مختلف المعارف والمقدرات الفردية والاجتماعية لن يكون له أي دور أو فاعلية دون لغة تعلن عن وجودها ووجود ما تعبر عنه. لذلك فإن التعدد اللغوي لا ينظر إليه بوصفه تعددا في الثقافات والمرجعيات التي قد تتخذ طريقين في تحديد العلاقة إما تجاوز وحوار أو صراع وتصادم.

إن صراع اللغات هو في الوقت عينه صراع بين الثقافات وبين القيم والمرجعيات التي تتبناها كل ثقافة، بل إنه لم يعد من الممكن الحديث عن أحادية هوياتية حتى داخل المنظومة اللغوية الواحدة، على الرغم من أن الطفل يولد بين ظهري لغة وثقافة محددة سلفا، يعرف بلغته الأولى على نمط ثقافته، كما أن لغته الأولى هي اللغة الانفعالية الثانية بعد الصراخ والبكاء، بها يفرح ويغضب ويعين عن حاجاته. لكن طبيعة التواصل القائمة اليوم على الاختراق عبر ما يعرف بالعولمة لم يعد من الممكن معها الإبقاء على الاستعمال اللغوي المحلي والوطني من دون انفتاح ودون جهود جبارة تأخذ على عاتقها ربط اللغة بالفكر والاقتصاد، زيادة على تطويعها على مستوى البنية والاستعمال. فزمن العولمة اليوم هو زمن الاختراق بامتياز تعتبر فيه دول الجنوب أو العالم المتخلف سوقا يتم تصريف وتسويق المنتجات بمختلف مظهراتها وتجلياتها الاقتصادية، العسكرية والثقافية بما في ذلك اللغة، بل وخصوصا اللغة بوصفها وسيلة المعرفة الأولى.

لذلك في ظل صراع الكلمات والأفكار تسعى الدول والمجتمعات إلى الترويج للغاتها وثقافتها، وبملاحظة بسيطة على وسائط التواصل ندرك الكم الهائل من المواقع التي تعرض وتيسر تعليم اللغات، هذا زيادة على تشجيع الإنتاج المعرفي والاختراع العلمي ضمن أبعديتها، ندرك ذلك أيضا من خلال القيمة العلمية للغة، فالبحث في مجال الطب مثلا لن يجد له رواجا عالميا إلا إذا كتب باللغة الانجليزية أو ترجم إليها، وكذا الحال بالنسبة لكثير من الأجهزة الإلكترونية التي عادة ما ترفق بدليل استعمال من لغة المصدر.

إن هزيمة لغة معينة يعني غيابها، وبالتالي غياب أو ضعف مرجعيتها وقيمتها، الأمر الذي يؤدي إلى انقراضها كما حصل لكثير من اللغات واللهجات المحكية، مما يسهل الاختراق اللغوي الذي يظهر في ملمح أولي عبر ازدياد اللغة الوطنية وقلة استعمالها مجتمعا ورسميا، ليصل الأمر إلى هيمنة حضارية يفقد من خلالها الأفراد خصوصيتهم الثقافية واللغوية، ويزداد الأمر حدة حينما يرتبط هؤلاء الأفراد بهويات مضطربة أو مفروضة، لا تدرك أهمية اللغة للتعريف بالخصوصية والمواطنة كما لا تملك القدرة على الانفتاح اللغوي السليم، وبالتالي تتخذ مواقف حدية قصوى إما التمسك باللغة الأولى في إطار من العزلة والانفعال أو إضاعتها لصالح لغات وثقافات أخرى. وأم المشكلات أن يعتمد إلى الاستثمار في السوق اللغوية دون تدبير ديموقراطي يأخذ بعين الاعتبار حرية الفرد في اكتساب اللغة وحرية المجتمع في الانسجام بالخصوصية والانفتاح، خصوصا عند المجتمعات المستعمرة أو الحديثة العهد بالاستقلال، لذلك لا خيار من تأصيل تدبير لغوي يأخذ على عاتقه تفعيل اللغات الوطنية والانفتاح على تجارب عالمية في تدريس اللغات والتشجيع على اكتسابها، وهذا ما تقوم به الدول المتطورة في رعاية لغاتها الوطنية، فيتم انتقاء المضامين التعليمية بما يتماشى مع القيم الوطنية خصوصا في المراحل العمرية الأولى، زيادة على تفعيل وتجديد طرائق ووسائل تعلم اللغات بما يساهم بتجاوز مشكلات تعلمها.

لذلك يبدو أن تحقيق هوية مطمئنة ومنفتحة في ظل التعدد اللغوي القائم على صراع القيم والمرجعيات لا يمكن أن يكون أو يستمر بوسائل قاهرة مفروضة، بل الأمر نتاج مسار طويل من التداول والتصويب عبر سلطة الإقناع والتحفيز، إذ لا يستقيم الأمر في ظل عالم لا يعترف بالعزلة والاعتكاف أمام التطور الهائل في وسائط الاتصال وأمام الثورة الكبيرة للإعلام عبر الطريقة السلسة والسريعة في تدفق المعلومات، لم يعد من اللائق الحديث عن هوية مفروضة باسم الخصوصية، بمقابل الإغراءات والاكراهات التي تبسطها اللغات والهويات الأخرى، من خلال الدعوة إلى قيم مغرية ومتجددة تعلي من شأن حرية الفرد والشخصية.

تساهم اللغة في تطوير ملكات الفرد، بوصفها وسيلة الاكتساب والتعلم، كما تساهم اللغة ذاتها عبر مجازاتها التعبيرية وتركيبها الفكرية وانعطافاتها المفهومية في إغناء عالم الفرد وتطوير حياته. وقد يتضاعف الأمر ويتنوع حينما يتعلق بتعدد لغوي يلقي على عاتقه تحقيق الإضافات الممثلة في الخبرات والمعارف الجديدة، من منطلق اعتبار التعدد اللغوي إحالة إلى استعمال أكثر من لغتين من طرف فرد أو مجتمع، لذلك يعد نتاجا للقدرة على الفهم، القراءة، الحوار والتواصل، وكذا اعتباره مسارا ضروريا يفرضه الواقع والمأمول ممثلا في نظام التعليم بما في ذلك التعليم المستمر والحياة الثقافية زيادة إلى التطلع لبناء مجتمع المعرفة.

إن تعلم الفرد للغات جديدة زيادة على قدرته على توظيفها يعد ملمحا أساسا للتعدد اللغوي، كما أن وجود لغات عديدة في دولة تضم عرقيات وجماعات لغوية مختلفة أو ضمن الإطار الإنساني العام يدل دليلا على تعدد اللغات والثقافات. وإذا كان تعدد اللغات واقعا فإن أسبابه متعددة تعود بالأساس إلى أسباب انتشار اللغات في العالم وكذا إلى العلاقات فيما بينها، حيث يبرز دور العامل الاقتصادي الذي يدفع الأفراد إلى الهجرة، هذا زيادة على دور العامل السياسي والاجتماعي حيث يمكن لجماعات لغوية متعددة أن تنضوي تحت دولة على غرار الألمان، الإيطاليين، الرومانش والفرنسيين الذين ينضون تحت علم الدولة السويسرية. ثم إن اتساع السجل اللغوي كثيرا ما يرتبط بعوامل ذاتية تحت تأثير دوافع تعليمية وثقافية مثلما حصل مع العالم اللغوي الأمريكي جورج شميدت George Schmidt الذي كان يتكلم 19 لغة بطريقة جيدة، وكذا جيمس موراي James Murray ناشر معجم أكسفورد الذي كان يتقن أكثر من 20 لغة.

إن اللغة مقوم أساس للشعور بالهوية، هوية الانتماء التي تجعل الفرد على المستوى النظري مطمئنا داخل السياق الاجتماعي في شكله المتحضر والمنفتح، حيث يجد يسرا في الاندماج الأمر الذي يسهل عليه القيام بواجباته والمطالبة بحقوقه، زيادة على اللغة بحسب تعبير الفيلسوف الألماني مارتين هايدغر Martin Heidegger "مسكن الكينونة لأنها إعلان عن الوجود" فالفرد لا يمكنه التعبير عن خصوصيته وكيونته دون جملة المفردات والعبارات التي يعبر بها عن مكنوناته، لذلك كثيرا ما بحث المختصون في التدبير اللغوي Language Planning، إلى تعلم اللغات الوطنية أولا كحالة "تمرس هويتي" تضمن للفرد خصوصيته الثقافية واستقلاله الفكري، ليتم بعد ذلك في مقام ثان الانطلاق في تجربة تعلم اللغات بوصفها حقا مشروعا ومقصدا ثقافيا يحقق به الفرد ذاته ليتمكن من الاطلاع على الثقافات المختلفة. أما على الصعيد المجتمعي فإن الأمر يحتاج إلى تأني حينما تتكون الدولة من أطياف لغوية متعددة، فيكون الحق لكل جماعة لغوية بوصفها مجموعة لسانية تجمعها اللغة بوصفها الملمح الهويتي الأبرز في أن توظف لغتها وأن تطور مجالات استعمالها، والدليل على ذلك التدبير اللغوي الموجود في سويسرا، بلجيكا، كندا والهند والذي مكن إلى حد كبير من إيجاد نقاط تقاطع تمكن الأفراد من التفاهم والتواصل.

إن التعدد اللغوي الرصين في مجتمع معين ليس أمرا مرتبطا بالجهات التعليمية فقط، بل هو مسار مجتمعي ينبغي أن يوفر للمتعلمين إمكانات التعليم المستمر في أن يتعلموا اللغات، التي أصبحت تعلمها أمرا مفروضا بالنظر للضرورات الاجتماعية، الاقتصادية والثقافية، أما الاكتفاء بلغة واحدة فقد يعني بالضرورة العزلة وعدم التمكن من مساهمة متطلبات العصر التي تفرض على الإنسان وخصوصا الباحث الأكاديمي أن يكون عارفا بلغات متعددة لكي يتمكن من الاطلاع على الأفكار والمعلومات من مصادرها.

إن الرغبة الحديثة في تأسيس مجتمع المعرفة تبدأ في مقام أول من إجادة اللغات الوطنية ثم الانفتاح على اللغات المختلفة، ولكي لا تكون الهوية ممزقة أو مفروضة ينبغي للمجتمع ولمؤسسات التنشئة الاجتماعية أن تحسن طرائق تعليم اللغات الوطنية على مستوى الشكل والمضمون وذلك باستعمال وسائط الاتصال والأساليب التكنولوجية، إضافة إلى تطوير المضمون وجعله أكثر فاعلية وجاذبية خصوصا وأن تعلم اللغة الوطنية بشكل حضاري يعني بالضرورة استثمارا في هوية مفتوحة تتجه نحو الذاكرة بغرض الحفاظ عليها، مع العلم أنه دون تاريخ ليس ثمة وجود مادي ولا رمزي يفضي على التعرف على الكينونة ويعلن عن وجودها، ضمن هذا السياق لا يمكن للفرد أن يعرف ذاته الحقيقية ولا أن يتواصل مع غيره بشكل لائق. ولأن الهوية اللغوية في معناها العام ليست قيمة مضافة معطاة بشكل مباشر ونهائي وإنما هي نتاج مسار يرتبط بالشعور في ديمومته وتعقيده، يبرز في مقام أول من خلال شعور الفرد بعدم مطابقة غيره، وبحسب أمين معلوف فإن ميلاد فنان في كابول أو في أوسلو لا يعني بالضرورة الشيء نفسه، لاختلاف في منطق ومنطلقات ومآلات التنشئة.

نافلة القول إن التعدد اللغوي حالة إيجابية ووضعية راقية سواء للفرد والمجتمع، خصوصا حينما يتم تجسيده عن طريق تدبير لغوي راق يأخذ على عاتقه تطوير اللغة أو اللغات الوطنية في مقام أول، وتشجيع تعلم اللغات الأجنبية وتوفير شروط ترقيتها واستعمالها خصوصا في المجالات البحثية والاقتصادية. فيكون التعدد بهذا المنطق مدخلا لتنافس إيجابي بين الأفراد والمجتمعات ليس بغرض الإقصاء والإحالة إلى العدم، وإنما إيجاد أجواء التنافس المفضية للاجتهاد والإبداع، فيعتمد الفرد إلى تعلم أكثر من لغة، والأمر ينسحب أيضا على الإنسانية برمتها. من منطلق أن اللغة هي الفكر، وكلما عمدا الإنسان إلى تطوير فكره وجعله أكثر تحضرا كلما انعكس الأمر إيجابيا على واقع اللغة ومن ثم اللغات.

فعلى هذا الأساس إذا كان التعدد اللغوي اختيارا واعيا، فهو يستدعي بلورة ميثاق لغوي يتضمن توجهها وتصورها لهندسة لغوية تحدد مكانة كل لغة وتدرجها في التعليم وتقدر الكلفة، باعتبار أن لتعليم كل لغة كلفة، وخطة لتكوين وتأهيل المؤطرين، مع بلورة بيداغوجية للتعدد اللغوي قابلة لاستيعاب تطور اللغات.

خاتمة

إن مرعى هذا المقال أن ينه إلى سبيل علمية معينة على تطوير لغة التدريس بالمدرسة المغربية وبالخصوص المرتبطة بتدريس المواد العلمية، ليبقى مجال البحث في الموضوع مفتوحا، يسهم فيه الباحثون والمدرسون وأهل التخصصات المتنوعة... حتى ينضج ويكتمل بناؤه عبر الصيرورات الزمنية. تراعى في خضم ذلك المتغيرات والمستجدات؛ فتتغير الكليات والطرائق بحسب ما استحدثت من وسائل ديداكتيكية ومقاربات جديدة في تعلم اللغات وتعليمها. ولتبقى المقاصد والغايات الكبرى التي لأجلها صيغت لغة التدريس ثابتة ويمكن أن نجمل أهم الخلاصات التي توصلنا إليها في التالي:

- الوعي بحمولة الإرث التاريخي والثقافي العربي الإسلامي الأمازيغي.
- التخلص من عقدة المستعمر تجاه الفرنسية مع اعتبارها لغة وظيفية لها قيمة مضافة لا بديلا للغات الأخرى.
- تعدد لغوي مهيكلا وعقلانيا يحدد وظيفة ومكانة كل لغة وتدرجها في التعليم، حسب اعتبارات تضمن التواصل وإنتاج الرأسمال البشري والمعارف وتضمن الاندماج الذكي في العالمية.
- إن السياسة اللغوية لا تعني التعليم فقط وإنما كل مجالات التواصل، الإدارة، الاقتصاد، الإعلام، التكنولوجيات الحديثة، المعرفة والأبحاث والعلم.... لتحقيق التنمية.

وفي الأخير يمكننا أن نختم هذا المقال العلمي بأسئلة استشرافية يمكن أن تكون بوابة للقيام بدراسات جديدة حول المسألة اللغوية في المغرب، فإذا كانت الحمولة التاريخية والثقافية للغة هما أمران مرتبطان بالهوية المجتمعية، كما تدعو كل الحركات التي تدافع عن كل لغة، كيف يمكن أن تكون طبيعة حضورهما في الاختيارات اللغوية؟

إن وظيفة اللغة هي التواصل بين الناس. وكل طرح يركز على الدفاع عن اللغة لا على تنمية أحوال الناس الذين يتداولون تلك اللغة لا يخدم دائما الناس. يجب أن تخدم اللغة الناس لا أن يخدم الناس اللغة. والسؤال الجوهرى هو كيف يمكن تحقيق التنمية للمغاربة؟ إن تأهيل اللغات لن يتم بدون تدخل لوضع اللغة في قلب التنمية والحداثة والثقافة بكل أبعادها. كما لا يمكن تنمية المغاربة أيضا بدون منحهم ما يسهل الولوج إلى التعليم وإلى العدة الفكرية اللازمة لتنمية المدارك، واستيعاب المعارف، والقدرة على المساهمة مع الشعوب الأخرى في إنتاج وتراكم المعرفة.

ختاما وجب الإقرار بأن كل تخطيط لغوي له حدود، باعتبار أن زمن التخطيط بطيء بالنسبة للزمن السريع ولعيش اللغة في المجتمع والنسبة لحاجة الناس إلى فكرة لغة تلاحق الجديد من جراء الاحتكاك بلغات أخرى والانفتاح على الفضائيات وعلى الشبكات العنكبوتية. على الرغم من ذلك، فالتخطيط اللغوي ضرورة يقتضيها دور الدولة في الوظيفة الاندماجية للمدرسة وللتعليم.

REFERENCES

المراجع

- [1] الفاسي الفهري، عبد القادر: 1986، المعجم العربي، نماذج تحليلية جديدة. دار توبقال. الدار البيضاء. ص21.
- [2] KRISTEVA, Julia, *Le langage, cet inconnu : une initiation à la linguistique*, Editions Seuil, 1981, p.10.
- [3] MAUSS, Marcel, *Sociologie et anthropologie : recueil de textes*, préface de Claude Lévi-Strauss, Presses universitaires de France, 1950.
- [4] CHEDDADI, Abdesselam, *Education et culture au Maroc : le difficile passage à la modernité*, Editions Le Fennec, 2003, p.81.
- [5] جسوس محمد، طروحات حول الثقافة واللغة والتعليم، منشورات الأحداث المغربية، 2004، ص 75-95.
- [6] GRANGUILLAUME, Gilbert, *Arabisation et politique linguistique au Maghreb*, Paris :Editions G-P Maisonneuve et Larose, 1983, p.69-94.
- [7] المجلس الأعلى للتعليم 2010 : مجلة دفاتر التربية والتكوين، ع2، الرباط، ص61.
- [8] Banciu, V. & Jireghie, A.: 2012, *Communicative Language Teaching, The Public Administration and Social Policies Review*, London. p.97-98
- [9] معتصم، أحمد 2011 : اللغات المغاربية في مواجهة التفوق الأوروبي، ترجمة البشير تامر، المدرسة المغربية 3، منشورات المجلس الأعلى للتعليم، الرباط، ص. 86
- [10] 10.Larsen-Freeman, D.: 2000, *Techniques and principles in language teaching*. Oxford university press. P.121.16.Ibid P.128
- [11] 11- Nunan, D.: 2004, *Task-based language teaching*. Cambridge University Press. New York. P.10
- [12] Richards, J. & Schmidt, R.: 2010, *Longman Dictionary of Language Teaching and Applied Linguistic*. Pearson Education Limited. P98-99.
- [13] Richards, J. & Schmidt, R.: 2010, *Longman Dictionary of Language Teaching and Applied Linguistic*. Pearson Education Limited. P.128
- [14] مسعود بوبو، اللغة العربية وعلوم العصر، مجلة الفكر العربي، عدد خاص ص 59-65 المركز القومي للإنماء ببيروت 1988.
- [15] عبدالرحمان حاج صالح، مدخل إلى علم اللسان الحديث، مجلة اللسانيات عدد، 1، معهد العلوم اللسانية والصوتية، الجزائر، 1971.
- [16] ناعوم تشومسكي. المعرفة اللغوية. ترجمة د. محمد فتوح (دار الفكر العربي. الطبعة الأولى. القاهرة ١٤١٣هـ / ١٩٩٣م) ص ٥٣.
- [17] د. ميشال زكريا. مباحث في النظرية الأسنوية وتعليم اللغة (المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع. الطبعة الأولى، بيروت - لبنان ١٤٠٤هـ / ١٩٨٤م) ص ١٥٦.
- [18] د. رشدي طعيمة، مناهج تدريس اللغة العربية بالتعليم الأساسي، دار الفكر العربي، القاهرة، الطبعة الأولى ١٩٩٨م، ص ٣٣.
- [19] شحادة الخوري، العربية لغة العلم، مجلة اللسان العربي، عدد 96 سنة 2000، مكتب تنسيق التعريب، الرباط.
- [20] Anscombe G.E.M, *An Introduction to Wittgenstein's Tractatus*, University of Chicago Press, U.S.A, 1979, P18.
- [21] طه عبدالرحمان، تعددية القيم: مامدها وما حدودها؟ منشورات جامعة القاضي عياض، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مراكش، المملكة المغربية، ط1، 2001، ص13.
- [22] حرب علي، خطاب الهوية، الدار العربية للعلوم، منشورات الاختلاف، بيروت والجزائر، ط2، 2008، ص13.
- [23] Steiner George, Martin Heidegger, University of Chicago Press, USA, 1991, P 127.
- [24] Amin Maalouf, *Les Identités Meurtrières*, Edition Grasset et Fasquelle, Paris, 1998, P.

Trappe à fiscalité: Le cas de l'économie ivoirienne

[Tax trap: The case of the Ivorian economy]

Paul Vivien Oyibo

Laboratory of Analysis and Modeling of Economic Policies (LAMPE), Alassane Ouattara University of Bouaké, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this article, we have verified the hypothesis of the tax trap or the existence of a negative relationship between the structural tax rate and growth when the public debt ratio experiences an increase in the very special context. from a developing country, such as Côte d'Ivoire. Therefore, we estimated the quadratic model. The results of the estimate, covering the period 1985 to 2019, relate to two parts. In the first part, the results support that the Laffer curve is verified and the Ivory Coast is positioned on the left side of the fiscal optimum. In a second part, it emerges that the Ivorian economy escapes this trap.

KEYWORDS: optimal taxation, tax revenues, government spending, economic growth.

RESUME: Dans cet article, nous avons vérifié l'hypothèse de la trappe à fiscalité ou encore l'existence d'une relation négative entre le taux d'imposition structurel et la croissance lorsque le taux d'endettement public connaît une augmentation dans le cadre très spécial d'un pays en développement, comme la Côte d'Ivoire. De ce fait, nous avons estimé un modèle quadratique augmenté. Les résultats issus de l'estimation, couvrant la période 1985 à 2019 portent sur deux volets. Dans un premier volet, les résultats soutiennent que la courbe de Laffer est vérifiée et la Côte d'Ivoire se positionne du côté gauche de l'optimum fiscal. Dans un second volet, il ressort que l'économie ivoirienne échappe à ce piège.

MOTS-CLEFS: trappe à la fiscalité, taux d'imposition optimale, recettes fiscales, déficit public, croissance économique.

1 INTRODUCTION

L'intervention de l'Etat a beaucoup fait objet de polémique dans les débats économiques. Pour la théorie néoclassique, l'intervention publique a une perte d'efficacité dans la mesure où elle favorise des effets d'éviction. Quant à la théorie keynésienne, l'intervention de l'Etat favorise l'effet multiplicateur.

Pour le financement des dépenses de l'économie, l'Etat procède par un prélèvement obligatoire auprès de la population. La courbe de Laffer illustre l'arbitrage entre le taux d'imposition et les recettes fiscales: « trop d'impôt tue l'impôt ». Ainsi Laffer¹ stipule qu'il existe un seuil de taxation qui minimise les pertes de bien-être chez le contribuable tout en maximisant les recettes collectées. Cette affirmation fait l'objet de débat dans la littérature économique. Si pour certains chercheurs,

¹ Arthur Laffer, de l'Université de Chicago, bien que la courbe soit popularisée sous son nom par Wanniski (1978), n'en est pas le concepteur. En effet, l'existence de cette courbe illustrant une relation en forme de cloche entre taux d'imposition et les recettes fiscales existe depuis le XIVe siècle. Selon Say (1803), un impôt exagéré détruit la base sur laquelle il porte.

l'existence d'un maximum pour les recettes fiscales est envisageable, d'autres réfutent cette thèse et soutiennent l'idée selon laquelle la courbe de Laffer peut présenter plusieurs maxima (Novales et Ruiz, 2002). D'autres penseurs à l'instar de Fullerton (1982), estiment formellement que la courbe de Laffer peut ne pas être continue ou ne pas avoir de maximum.

Finalement, les études les plus récentes tentent de réhabiliter la forme de cloche de la courbe de Laffer par le biais des variables de transition qui soutiendraient la concavité de cette courbe. Ainsi, la courbe de Laffer de croissance maintient sa concavité par le biais du déficit public (Minea et Villieu, 2009; Bidzo, 2016).

Des lors, plusieurs études empiriques se sont penchées sur l'estimation du taux d'imposition maximisant les recettes fiscales. Selon KEHO (2010), ce taux de taxation pour la Côte d'Ivoire est estimé à 21,1% du PIB. Pour lui, la Côte d'Ivoire se situerait à gauche du maximum, contrairement aux pays développés qui se positionneraient à sa droite. Ainsi, on peut aisément expliquer le taux d'imposition inférieur au taux optimal par l'idée selon laquelle la forme de la courbe de Laffer dépend de l'utilisation² des recettes mobilisées. Par conséquent, les difficultés d'identifications des dépenses publiques peuvent engendrer un biais d'estimation de la courbe de Laffer et de l'incertitude quant au positionnement par rapport au taux d'imposition optimal.

Pour expliquer le positionnement des pays par rapport à l'optimum, (Buchanan et Lee, 1982) supposent l'existence de deux courbes de Laffer. La première est une courbe de court terme et la seconde est une courbe de long terme. Pour les pays ayant un objectif de court terme, il serait judicieux d'opter pour un taux d'imposition supérieur à l'optimum de long terme en vue de maximiser la courbe de Laffer de court terme. Enfin, pour les pays ayant un objectif de long terme, il serait avantageux de fixer un taux d'imposition inférieur au taux optimal en vue de maximiser la croissance économique au détriment des recettes fiscales (Mitchell, 2002). Selon la pensée post keynésienne, la relation impôt-croissance en période de récession économique peut être mise en évidence par le biais d'un déficit.

L'objet de ce papier est de voir si le mécanisme par lequel une augmentation du taux d'imposition dans une économie provoquerait une baisse simultanée des recettes fiscales et du produit intérieur brut et augmenterait le ration dette publique sur le PIB appelé trappe à la fiscalité est vérifié pour l'économie ivoirienne.

Ainsi, nous nous référons aux travaux de Bidzo (2016) qui a porté son analyse sur la question de la trappe à la fiscalité au Gabon en s'intéressant particulièrement au cas de la variation du ratio d'endettement public. Bien que le taux d'imposition a déjà fait l'objet d'une étude par Keho (2009), nous évaluons le niveau optimal de taxation à partir duquel l'économie ivoirienne pourrait rentrer dans une trappe à fiscalité, ce qui permet de vérifier l'évidence de la trappe à fiscalité dans cette économie.

2 MÉTHODOLOGIE ET ANALYSE EMPIRIQUE

Dans cette section, nous allons entamer par une présentation du modèle utilisé dans notre étude puis, les variables qui seront utilisées.

2.1 PRÉSENTATION DU MODÈLE

❖ Modèle théorique

La littérature abonde de travaux sur l'existence d'une relation non linéaire entre le taux d'imposition et les recettes fiscales par le biais du taux d'endettement public (Minea et Villieu, 2009; Bidzo, 2016). À l'instar de Minea et Villieu, nous proposons la construction dans un premier temps un modèle de croissance endogène avec dépenses publiques productives à la Barro (1990), augmenté de la présence de l'endettement public. Dans un second temps, allant dans le même sens que Bidzo (2016), nous allons nous atteler à l'instabilité de la courbe de Laffer pour mieux appréhender la relation entre austérité budgétaire et la croissance économique et ainsi, nous définissons le phénomène de la trappe à la fiscalité.

➤ Présentation du modèle de croissance endogène avec dépenses publiques

Le modèle de croissance endogène qui sera présenté est particulièrement le modèle de croissance optimal de Ramsey-Cass-Koopmans, basé sur une fonction de production de type AK, dont le capital public est un input.

² Dépenses publiques de consommation ou dépenses publiques d'investissement.

POSTULATS

Ce modèle se base sur le principe d'une économie fermée à deux agents qui sont, un agent représentatif³ et le gouvernement.

En ce qui concerne l'agent représentatif, la rationalité l'oblige à la maximisation de son utilité inter temporelle U provoquée par sa consommation à la période 1 c_1 . Par conséquent, nous considérons la fonction d'utilité instantanée iso élastique $u(c_1)$, l'élasticité de substitution inter temporelle de la consommation σ et taux d'escompte subjectif ρ :

$$U = \int_0^{\infty} u(c_t) \exp(-\rho t) dt, \text{ avec } u(c_t) = \begin{cases} \frac{c_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma}, & \text{si } \sigma \neq 1 \\ \log(c_t), & \sigma = 1 \end{cases} \quad (1)$$

Selon le modèle AK, la production totale y_t de l'économie est obtenue par la combinaison du capital public g_t et du capital privé k_t , ce qui nous donne la formulation mathématique suivante en y intégrant le facteur technologique à la production totale de l'économie:

$$y_t = f(k_t; g_t) = k_t^\alpha g_t^{1-\alpha} \quad (2)$$

Ici, α représente l'élasticité du revenu au capital privé. A l'instar de Barro (1990), nous présumons les rendements constants en vue de permettre l'apparition du sentier de croissance à long terme. En outre, pour bénéficier de l'usage des biens publics, l'agent représentatif paie des impôts qui sont proportionnels à son revenu. Ainsi, le taux d'imposition τ se situerait entre 0 et 1 et sa contrainte budgétaire se formalise de manière suivante:

$$\dot{k}_t + \dot{b}_t = r_t b_t + (1-\tau)y_t - c_t - \delta k_t, \text{ avec } 0 < \delta < 1 \quad (3)$$

On note δ la dépréciation du capital privé; b_t le stock de dette publique et r_t le taux d'intérêt réel.

Concernant le gouvernement, sa fonction première est le financement des dépenses publiques g_t à travers deux instruments. Le premier instrument est la collecte de l'impôt proportionnel sur le revenu de l'agent représentatif τy_t , et le second est l'endettement public b_t . Ainsi, la contrainte budgétaire du Gouvernement devient:

$$\dot{b}_t = r_t b_t + g_t - \tau y_t \quad (4)$$

On suppose alors que la dette publique engendre des dépenses publiques improductives⁴. Par conséquent, il convient d'introduire des formes de dépenses improductives dans le modèle en prenant en compte la persistance de l'endettement public. De ce fait, il revient à considérer que la dette publique et le PIB sont proportionnels à long terme:

$$\frac{\dot{b}_t}{y_t} = \mu, \text{ avec } \mu \geq 0.$$

On note le ratio de l'endettement public μ présente l'avantage d'être constant à long terme.

CARACTÉRISATION DE L'ÉQUILIBRE

Dans cette partie, il s'agit de maximiser l'équation 1 sous les contraintes de l'équation 2 et 3. Ainsi, nous obtenons la relation Keynes-Ramsey. Cette relation ne dépend plus du temps:

³ Ici, le ménage est considéré comme l'agent représentatif.

⁴ Les intérêts sur la dette accumulée $r_t b_t$ sont considérés ici comme des dépenses publiques improductives.

$$\frac{\dot{c}}{c} = \left[\alpha(1-\tau) \left(\frac{g}{y} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} - \delta - \rho \right] / \sigma \quad (5)$$

Cette relation suppose que le taux d'intérêt réel est égal à la productivité marginale du capital privé nette d'impôt, à savoir

$$r = \alpha(1-\tau) \left(\frac{g}{y} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} - \delta$$

La combinaison de l'équation 4 et 5 permet d'atteindre l'état stationnaire.

A l'équilibre, dans un régime de croissance régulière, toutes les variables croissent au taux de croissance endogène constant :

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{g}}{g} = \frac{\dot{b}}{b}$$

Les variables $\frac{c}{y}$, $x \equiv \frac{g}{y}$ et $\frac{b}{y}$ deviennent des constantes. A long terme, l'équation (5) permet d'obtenir une première relation entre le taux de croissance (γ) et le ratio des dépenses publiques productives au PIB (x), qui se présente de la façon suivante:

$$x \equiv x_1(\gamma) = \left(\frac{\sigma\gamma + \delta + \rho}{\alpha(1-\tau)} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (6.a)$$

Partant de l'équation (4), nous obtenons $(\mu + \tau)y = rb + g$ et sachant que $b = \frac{\mu y}{\gamma}$ et $r = \sigma\gamma + \rho$ en régime stationnaire, il en vient une seconde relation entre le taux de croissance et le ratio des dépenses publiques productives au revenu, dont la formulation est la suivante:

$$x \equiv x_2(\gamma) = \tau + (1-\sigma)\mu - \frac{\rho\mu}{\gamma} \quad (6.b)$$

Le système d'équation (6a) - (6b) permet de déterminer conjointement le taux de croissance (γ) et le ratio de dépenses publiques (x).

LA PROPOSITION DE LA TRAPPE À FISCALITÉ

Les caractéristiques de la solution stationnaire stable (dorénavant nommes pour alléger les notations) s'observent et s'analysent à partir de la différentielle totale du système (5) – (6) qui conduit à:

$$\sigma dy = (1-\alpha)(1-\tau)(x)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} dx - \alpha(x)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} d\tau \text{ et } dx = d\tau - \left(\sigma - 1 + \frac{\rho}{y} \right) d\mu + \frac{\rho\mu}{y^2} dy \quad (7)$$

Soit en substituant dx :

$$dy = \varnothing \left[1 - \frac{\alpha x}{(1-\alpha)(1-\tau)} \right] d\tau - \varnothing \left(\sigma - 1 + \frac{\rho}{y} \right) d\mu \text{ avec } \varnothing = \left[\frac{\sigma(x)^{\frac{2\alpha-1}{\alpha}}}{(1-\alpha)(1-\tau)} - \frac{\rho\mu}{y^2} \right]^{-1} > 0$$

Pour $\rho y \ll \text{petit} \gg$

A l'instar de Minea et Villieu (2009), nous identifions trois propriétés de l'équation du taux de croissance stationnaire.

1°) A ratio de d'endettement public donne $d\mu = 0$, il existe donc un ratio dépenses publiques qui maximise la croissance stationnaire $\left(\frac{dy}{d\tau} = 0\right)$. On retrouve ainsi le résultat de Barro (1990):

$$x^* = \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)(1-\tau)$$

En réintroduisant ce ratio dans la contrainte budgétaire du Gouvernement (6b), nous obtenons la valeur du taux d'imposition maximisant la croissance

$$\tau^* = 1 - \alpha + \alpha\mu \left(\sigma - 1 + \frac{\rho}{y} \right) \quad (8)$$

Ainsi, une hausse des impôts procure des ressources au gouvernement, qui peut les utiliser pour accroître les dépenses publiques productives venant soutenir l'accumulation du capital privé et la croissance économique. Il arrive toutefois un niveau où l'augmentation du taux d'imposition s'accompagne d'une diminution de la productivité marginale nette du capital privé, avec des effets néfastes sur l'investissement et la croissance. Autrement dit, lorsqu'on considère que les dépenses publiques sont financées à la fois par l'impôt et la dette publique, il existe bel et bien une relation non linéaire entre le taux d'imposition et la croissance économique. On retrouve précisément alors, à l'instar de Barro (1990), la courbe de Laffer de croissance qui résulte de l'arbitrage entre les effets positif et négatif de l'accroissement du taux d'imposition sur la croissance économique.

2°) La relation non linéaire avérée entre le taux d'imposition et la croissance se déplace vers le bas lorsque le ratio d'endettement public augmente, puisque, à taux d'imposition donné: ($d\Gamma=0$), on trouve:

$$\frac{dy}{d\mu} = -\alpha \left(\sigma - 1 + \frac{\rho}{y} \right) < 0, \text{ car } (1-\sigma)y < \rho$$

3°) Partant de la condition de solvabilité, on peut remarquer dans l'équation (7) que le taux d'imposition qui maximise la croissance croît avec l'augmentation du taux d'endettement public. En effet

$$\frac{d\tau^*}{d\mu} = \alpha \left(\sigma - 1 + \frac{\rho}{y} \right) + \alpha\mu \frac{\rho}{y^2} \left(-\frac{dy}{d\mu} \right) > 0, \text{ car } (1-\sigma)y < \rho$$

Le ratio d'endettement public influence donc positivement le taux de croissance stationnaire. On obtient ce résultat grâce à la prise en compte de la condition de solvabilité $(1-\sigma)y < \rho$, qui présume que le taux de croissance de la dette publique est inférieur au taux d'intérêt réel à long terme. En effet, partant de la condition de solvabilité $(1-\sigma)y < \rho$ et de l'équation Keynes-Ramsey $\rho = r - \sigma y$, il vient que $y < r$ (Minea et Villieu 2009). Etant donné que toutes les variables croissent au même taux en situation stationnaire, la condition de solvabilité $y < r$ signifie que $bb < r$ ou que $\mu y < rb$. Globalement, le flux permanent de paiements d'intérêts sur la dette publique (rb) dépasse toujours à long terme le flux permanent de nouvelles recettes procurées par l'endettement public, exerçant un effet d'éviction sur les dépenses publiques productives et la croissance.

Un tel résultat donne lieu à la proposition suivante. Lorsque le taux d'endettement public est nul ($\mu = 0$), le taux d'imposition correspond à celui de Barro (1990), c'est-à-dire $\tau = 1 - \alpha$. En revanche, lorsque le taux d'endettement public varie positivement, le taux de croissance de long terme devient faible, en raison de l'éviction des dépenses publiques productives par la charge de la dette publique. Afin de restaurer une partie de ces dépenses, le gouvernement est contraint d'augmenter le taux d'imposition, au-delà de la valeur optimale $(1 - \alpha)$; d'où la dérivée positive par rapport au ratio d'endettement public. La prise en compte de l'endettement public rend donc la courbe en inversé exprimée par la relation entre le taux d'imposition et le taux de croissance économique, instable, en ce sens qu'une variation du niveau d'endettement public s'accompagne d'un déplacement de cette courbe. En l'occurrence, une augmentation de la dette publique déplace la relation entre taxes et

croissance vers le bas et accroît concomitamment le taux d'impôt maximisant la croissance, ce qui conduit à une diminution du taux de croissance économique. C'est cet enchaînement que nous considérons comme une trappe à fiscalité.

4°) Partant de la condition de solvabilité, on peut remarquer dans l'équation (7) que le taux d'imposition qui maximise la croissance croît avec l'augmentation du taux d'endettement public. En effet,

Un tel résultat donne lieu à la proposition suivante. Lorsque le taux d'endettement public est nul ($\mu = 0$), le taux d'imposition correspond à celui de Barro (1990), c'est-à-dire $\tau = 1 - \alpha$. En revanche, lorsque le taux d'endettement public varie positivement, le taux de croissance de long terme devient faible, en raison de l'éviction des dépenses publiques productives par la charge de la dette publique. Afin de restaurer une partie de ces dépenses, le gouvernement est contraint d'augmenter le taux d'imposition, au-delà de la valeur optimale ($1 - \alpha$); d'où la dérivée positive par rapport au ratio d'endettement public. La prise en compte de l'endettement public rend donc la courbe en inversé exprimée par la relation entre le taux d'imposition et le taux de croissance économique, instable, en ce sens qu'une variation du niveau d'endettement public s'accompagne d'un déplacement de cette courbe. En l'occurrence, une augmentation de la dette publique déplace la relation entre taxes et croissance vers le bas et accroît concomitamment le taux d'impôt maximisant la croissance, ce qui conduit à une diminution du taux de croissance économique. C'est cet enchaînement que nous considérons comme une trappe à fiscalité.

➤ Spécification du modèle empirique

Nous nous attelons à vérifier l'hypothèse de la trappe à fiscalité en prenant en compte les données de l'économie ivoirienne de 1985 à 2019. Ainsi, nous spécifions un modèle quadratique dans le cadre de notre analyse. En effet, ce modèle nous permettra de faire ressortir les effets d'une hausse du taux d'imposition sur la croissance économique. Sa formulation est la suivante:

$$\gamma_t = \alpha_0 + \alpha_1 \tau_t + \alpha_2 \tau_t^2 + \alpha_3 \tau_t d_t + \alpha_4 \tau_t^2 d_t + bX_t + \mu_t \quad (9)$$

Avec le taux de croissance par habitant au temps (γ_t) comme variable dépendant. X_t Désigne le vecteur des différentes variables de contrôle au temps t et μ_t est le terme d'erreur standard.

Le terme τ_t saisit le taux d'imposition d'équilibre (optimal), alors que d_t capture le taux d'endettement public. L'interaction alternative du taux d'imposition optimal avec le déficit public vise à montrer comment la politique budgétaire déforme la relation taux de croissance économique et taux d'imposition optimal.

Après vérification des conditions d'application du modèle, il sera procédé à l'estimation de l'équation. Toutefois nous commencerons par analyser les variables utilisées dans le modèle.

2.2 PRÉSENTATION DES VARIABLES DE NOTRE ÉTUDE

Les données sont issues des différentes directions statistiques du Ministère de l'Économie et des Finances ivoirien et de la base de données World Développement Indicator (WDI, 2020) de la Banque Mondiale et de la BCEAO. Elles sont évaluées sur la période 1985-2019.

NB: La variable produit intérieur brut par habitant a été générée en logarithme pour réduire l'échelle de variation des données.

Nous retenons deux catégories de variable, à savoir les variables d'intérêt d'une part et des variables de contrôle d'autre part.

Dans la catégorie des variables d'intérêt, nous avons tout d'abord, le taux de pression fiscale (TPF) qui mesure la part des recettes fiscales dans le PIB. Cette variable renseigne sur les prélèvements fiscaux dans un État. Au regard de la littérature, elle aura, à priori, un impact positif sur la croissance, et a posteriori un impact négatif. Ensuite, le déficit public approximé par le déficit budgétaire (DB), est capté par la différence en pourcentage du PIB entre les dépenses publiques et les recettes et les recettes publiques.

Ces deux variables permettent de montrer comment la relation entre la pression fiscale et la croissance économique est affectée par les déficits publics.

Dans la catégorie des variables de contrôles, nous partons des travaux récents portant sur la croissance économique (Ehrhart et al. 2009; Minea et Villieu 2009) et des explications traditionnelles de la croissance économique.

- Le PIB réel retardé

Le PIB réel de la période antérieure est retenu afin de mesurer l'effet de rattrape ou de convergence conditionnelle. En effet, le modèle économique néoclassique soutient que les pays à faibles revenu présentant, au départ, des faibles niveaux de technologie et de secteur financier moins développé, auront tendance à croître plus vite que les pays plus avancés. Cette hypothèse implique donc que le coefficient du PIB par habitant retardé soit négatif et significatif.

- Le taux d'investissement

Le taux d'investissement saisi par la Formation Brute Capital Fixe (FBCF) rapporté au PIB. Il mesure la part d'investissement public dans la production. Il est supposé complémentaire à l'investissement privé et aura un signe, à priori, positif. Dans le modèle de croissance néo-classique, en économie fermée, le taux d'épargne est exogène et égal au rapport de l'investissement sur la production. Les niveaux d'épargne élevés augmentent le niveau d'équilibre de long terme de la production par travailleur et de se faite favorise la croissance. Cependant il peut intervenir un rapport de causalité inverse (croissance à investissement) dans le cas d'économies ouvertes.

- Le taux d'ouverture

Il est généralement admis que les pays les plus ouverts ont de grande chance d'enregistrer une croissance économique plus forte garce aux économies d'échelle qu'ils réalisent, aux transferts de technologies dont ils bénéficient ainsi qu'à la meilleure répartition des ressources et à l'intensification de la concurrence sur les marchés intérieurs. Cependant l'ouverture commerciale peut rendre les pays vulnérables aux chocs exogènes, en cas de forte concentration des exportations rendant la croissance plus volatile et donc aboutir à une faible croissance à long terme. L'ouverture commerciale est captée par la somme des exportations et des importations rapportées au PIB.

- L'investissement direct étranger

L'investissement direct étranger désigne les entrées de capitaux en provenance de l'étranger. Leurs effets sont généralement considérés comme positif sur la croissance économique du pays qui les accueille.

Enfin nous nourrissons le modèle par une variable Dummy qui capte le niveau de stabilité dans l'économie. En effet l'hypothèse faite est que la stabilité de l'économie serait un accélérateur de développement. Selon Barro (1991). Nous choisissons l'indicateur de stabilité politique comme variable Dummy pour mesurer le niveau de démocratie.

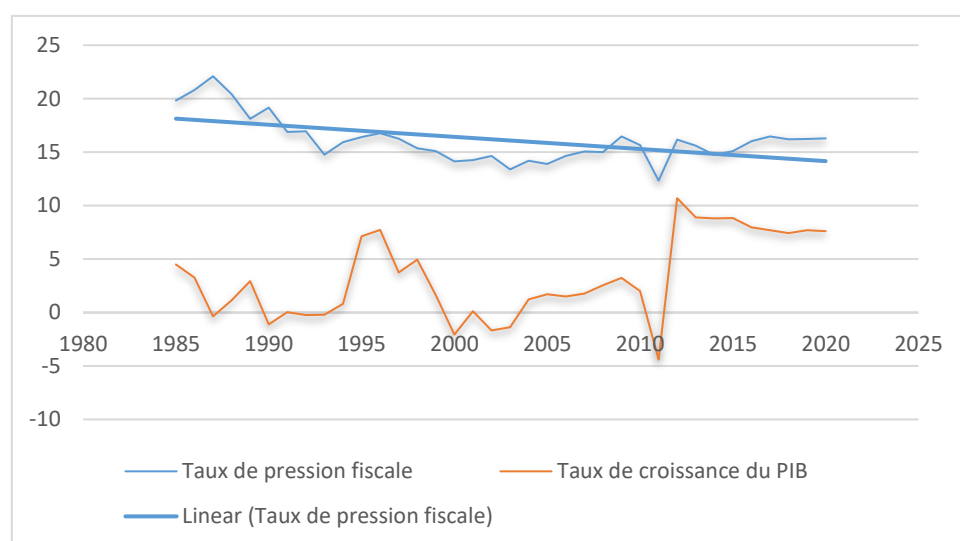
$$DUM \begin{cases} 1 : \text{période d'instabilité} \\ 0 : \text{période de stabilité} \end{cases}$$

Ainsi, l'ensemble de nos variables sont présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Récapitulatif des variables

Variables	Définition	Source
LPIBH (-1)	Le PIB réel retardé d'une période	WDI
TPF	Taux de pression fiscale	BCEAO
DB	Déficit budgétaire	WDI
FBCF	Formation Brute Capital Fixe rapporté au PIB	WDI
IDE	Investissement direct étranger	WDI
TO	Taux d'ouverture	WDI
DUM	Variable muette qui permet de capter les différentes crises politiques.	Auteur

2.3 ÉVOLUTION DES VARIABLES DE L'ÉTUDE



Graphique: évolution comparée entre le taux de pression fiscale et le taux de croissance du PIB réel

Source: Auteur

Le graphique montre clairement qu'à partir de la dévaluation de la monnaie locale (Francs CFA) en 1994, le taux de pression fiscale a la même tendance que le taux de croissance. En effet c'est dévaluation à stimuler la production nationale et a permis à l'Etat de mobiliser davantage re recette fiscale. La période 2002 à 2011, marquée par la plus grande instabilité politique qu'a connu le pays, a engendré un ralentissement de l'activité économique. Ce qui justifie l'opinion selon laquelle l'instabilité politique entrave non seulement le taux de croissance du PIB mais également la collecte des ressources internes. La tendance évolutive décroissante du taux de pression fiscale rend crédible l'hypothèse d'une sous-exploitation du potentiel de ressources internes. En d'autres termes, il existerait un espace des ressources publiques inexploité du fait probablement d'une faible taxation ou d'un faible niveau de recouvrement.

3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les résultats du test de stationnarité de Dickey-Fuller augmenté (ADF) et Philippe – perron (PP) appliqués sur les variables montrent que toutes les variables sont intégrées d'ordre unitaire (stationnaire en différence première) c'est-à-dire $I(1)$ (voir annexe1). Aussi, il ressort clairement que le retard optimal pour l'estimation d'un modèle dans le cadre de ce travail est égal à 1 ($p=1$) (voir annexe 2).

Le retard optimal étant connu, nous pouvons donc passer à une analyse de la cointégration. Les variables étant stationnaires en différence première nous pouvons utiliser le test de cointégration d'Engel et Granger (1988) ou celui de Johansen (1987). Le dernier test est le plus adéquat car il détermine le nombre de relation de cointégration.

Tableau 2. Résultat du test de cointégration de Johansen

Hypothèse nulle	Valeur propre	Statistique de la trace	Valeur critique à 5%	P-value
Aucune*	0,952839	174,4413	95,75366	0,0000
Au plus une*	0,682108	79,76168	69,81889	0,0065
Au plus deux	0,528280	44,23434	47,85613	0,1051
Au plus trois	0,312703	20,94191	29,79707	0,3613
Au plus quatre	0,223557	9,317243	15,49471	0,3369
Au plus cinq	0,046413	1,473269	3,841466	0,2248

Source: Auteur, à partir des données de la BCEAO (2019) et WDI (2019)

La statistique de la trace est inférieure à la valeur critique du test à 5% à partir de l'existence de deux relations de cointégration. On accepte alors l'hypothèse: présence de deux relations de cointégration.

L'estimation d'une relation à long terme impliquant des variables cointégrées a été l'objet de beaucoup de documents récents (Montalvo, 1995). Trois méthodes sont proposées pour estimer le vecteur de cointégration: les moindres carrés Ordinaires entièrement modifiés (FMOLS) (Phillips et Hansen, 1990), régression canonique de Cointegration (CCR) (Park, 1992), et les moindres carrés ordinaires dynamique (DOLS) (Stock and Watson, 1993). Le résultat de l'estimation d'EvIEWS à l'aide de l'estimateur FMOLS est présenté dans le tableau:

Tableau 3. Résultats de l'estimation

Variables	Coefficients à estimer	Coefficients estimés	Ecart Type	Proba.
Variables d'intérêt				
Impôt	α_1	0,033109***	0,011718	0,0096
Impot ²	α_2	-0,000921**	0,000392	0,0277
Impôt*déficit	α_3	-0,000214	0,000334	0,5284
Impot ² *Déficit	α_4	1,14 ^E -05	1,89 ^E -05	0,5521
Variables de contrôle				
Formation brute de capital fixe		0,009467***	0,000965	0,0000
Investissement direct étranger		-0,003418	0,002457	0,1775
Ouverture commerciale		0,000818**	0,000300	0,0121
Produit intérieur brut retardé		1,000985***	0,021670	0,0000
Stabilité politique (Dummy)		-0,012319	0,007449	0,1118
C		-0,452980	0,530404	0,4019
R ² = 0,99				
DW=1,26				

Note: ***: P-value<0,01; **: P-value<0,05; *: P-value<0,1. Les valeurs entre parenthèses sont les p-values.

Source: Auteur, à partir des données de la BCEAO (2019) et WDI (2019)

L'estimation nous fournit un modèle avec un R-carré ajusté sont respectivement de 0,99. Ceci témoigne non seulement d'un bon pouvoir prédictif du modèle mais aussi qu'une bonne partie de l'information (99% de l'information) est expliquée par les variables explicatives sélectionnées.

S'agissant tout d'abord des variables d'intérêts (tous les termes incluant les taxes), seules celles ne comportant pas le ratio de déficit sont statistiquement significatives. Les estimations font ressortir l'existence d'une courbe en forme de U inversé (courbe de Laffer de croissance), quelle que soit la valeur du déficit dans notre échantillon, puisque $\alpha_2 + \alpha_4 d_t < 0$; quel que soit d_t (Les coefficients des termes carrés des impôts soutiennent l'existence d'une courbe en U inversé). De plus, le taux d'imposition estimé que maximise cette courbe est positif, ce qui soutient l'existence de la courbe de Laffer de croissance.

On peut alors remarquer que, contrairement à Minea et Villieu (2009), toutes augmentation du déficit public, n'a pas d'effet significatif sur la relation entre le taux d'imposition et la croissance économique, autrement dit la relation entre le taux d'imposition et la croissance économique en Côte d'Ivoire ne dépend pas du niveau du déficit. Ce qui implique que le gouvernement ivoirien ne devrait pas se préoccuper des déficits budgétaires lorsqu'il envisage la mise en place d'un système fiscal favorable à la croissance économique.

Ainsi, les résultats empiriques s'opposent à notre principale proposition théorique, à savoir qu'une interaction entre un déficit budgétaire élevé et un fort taux d'imposition décourage l'activité économique. En dépit du niveau moyen stable et relativement élevé du taux de croissance, l'occurrence d'une situation de trappe à fiscalité est envisageable et par conséquent à redouter pour l'économie ivoirienne.

En effet, comme le montre le tableau le taux d'imposition optimal en l'absence de déficit public s'élève à 16,28 % et garantit un taux de croissance économique de 6,23%. Mais l'apparition des déficits publics fait baisser le taux de pression fiscale optimal et plombe la croissance. Particulièrement, lorsque le déficit public de la Côte d'Ivoire passe à 3%, à la limite du critère de convergence la Communauté Économique et Monétaire des États de l'Afrique de l'Ouest, (CEDAO), le taux d'imposition optimal baisse à 15,74%, occasionnant une hausse du taux de croissance de l'économie à 6,84%.

4 CONCLUSION

Cette étude nous a permis de mettre en évidence l'hypothèse de la forme de cloche entre le taux d'imposition et la croissance économique suite à une modification du déficit public. Pour le cas de l'économie ivoirienne, il ressort clairement au terme de notre analyse que contrairement à Bidzo (2016) le phénomène de trappe à fiscalité n'est pas plausible en Côte d'Ivoire. En effet, la détermination du taux d'imposition qui maximiserait la croissance économique ne peut pas se faire par le biais du déficit public. Toutefois, l'évidence de la courbe de Laffer est approuvée grâce à l'estimation d'un modèle quadratique confirme cette hypothèse que la relation entre impôt et croissance économique en Côte d'Ivoire n'est pas linéaire.

REFERENCES

- [1] Alesina, A., Ardagna, S., Perotti, R., Schiantarelli, F., (2002), *Fiscal Policy Profits and Investment*, American Economic Review, vol. 92, pp. 571–589.
- [2] Arellano, M., Bond, S., (1991), *Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations*, Review of Economic Studies, vol. 58, pp. 277–297.
- [3] Arellano, M. Bover, O., (1995), *Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-components Models*, Journal of Econometrics, vol. 68, pp. 29–51.
- [4] Barro, R.J., (2012), *Convergence and Modernization Revisited*, NBER Working Paper, no. 18295, August.
- [5] Becsi, Z., (2000), *The Shifty Laffer Curve*, Economic Review, Atlanta FED, Third Quarter. Blundell, R., Bond, S., (1998), *Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel*.
- [6] Ehrhart, H., Minea, A., Villieu, P., (2009), *Deficit, Seigniorage and the Growth Laffer Curve in Developing Countries*, Document de travail de la série, Etudes et Documents, CERDI, N° 6.
- [7] Fullerton, D., (1982), *On the Possibility of an Inverse Relationship between Tax Rates and Government Revenues*, Journal of Public Economics, vol. 19, pp. 3–22.
- [8] Hansen, L.P., (1982), *Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators*, Econometrica (juillet), vol. 50 (4), pp. 1029–1054.
- [9] Laffer, A.B., (1981), *Government Exactions and Revenue Deficiencies*, The Cato Journal, vol. 1 (1), pp. 1–21.
- [10] Laffer, A., (2004), *The Laffer Curve: Past, Present, and Future*, Backgrounder, no. 1765, June.
- [11] Macek, R., (2014), *The Impact of Taxation on Economic Growth: Case Study of OECD Countries*, Review of Economic perspectives, Narodohospodarsky Obzor, vol. 14, iss. 4, pp. 309–328.
- [12] Megersa, A., (2014), *Economic Effects of Air Target Market Liberalization in Africa*, Working Papers in Transport Economics, Transport Studies Stockholm.
- [13] Mengue Bidzo, M., (2010), *Politique budgétaire et réduction des risques en union monétaire: le cas de la CEMAC*, Economie & Gestion, Vol. 10, N° 1–2, pp. 81–110.
- [14] Mengue Bidzo, M., (2013a), *Taille optimale de l'Etat dans une union monétaire: le cas de la CEMAC*, Revue d'Economie Appliquée, Vol. 1, N° 1, janv-juin, pp. 29–51.
- [15] Mengue Bidzo, M., (2016), *Piège à la Fiscalité: Le Cas de l'Economie Gabonaise*. Revue Internationale des Economistes de la Langue Française Vol. 1, N° 1, janv-juin, pp. 29–48.
- [16] Minea, A., Villieu, P., (2009), *Impôt, déficit et croissance économique: un réexamen de la courbe de Laffer*, Revue d'économie politique, Vol. 119, N° 4, pp. 653–675.
- [17] Mitchell, D., (2002), *The Correct Way to Measure the Revenue Impact of Changes in Tax Rates*, manuscript available at <http://www.heritage.org/Research/Taxes/BG1544.cfm>.
- [18] Novales, A., Ruiz, J., (2002), *Dynamic Laffer Curves*, Journal of Economic Dynamics and Control, vol. 27, pp. 181–206.
- [19] Nickell, S., (1981), *Biases in Dynamic Models with Fixed Effects*, Econometrica, vol. 49, pp. 1417–1426. Papp, T., Takats, E., (2008), *Tax Rate Cuts and Tax Compliance – The Laffer Curve Revisited*, IMF Working Paper, no. 7, January.
- [20] Piketty, T., Saez, E., Stantcheva, S., (2011), *Optimal Taxation of Top Labor Incomes: A Tale of Three Elasticities*, National Bureau of Economic Research Working Paper, no. 17616, Cambridge.
- [21] Scully, G.W., (1995), *The Growth Tax in the United States*, Public Choice, vol. 85, pp. 71–80. Slemrod, J., (1990), *Optimal Taxation and Optimal Tax Systems*, Journal of Economic Perspectives, vol. 4, no. 1, pp. 157–78.
- [22] Wanninski, J., (1978), *Taxes, Revenues, and the « Laffer Curve »*, the Public Interest, Hiver.

ANNEXE

Analyse descriptive des variables

	LPIBH	TPF	DB	FBCF	IDE	TO
Mean	23.86331	15.44246	-4.774938	12.92041	1.558864	72.33930
Mediane	23.82886	15.07949	-3.280717	11.61478	1.413818	74.63780
Maximum	24.52187	22.11228	2.870813	23.65876	6.026777	95.06973
Minimum	23.54351	10.39568	-16.65541	8.253466	0.176551	45.67570
Std. Dev.	0.266126	2.799412	4.570987	4.417962	1.051052	15.06767
Skewness	0.971489	0.371174	-1.231913	1.108566	2.247141	-0.196754
Kurtosis	3.162547	2.970880	3.568468	3.084997	10.63069	1.954444
Observation	35	35	35	35	35	35

Matrice de corrélation

Corrélation probability	LPIBH	TPF	DB	FBCF	IDE	TO
LPIBH	1.000000					
TPF	-0.78596	1.000000				
DB	0.380885	-0.371668	1.000000			
FBCF	0.817893	-0.499073	0.239974	1.000000		
IDE	0.114840	-0.242885	0.456963	0.070839	1.000000	
TO	-0.259060	0.127048	0.487348	-0.494245	0.301066	1.000000

Test de stationnarité des variables

Variables	Modèle	En niveau		1 ^{ère} différence		Conclusion
		ADF	PP	ADF	PP	
Logarithme du PIB réel	Constante	0.9993	0.9999	0.0586	0.0542	I (1)
	Cst et trend	0.9771	0.9951	0.0413	0.0411	
	Sans	0.9847	0.9985	0.0369	0.0451	
Taux de pression fiscal	Constante	0.4371	0.6416	0.0000	0.0000	I (1)
	Cst et trend	0.1305	0.1363	0.0000	0.0000	
	Sans	0.1937	0.0042	0.0000	0.0000	
Déficit budgétaire	Constante	0.1373	0.1332	0.0870	0.0034	I (1)
	Cst et trend	0.1169	0.0814	0.1456	0.0169	
	Sans	0.2843	0.1470	0.0070	0.0002	
Formation brute de capitale fixe	Constante	0.8636	0.7793	0.0002	0.0002	I (1)
	Cst et trend	0.7966	0.7064	0.0126	0.0008	
	Sans	0.8435	0.8098	0.0000	0.0000	
Investissement direct étranger	Constante	0.0461	0.0548	0.0000	0.0000	I (1)
	Cst et trend	0.1733	0.2008	0.0000	0.0000	
	Sans	0.1499	0.2314	0.0000	0.0000	
Taux d'ouverture	Constante	0.8144	0.6276	0.0009	0.0009	I (1)
	Cst et trend	0.9689	0.9111	0.0034	0.0036	
	Sans	0.2952	0.3274	0.0000	0.0000	

Retard optimal

Lag	Log L	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-213.7156	NA	0.037071	13.73222	14.007705*	13.82332
1	-162.5285	79.979776*	0.014979*	12.78303	14.70681	13.42071*
2	-136.6767	30.69902	0.036457	13.41729	16.99003	14.60155

Essai d'application de l'approche managériale socio-économique: Une autopsie organisationnelle de l'Institut Supérieur de Commerce (ISC) de Beni, en RD Congo (2010-2019)

[Application test of the socio-economic managerial approach: An organizational autopsy of the Higher Institute of Commerce (ISC) of Beni, DR Congo (2010-2019)]

Kambere Muhiwa Kamuha Bernard and Mudjinane Katanga Lucie

Institut Supérieur de Commerce de Beni, RD Congo

Copyright © 2022 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 is a study of the organization of a higher education institution. This institution is named « Institut Supérieur de Commerce de Beni (ISC/Beni) ». This research is undertaken thanks to the « socio – economic » management approach. The research question identifies the lack of performance factors of the ISC/Beni, at the organic, academic, administrative and financial levels. At the end of the investigation, it is noted a rapprochement of reality to this approach. Several contradictions are noted in the functioning of the institution. The actual functioning is partially different from the expected functioning, enshrined in the texts of the Ministry of Higher and University Education. The diagnosis can be a valuable guide to help improve dysfunctional subsystems.

KEYWORDS: approach, economics, management, organizational theories, teaching, university.

RESUME: Il est question ici d'une étude de l'organisation d'un Etablissement d'Enseignement Supérieur, l'Institut Supérieur de Commerce de Beni (ISC/Beni), à partir de l'approche managériale dite « socio-économique ». La question de recherche consiste à identifier les facteurs de non performance de l'ISC/Beni, sur le plan organique, académique, administratif et financier. A l'issue de l'enquête, il est constaté un rapprochement de la réalité à cette approche. Plusieurs contradictions sont relevées dans le fonctionnement de l'institution. Le fonctionnement réel est partiellement différent du fonctionnement attendu, consacré par les textes du Ministère de l'Enseignement Supérieur et Universitaire. Le diagnostic fait peut constituer un guide précieux susceptible d'aider à améliorer les sous-systèmes dysfonctionnels constatés.

MOTS-CLEFS: approche, économie, management, théories des organisations, enseignement, université.

1 INTRODUCTION

L'objet de cette communication scientifique est d'explicitier, dans un premier temps, quelques fondements conceptuels et praxéologiques, en termes d'indicateurs de la théorie socio-économique des organisations. HENRI MINTZBERG, cité, définit une organisation comme « un ensemble relativement stable d'acteurs tournés vers des objectifs généraux communs et qui, en vue de leur réalisation, recourent à une division du travail (une spécialisation des tâches) et à des modalités de coordination et de contrôle » (A. DAYAN, 2004: 53). L'institut Supérieur de Commerce (ISC) de Beni répond parfaitement à ces critères. Comme institution d'Enseignement Supérieur et Universitaire technique, l'ISC/Beni dispose notamment des organes, des

structures, du personnel, des étudiants, de l'idéologie ou la culture (normes, temps, valeurs, symboles, parade, ...), des mobiliers et immobiliers. Ce qui concourt à sa mission éducative, d'enseignement et de recherche.

Il s'avère que différentes contraintes interviennent dans son fonctionnement et prédisposent l'Etablissement à réduire sa performance vis-à-vis des normes officielles. *Les facteurs de sa non performance sur le plan organique, académique, administratif et financier intéressent notre étude.* Celle-ci est principalement menée grâce à l'approche socio-économique des organisations et le positivisme.

En effet, d'après Henri SAVALL et Véronique ZARDET (sd: 4), Professeurs de Sciences de gestion de l'Université Jean Moulin Lyon 3, « l'analyse socio-économique, par souci de rapprochement avec l'audit social, sera dénommée "audit socio-économique." » Dans ce cadre, l'analyse socio-économique peut donc s'appréhender comme un diagnostic du fonctionnement de l'Etablissement sur le plan managérial et de la gestion du personnel.

La seconde partie du travail présente les résultats d'enquête menée au sein de l'Institut Supérieur de Commerce de Beni (ISC/Beni). L'objectif de cette recherche, est de déceler les indices d'application de la théorie socio-économique dans cet Etablissement technique d'Enseignement Supérieur et Universitaire.

L'on ne saurait passer sous silence, l'apport des témoins directs de l'histoire qui ont, dans l'informel, corrigé ce papier avant d'être soumis à cette Revue. Il s'agit du Professeur Jean-Baptiste Paluku Ndavaro, Directeur Général à l'Institut Supérieur de Commerce de Beni (ISC/Beni) de 2015 à 2021 et du Chef de Travaux Faustin Muhindo Muhasa, enseignant, ancien Chef de Section, Administrateur du Budget (juin 2015- juin 2021) et actuel Secrétaire Général Académique dans la même institution. Leurs retouches apportées au texte ont permis de perfectionner la configuration du papier. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

Il convient à présent de brosser rapidement la revue de la littérature, avant la présentation de l'ISC/Beni et des résultats.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR L'APPROCHE SOCIO-ÉCONOMIQUE DES ORGANISATIONS

Nous nous inspirons largement des travaux du Professeur Français **Henri Savall et Véronique Zardet**. Ces auteurs présentent l'approche socio-économique en 2008, à travers leur ouvrage intitulé "Maîtriser les coûts et les performances". Nous nous proposons de circonscrire les indicateurs de la théorie socio-économique des organisations, à vérifier, à travers le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Cadre opérationnel de l'approche socio-économique

N°	Approches connexes	Variables	Indicateurs	Observation
1.	Par le potentiel humain	Potentiel humain	- Interaction ou compatibilité entre performance sociale et performance (ou efficacité) économique, - Développement de tout le potentiel humain et intégration de la performance sociale et économique (j-m. Plane,2013: 98); - Coûts humains.	Toute organisation produit des dysfonctionnements, sources des coûts cachés (J-M. PLANE,2013: 98)
2.	Par dysfonctionnement	- Comportements individuels; - Interaction des structures et des comportements provoque des dysfonctionnements (J-M. PLANE, 2013: 98)	- Fonctionnement réel est différent du fonctionnement attendu à travers différents comportements des membres; - Ecart entre résultats attendus et résultats obtenus.	« - situation organisationnelles, matérielle, technologiques et culturelles; - écarts avec ce qui était souhaité (perturbations); -conséquences financières (les coûts cachés) sont les véritables causes des problèmes de type organisationnel; » (Master en management des ressources humaines, sd: 12-14). -pratiques observables des acteurs au sein de l’ organisation et relativité des théories scientifiques existantes.
		Comportements d’activité	- Coûts cachés liés aux absentéismes, - Coûts cachés liés aux accidents de travaux, - Coûts cachés liés à la rotation du personnel, - Coûts cachés liés aux qualités du produit, - Ecart de productivité directe; signe de malaise social (pannes, lenteurs, ...), - Diagnostic des couts cachés (ex. Individus sans <i>pouvoir hiérarchique classique, mais disposant d’importants pouvoirs dans la réalité; certains acteurs internes échappent à la commande hiérarchique, à travers certains comportements d’évasion: absentéismes, sous productivité chronique ou notoire, ...</i>); - Coûts social et économique; - Relation apaisée entre acteurs au sein de l’entreprise, - Mauvaises conditions de travail à corriger (générant des coûts cachés); - Confort-inconfort, satisfaction, insatisfaction, bien-être-mal-être (valeur sociale); - Contractualisation des relations de travail; - Surcharges sur salaire, temps, consommation, production, - Situations construites par jeu dialectique des acteurs, sans référence focalisée sur les normes juridiques exogènes (situations concrètes hors textes légaux).	
		Comportements catégoriels		
		De groupes d’affinités ou groupes de pression		
		Coûts cachés, coûts de régulation et conséquences du dysfonctionnement (destructions réelles ou potentielles de la valeur ajoutée, micro-pouvoirs multiformes, visibles, explicites ou cachés).		
		Valeur socio-économique (acquise par baisse de dysfonctionnement)	- Avantages sociaux (qualitatif, émotion affective, esthétique, climat social ou conditions de travail, gestion du temps, formation intégrée) - résultat immédiat; - Avantages matériels ou financiers (pouvoir d’achat individuel ou collectif; investissement incorporel-crédation de potentiel); - « Réduction du dysfonctionnement, des coûts cachés par des actions de management socio-économique, à travers la structure et les comportements pour améliorer la performance globale » (j-m. Plane, 2013: 98).	

Au regard de ce tableau, les approches par le potentiel humain et par dysfonctionnement constituent les deux dimensions de l'approche socio-économique. A chaque niveau, des indicateurs mis en évidence facilitent l'observation empirique du fonctionnement de l'Institut Supérieur de Commerce de Beni dont une présentation succincte reste fusionnée avec les résultats au deuxième point.

3 DE LA BRÈVE PRÉSENTATION DE L'INSTITUT SUPÉRIEUR DE COMMERCE DE BENI ET DES RÉSULTATS

Cette partie est consacrée à l'organisation de l'Institut Supérieur de Commerce de Beni et à l'analyse des résultats d'enquête.

3.1 DE L'INSTITUT SUPÉRIEUR DE COMMERCE DE BENI

3.1.1 BREF HISTORIQUE

L'Institut Supérieur de Commerce de Beni (ISC/Beni) est une Institution Publique d'Enseignement Supérieur Technique en République Démocratique du Congo. Il est créé par l'Arrêté Ministériel N° ESU/CABMIN/0220/93 du 20 août 1993. Il ouvre ses portes en 1993 et débute effectivement les enseignements, à Beni, le 12 février 1994.

La création de l'ISC/Beni en 1993 se situe dans un contexte historique: la politique gouvernementale d'Essaimage des Etablissements de l'Enseignement Supérieur et Universitaire, à travers les provinces du pays.

L'ISC/Beni est pris en charge par le Gouvernement de la République Démocratique du Congo, à partir de l'Arrêté Ministériel n° ESU/CABMIN/024/2004, du 09 mars 2004.

Dans son évolution, l'ISC/Beni a jusque-là connu une succession de sept Comités dirigés respectivement par le CT Florent Kambale Kabila Mututulo (1993-1997), CT Bernardin Yalala Vihutho (1997-1999, CT Paluku Wa Thembo Laurent (2000 - 2004), Prof. Sikumbili Virimumutima Etienne (2004 à 2010), le Prof. Kambale Kabila Mututulo Florent (2010 à 2015), décédé en 2011; le Prof. Paluku Ndavaro Jean- Baptiste (29 juin 2015-25 juin 2021), Prof. Kahambu Matita Jeanette (25 juin 2021 à nos jours).

Plusieurs événements émaillent ce processus. Sans entrer dans leurs détails, nous nous bornons sur la période de 2010 à 2019.

3.2 DE L'APPROCHE SOCIO-ÉCONOMIQUE À L'ISC/BENI

Il convient, de prime abord, de brosser la démarche méthodologique suivie avant de présenter les résultats.

3.2.1 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

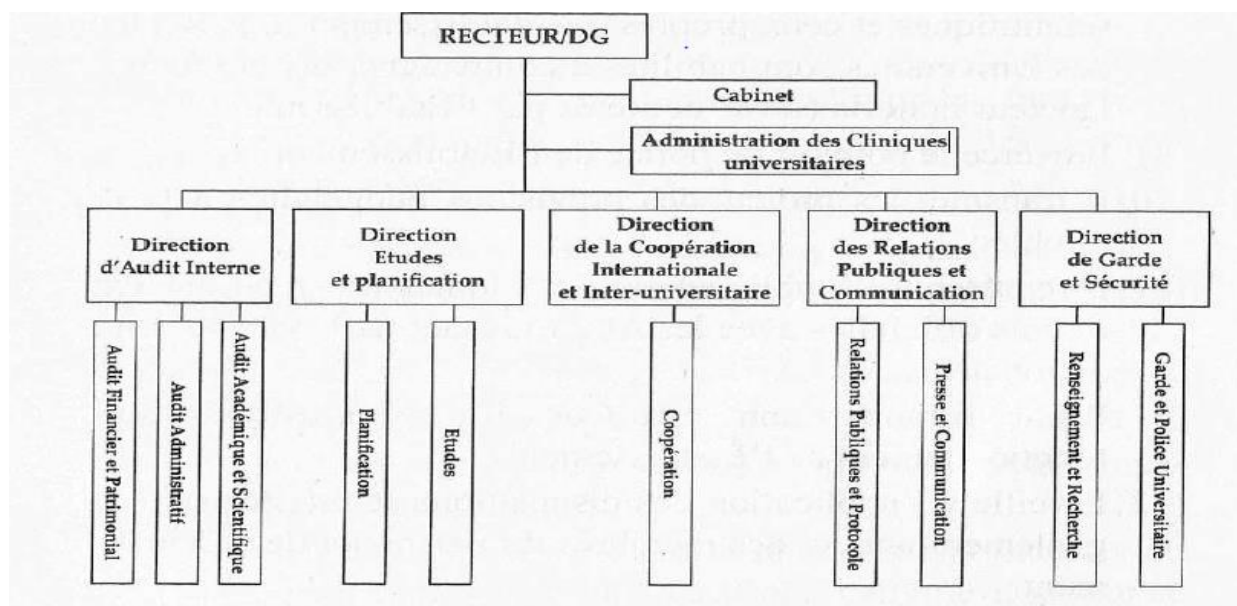
Avec deux approches: socio-économique et hypothético-déductive, nous nous servons de la revue de la littérature ébauchée plus haut. Un effort est fourni pour vérifier l'applicabilité de l'approche socio-économique sur l'ISC/Beni.

En plus, la technique d'enquête par entretien structuré, la recherche documentaire et la technique d'observation de groupe facilitent l'accès aux données. Par la première, certains agents de l'ISC/Beni sont interrogés sur les situations socio-économiques vécues. Avec la technique d'observation de groupes, notre expérience à l'ISC/Beni, en qualités successives de Chef de Section adjoint chargé de la recherche (23.9.2003-28.7.2007), Chef de Section (28.7.2007- 4 septembre 2010), Directeur de Cabinet du Directeur Général (4 septembre 2010-2011), Secrétaire Général Académique (29.6.2015 -25.6.2021), à l'Institut Supérieur de Commerce de Beni, nous permet de vivre et rapporter les faits qui se rattachent à l'approche socio-économique abordée. Certains documents académiques et administratifs de l'ISC/Beni et de l'Enseignement Supérieur et Universitaire facilitent l'argumentaire scientifique.

Pour le traitement de certaines données, l'on recourt au logiciel Statistical Packages for Social Sciences (SPSS).

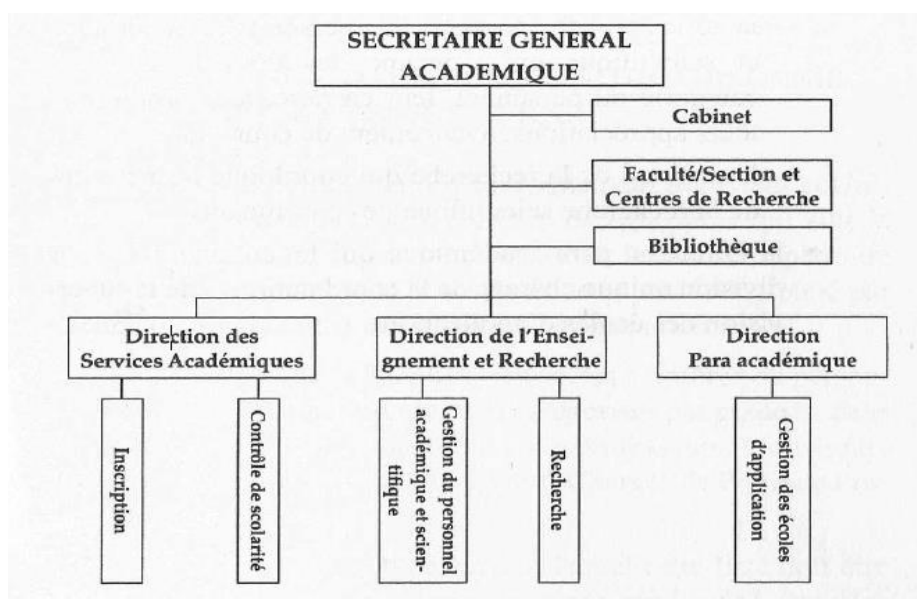
3.2.2 DES RÉSULTATS

Dans ce point des résultats obtenus, l'accent est successivement mis sur le dysfonctionnement structurel, la présence des micro-pouvoirs, les arrangements locaux ou internes, le climat social, pouvoir d'achat du personnel et embauche des finalistes de l'ISC/Beni, ainsi que les actions de performance institutionnelle; éléments-clés de l'approche managériale socio-économique.



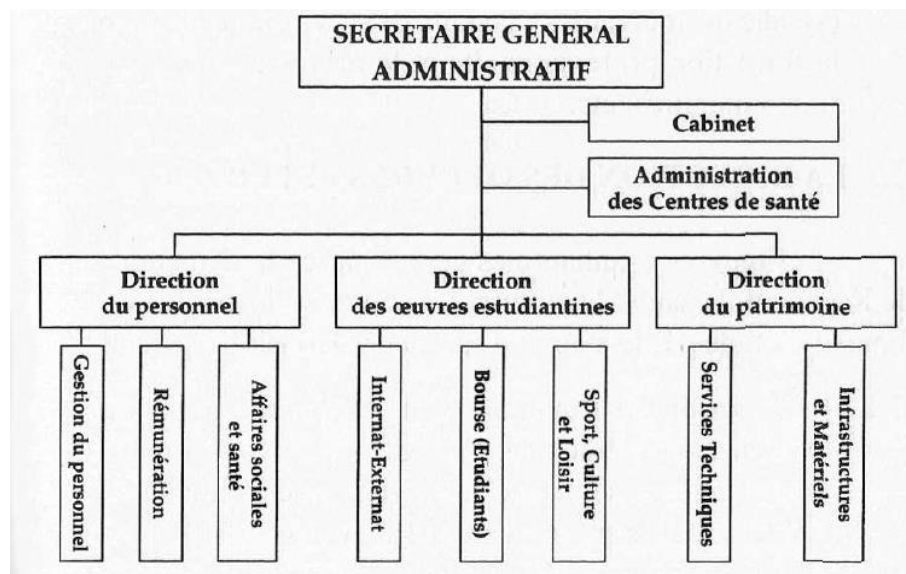
Graphique 2. Structure officielle de la Direction Générale

Pour la Direction Générale de l'ISC/Beni, il n'existe que le Directeur de Cabinet, le seul Chargé de garde et sécurité et le Chargé des relations publiques et protocole. Ce qui représente 4/17 postes (soit 23, 5% de postes fonctionnels).



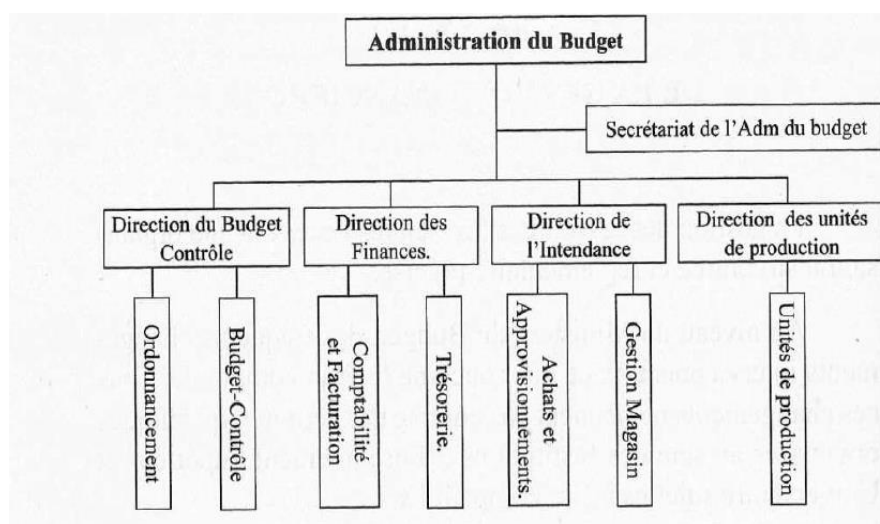
Graphique 3. Organigramme officiel du Bureau du Secrétaire Général Académique

Sur 11 services prévus, attachés au Bureau du Secrétaire Général Académique, l'ISC/Beni compte deux, à savoir la Section et la Bibliothèque, hormis un Chargé de Planification et statistiques, désigné Assistant du Secrétaire Général Académique. Ce qui représente 18,2% pour services fonctionnels.



Graphique 4. Modèle officiel de l'organigramme du Secrétariat Général Administratif (SGAd)

Le SGAd travaille seul. Aucune des trois directions n'existe. Ainsi 1/14, soit 7,1% de postes sont fonctionnels.



Graphique 5. Structure officielle de l'Administration du Budget

L'Administrateur du Budget (AB) travaille avec 4 agents: Son Assistant (depuis 2017), le Comptable, le Comptable auxiliaire (non permanent et enseignant permanent à l'Institut Bungulu Beni) et le Caissier. Toutes les quatre directions sont quasi inexistantes, leur rôle étant péniblement joué par l'AB, et 4 agents cités.

- **Le Comité de gestion incomplet de 2011 à 2015**

Lors du décès, le 9 octobre 2011, du Prof Kambale Mututulo Florent, alors Directeur Général, l'ISC/Beni évolue quatre ans durant sans son remplaçant. Le Comité de gestion est ainsi géré par trois membres. En plus, à la mort, en avril 2014, du CT Paluku Wa Thembo, alors Secrétaire Général Académique et DG intérimaire, le Comité de gestion gardera 2 membres jusqu'au 29 juin 2015, date de désignation du nouveau Comité de gestion, composé de quatre membres.

- **L'inexistence du poste de Secrétaire Général chargé de la recherche**

D'après l'Instruction Académique n° 014, considérant l'importance indéniable que revêt la recherche dans les Etablissements de l'ESU et les Centres de recherche y rattachés, sur proposition de la deuxième conférence des Chefs d'Etablissements, tenue à Kinshasa, du 06 au 10 juin 2011, il a été décidé de créer, au sein des Comités de gestion, le poste de Secrétaire Général chargé de la Recherche et ce, à partir de l'année académique 2011-2012.

Curieusement, jusqu'à ce jour, ce poste est inexistant à l'ISC/Beni et dans nombreux Etablissements d'Enseignement Supérieur et Universitaire en RD.Congo.

- **L'inapplication du Statut du personnel de l'ESU; de l'ordonnance no 16/071 du 29 septembre 2016 dans leur intégralité et de la Loi-Cadre n° 14/004 du 11 février 2014 de l'Enseignement national**

L'intervention de deux textes se justifie par le monopole du Statut du personnel de l'ESU avant le 29/9/ 2016 et les modifications innovantes apportées par l'Ordonnance n° 16 à partir de cette date.

Lorsqu'on consulte le Statut du personnel (cf. Ordonnance n° 81-160 du 7 octobre 1981, art. 87), avant sa modification par la Loi n°18/038 du 29 décembre 2018 et en examinant l'Ordonnance n° 16/071 (ACP, 2016, arts 42, 44, 46, 48, 51, 55, 57, 60, 62 et 63), on se rend compte de la difficulté d'application de certains articles, à l'ISC/ Beni. A titre d'exemple, nous citons, le titre III du Statut qui précise les avantages sociaux alloués en cours de carrière (allocations familiales, soins de santé, logement, frais funéraires, transport, voyage, ...). L'on observe une absence de prime d'intérim (art.85) et des heures supplémentaires au profit des agents. L'article 14 du statut portant désignation du Directeur Général par le Président de la République reste inapplicable, car au cours de notre période d'étude, le Directeur Général est nommé à titre intérimaire par Arrêté du Ministre de l'Enseignement Supérieur et Universitaire (ESU). A ce sujet, l'article 42 de l'Ordonnance précitée de 2016 n'est pas respecté en ce sens que le DG n'est pas élu pour 4ans par ses pairs et investi par le Président de la République à l'ISC/Beni. Mais, il est nommé par Arrêté, sans vote.

En plus, avec les articles 15 du Statut et 44 de l'Ordonnance, le Secrétaire Général Académique serait nommé parmi les membres du corps académique, ayant au moins le grade de Professeur, pour un mandat de quatre ans, renouvelable une fois. L'article 16 du Statut et 46 de l'Ordonnance signalent que le Secrétaire Général Administratif est nommé parmi les membres du personnel administratif de commandement titulaire d'un diplôme de licence et ayant au moins le grade de Directeur ou du personnel académique, pour un mandat de quatre ans, renouvelable une fois. Pour l'article 17 du Statut et 48 de l'Ordonnance, l'Administrateur du Budget est nommé parmi le personnel de commandement titulaire d'un diplôme de deuxième cycle et justifiant d'une expérience d'au moins trois ans dans l'Administration des finances des services publics ou de l'ESU. Son mandat est de 4ans renouvelable.

Au surplus, avec l'article 55 de l'Ordonnance précitée, modifiant l'article 21 du Statut, il est retenu la nomination du Chef de Section, par le Directeur Général, parmi les membres du corps académique ayant au moins le grade de **Professeur, après élection** par le Conseil de Section, pour un mandat de **3 ans** renouvelable une fois. L'article 57 de ce texte prévoit la nomination des Chefs de Sections Adjoints par le DG parmi les membres du corps académique ayant au moins le grade de Professeur Associé, après élection par le Conseil de Section, pour un mandat de 3ans renouvelable une fois. Avec l'article 60 du même texte, le Secrétaire académique de Section est élu par ses pairs membres du personnel académique et investi par le DG, pour un mandat de 3ans renouvelable une fois.

Par ailleurs, le Système Licence-Maitrise- Doctorat (LMD) prévu par la Loi-Cadre de l'Enseignement National de 2014 n'est toujours pas d'application dans la majorité d'universités et d'Instituts Supérieurs en RDC dont l'ISC/Beni, car non autorisé par le Ministre du ressort.

En effet, dans la praxis sociale, à l'ISC/Beni, l'on constate des contradictions, à travers les deux tableaux suivants:

Tableau 2. Analyse de la structuration de la Section de l'ISC/Beni, de 2010 à 2018

N°	Période	Chef de Section	Chefs de Section Adjoint	Secrétaire académique de Section	Décision	Mandat rempli/an et mode de désignation
1.	4/9/2010	As. Muhasa (5 ans)	-As ₁ Kahebe (jusqu'au 24.12.2012 après destitution) -As ₂ .Kaghesi	-CPP2 Sikuliwako (2 ans, après destitution)	N° 010/2010	Nomination
2.	10/11/2012		As ₁ Malali	As. Kitsa Sivasimire (3 ans)	N° 041/2012	
3.	26.10.2013		-As.Matumo -As ₁ Malali		N° 018/2013	2
4.	12/11/2014		As ₁ Muyisa (pour Gestion info)		N° 015/2014	1 an (mise en disponibilité)
5.	21 /7/2015			AS ₂ Kyakakala (jusqu'au 30.10.2015)	N° 029/2015	3 mois
6.	30/10/2015	CT Sikulisimwa (3 ans)	-As ₂ Matumo, -As ₁ Malali As ₁ Sihingirwa (1 an et 10 mois)	CPP2 Sikuliwako	N° 039/2015	3 ans
7.	30.8.2017		-As ₁ Ngaingai		N° 014/2017	
8.	30.10.2018	CT Sikulisimwa	-As ₁ Katabu; -As ₁ Ngaingai; -As ₁ Imani	CPP2 Sikuliwako	N° 18/2018	Nomination

Au regard de ce tableau, on constate qu'en tenant compte des indicateurs temps et grade, le Chef de Section Muhasa, nommé, réalise 5ans au lieu de 2 ans officiellement prévus dans le Statut, avant 2016. Ce problème est constaté avant novembre 2015. Pour la même période, le temps passé à la Section par les Chefs de Sections adjoints connaît aussi des décalages dus, soit aux destitutions, soit à la mise en disponibilité. Pour l'autre période, après, le temps du mandat est respecté.

En fait, pour tous les membres de la Section, les nominations ne tiennent pas compte du grade académique reconnu.

Aussi, l'article 63 de l'Ordonnance prévoyant le Département comme unité de base de l'enseignement et de la recherche n'est pas observé à l'ISC/Beni. Cet organe est inexistant. Il en est de même du poste de Secrétaire Administratif et financier, prévu depuis 2016, qui n'existe pas à la Section.

Tableau 3. Incohérences pratiques à travers la nomination des Comités de gestion à l'ISC/Beni

N°	Période	Mandat Réalisé/an	DG	SGAc	SGAd	AB	Observation
1.	14.9.1993-10.5.1997	4	CT Kambale Kabila Mututulo Florent	CT Muhindo Kibwana	CT Kambale Mukulukyo Alfred		-AM 0228/93 -DG reste seul après désertion des collaborateurs; -DG entre dans le mouvement rebelle AFDL en 1996 (vide institutionnel)
2.	10.5.1997-6.7.2004	7	- CT Yalala Vihutho Bernardin; - CT Paluku Wa Thembo Laurent (par Acte issu en 2000 du mouvement Rebelle RCD/Kis-ML	- As. Kambale Malumalu Timothée	- As. Kambale Sikulisimwa Chrisanthes		-Décision n° C.GEN/CAB/ESU/CAD/RTE/02/97; -Décès du DG le 28.10.1999.
3.	6.7.2004-20.1.2010	6	PA Sikumbili Virimumutima Etienne	- CT Paluku wa Thembo (au 5.12.2006); - CT Saiba Lukwamirwe Léonard (à partir du 5.12.2006)	As. Kambale Sikulisimwa Chrisanthes	As. KanikNzambi W'embendwe Aubert (à partir du 5.12.2006)	-AM n° 070/004; -AM 294 du 10.10.2006; -AM n° 363 du 5.12.2006
4.	20.1.2010-29.6.2015	5	- PA Kambale Kabila Mututulo Florent	CT Laurent Paluku wa Thembo	As.Kambale Malumalu Timothée	- Me Kyalumba Kangapipi Baudouin (depuis 20.1.2010; - Kakule Kayitambia (AM du 12.10.2010)	
5.	29.6.2015 - 25.6.2021	6	- PA Paluku Ndavaro Jean Baptiste	CT Kambere Muhiwa Kamuha Bernard	CT Kambale Malumalu Timothée	- CT Muhindo Muhasa Faustin	

Légende: DG: Directeur Général; SGAc: Secrétaire Général Académique; SGAd: Secrétaire Général Administratif; AB: Administrateur du Budget; PA: Professeur Associé; CT: Chef de Travaux.

Depuis 1993 à nos jours, l'ISC/Beni n'a connu aucun Professeur nommé comme Secrétaire Général Académique. Les mandats officiels, soit sans pour le DG et 4 ans, pour les autres membres du Comité de gestion suivant le Statuts, rendu en 4ans pour tout le Comité de gestion, ne sont pas respectés. Aucun Professeur n'a été désigné SGAc. Le SGAd et AB ne sont pas issus du personnel Administratif de commandement. Le mandat du SGAd est renouvelé plus d'une fois.

3.2.2.1.2 SUR LE PLAN ACADÉMIQUE

Sur ce plan, les agents enquêtés retiennent ce qui suit:

- **Le non-respect du calendrier académique, des dates prévues et le chômage des cours à la suite des décès des membres de famille des étudiants**

Certains événements dont notamment l'indisponibilité des enseignants visiteurs, l'insécurité et le décès des membres de familles des étudiants perturbent de fois le calendrier académique et les horaires de cours. A titre illustratif, d'après le rapport académique 2015-2016, suite à la disponibilité de dernière minute, du Prof Muhindo Masivi Osée, enseignant visiteur, certains cours en Gestion Informatique sont enseignés pendant la période prévue pour le blocus et entraîne la prorogation des examens en licence, au-delà du 23 juillet 2016 (ISC/BENI, SECRETAIRE GENERAL ACADEMIQUE, 2015-2016: 1).

Ce phénomène s'observe l'année suivante avec le même enseignant, comme le signale le Rapport de l'année 2016-2017. Dans le même cadre, la Sous Conférence des Chefs d' Etablissements de l'Enseignement Supérieur et Universitaire (CCE/ESU) de Beni souligne: « depuis le commencement des tueries en 2014 en Ville et Territoire de Beni, l'Enseignement Supérieur et Universitaire de cette entité se retrouve perturbée suite à l'insécurité récurrente provoquée par les groupes armés étrangers (ADF) et nationaux. A ceci s'est ajoutée l'épidémie de la maladie à Virus Ebola qui a surgi au début du mois d'août 2018, à deux mois de la rentrée académique 2018-2019, ces deux défis majeurs ont largement contribué au dysfonctionnement de nos institutions...» (ESU, SOUS-CONFERENCE DES CHEFS D'ETABLISSEMENTS DE L'ESU BENI, 2019).

Enfin, le chômage des cours s'observe quelques fois lors du décès des membres de famille des étudiants, alors que seul l'auditoire de l'étudiant décédé devait être concerné. Même pour le cas d'étudiants décédés, tous les étudiants de l'établissement et d'autres institutions se trouvent emballés par l'événement. Il est utile de renforcer la conscientisation et les sanctions pour éviter la perturbation des cours à la suite de cet imprévu.

- **La responsabilisation des enseignants moins gradés et sous-qualifiés**

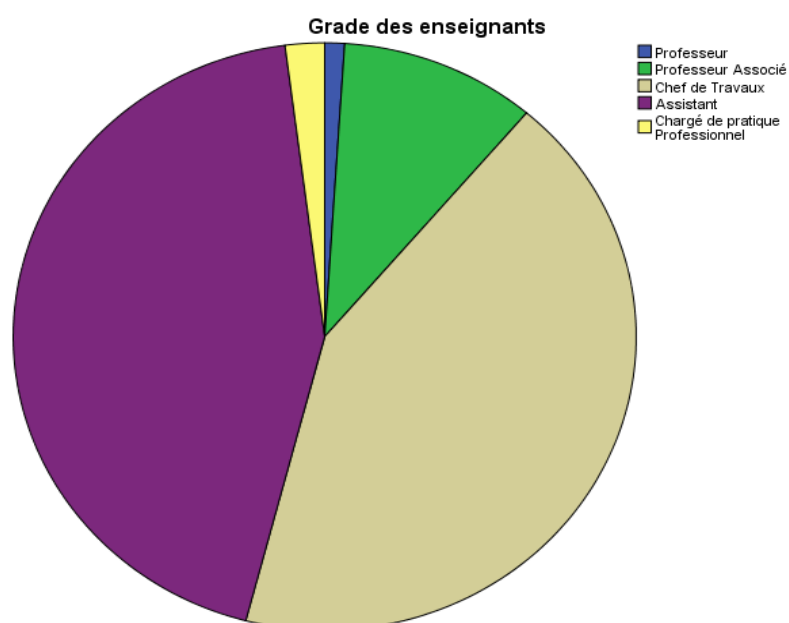
En nous basant sur le dépouillement et l'analyse de 98 contenus des cours enseignés à l' ISC/Beni, de 2013-2014 à 2016-2017, on constate une carence en Professeurs, en qualité de titulaires des cours.

Tableau 4. Tableau IV: Sous qualification des enseignants de 2013 à 2017

		Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Professeur	1	1,0	1,0	1,0
	Professeur Associé	10	10,2	10,2	11,2
	Chef de Travaux	42	42,9	42,9	54,1
	Assistant	43	43,9	43,9	98,0
	Chargé de pratique Professionnelle	2	2,0	2,0	100,0
	Total	98	100,0	100,0	

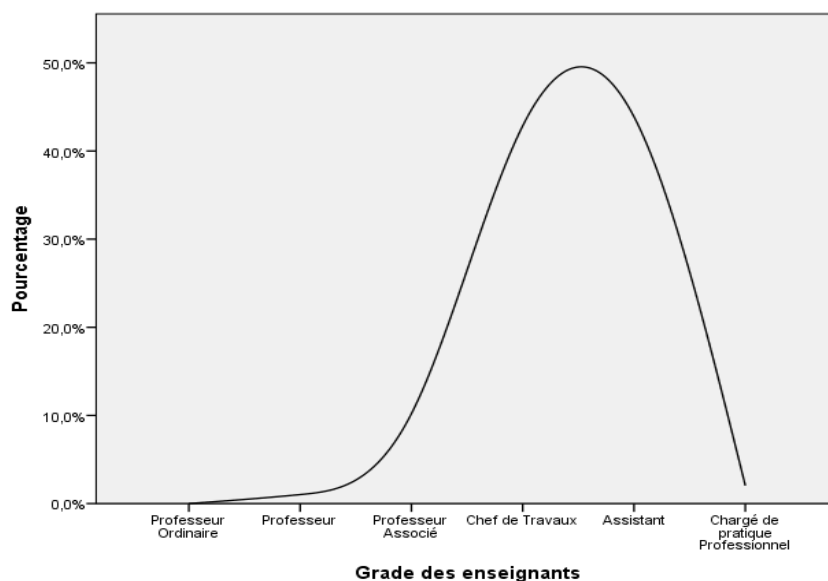
Le dépouillement de 98 fiches de contenus de cours renseigne que 11 cours ou 11% de cours sont enseignés par des professeurs et 87 (soit 89%) par les Chefs de Travaux, Assistants et Chargés de pratique professionnelle.

Le graphique ci-dessous clarifie davantage cette situation problématique de la sous qualification des enseignants, à l'ISC/Beni.



Graphique 6. Diagramme à secteur sur la sous-qualification des enseignants de l'ISC/Beni

Ici, le grand nombre de cours sont attribués aux Chefs de Travaux et Assistants. La courbe suivante ébauche ce problème, de la même façon.



Graphique 7. Représentation graphique avec courbe de pourcentage de la sous-qualification des enseignants à l'ISC/Beni.

Les graphiques ci-dessus font état de la concentration des enseignants titulaires des cours au grade de Chefs de travaux et d'Assistants de premier et de deuxième mandat. Les Professeurs enseignent peu de matières.

- **L'insuffisance des charges horaires des enseignants**

Plusieurs enseignants de la Section Sciences Commerciales et Financières se trouvent souvent moins chargés, suite au surnombre et l'implication des visiteurs pour certaines spécialités et à la sous-qualification. Cette dernière pousse au recours à certaines compétences externes;

- **Les inscriptions hors délai et sans dossiers complets**

Plusieurs candidats à l'inscription s'amènent avec retard. L'ISC/Beni les reçoit au-delà de la période officiellement prévue généralement en fin septembre. Plusieurs étudiants sont enregistrés sans les dossiers au grand complet. Ils les complètent au cours de l'année.

- **De l'indisponibilité de nombreux enseignants prévus, l'existence d' "emplois secondaires" et réattributions des matières en cours d'année**

Ce terme d'emplois secondaires est emprunté de CYRIL OWEN BRANDT (2013: 31).

Lorsqu'on parcourt le classeur des lettres de réattribution de charges horaires, au cours de l'année, on se rend compte que nombreux enseignants effectuent des cumuls de fonction et extra-muros, même si l'on ne présente pas les statistiques y relatives. Les étudiants chôment parfois parce qu'il faut attendre un enseignant indisponible. Vers la fin de l'année académique 2015-2016, un Enseignant, unique Docteur en Informatique, intervenant dans plusieurs établissements, est venu en dernières minutes, alterner les enseignements dans quatre auditorios. Il était accompagné des Assistants. L'avant-midi, le Professeur occupe un auditorio, l'après-midi, un autre.

Ainsi, avec l'indisponibilité de certains enseignants, on assiste chaque année, aux réattributions de quelques cours en difficulté.

- **La Bibliothèque inconfortable et non remise des TFC et Mémoires en totalité**

La Bibliothèque de l'ISC/Beni renferme encore moins de documentations, soit « 386 ouvrages, 10 dictionnaires, 452 romans, 15 revues et thèses ». Ces informations sont recueillies, ce 9 juillet 2019, auprès de la Bibliothécaire de l'ISC/Beni, en la personne de Kahindo Kavira Dada. La Bibliothèque mérite d'être renforcée, par des ouvrages de spécialité. Un effort est fourni avec l'achat, ces dernières années, de quelques livres de spécialité et la disponibilité de plusieurs ouvrages électroniques.

- **Le phénomène de rattrapage et cours de complément exagérés**

Plusieurs étudiants ratent des enseignements pour plusieurs raisons (maladies, inscription tardive, motifs inavoués, non justifiés). Cette situation pousse le Bureau de Section à organiser des enseignements dits de rattrapage non prévus par les textes légaux, par crainte d'ajournement des concernés.

- **L'incohérence du nombre d'interrogations organisées et du volume horaire & la non remise parfaite des copies des travaux journaliers**

Quelle que soit l'insistance des services académiques, d'après quelques étudiants enquêtés, certains enseignants gardent et ne remettent pas aux étudiants les copies des travaux pratiques et d'interrogation. Mais aussi, officiellement, il est prévu une interrogation après 15 heures d'enseignement. Mais nombreux enseignants organisent moins d'interrogations que prévues. Pour un cours de 45h ou 60h et plus, certains peuvent administrer une seule interrogation. C'est en début d'année 2018-2019 que le paiement d'honoraires est conditionné par l'organisation d'interrogations, visualisée sur la fiche de prestation.

- **L'absentéisme des étudiants aux cours**

Pour des raisons diverses, l'on constate des absences aux cours. Tous les étudiants ne sont jamais présents quelle que soit l'exigence de participation impérative aux cours.

- **La délibération et la péréquation non conforme aux critères prévus**

Pendant les délibérations, surtout de la seconde session, les membres du Jury dévient souvent les critères officiels de délibération, lorsqu'ils constatent que plusieurs étudiants risquent l'ajournement. Les membres du Jury recommandent, de fois la prise en compte d'un seuil de pourcentage (ex. 50%, 52%, ...) pour délibérer ceux dont les résultats y répondent, avec une péréquation opérée de manière informelle et désordonnée. Ce qui contribue de fois à la baisse du niveau intellectuel de nombreux étudiants des classes montantes.

- **Le faible niveau de publications des enseignants**

Il y a lieu de décrier le faible niveau de publication des enseignants. Depuis leur nomination au grade d'Assistant de premier mandat, en 2004, après plus de 15 ans de carrière, nombreux Assistants et Chefs de Travaux ne comptent, à leur actif, qu'au plus 4 articles scientifiques. Des efforts sont fournis pour rendre obligatoire les publications annuelles.

3.2.2.1.3 SUR LE PLAN ADMINISTRATIF

Dans le secteur administratif, certaines situations dysfonctionnelles relatives à l'irrégularité et absentéisme des agents, à la gestion du patrimoine, la rémunération, la promotion, formation du personnel, la gestion des congés annuels et aux ressources matérielles méritent d'être mises en évidence.

- **Irrégularité du personnel au service**

Tableau 5. Les moyennes d'heures d'arrivée et de sortie du personnel de Bureau de l'ISC/Beni (2014-2018)

2014			2015			2016			2017			2018			TOTAL				
Mercredi 26.11		Mardi 9.12	Mercredi 7.1		Mercredi 27.4	Jeudi 14.7	Mardi 14.2		Mercredi 15.2		Jeudi 16.2		Jeudi 16.6	Mercredi 3.10					
8: 39	Heures moyennes d'arrivée		8: 39	Heures moyennes d'arrivée		9: 01	Heures moyennes d'arrivée		9: 16	Heures moyennes d'arrivée		9: 20	Heures moyennes d'arrivée		9: 12	Heures moyennes d'arrivée		9: 04	Heures moyennes d'arrivée
15: 50	Heures moyennes de sortie		15: 51	Heures moyennes de sortie		16: 46	Heures moyennes de sortie		16: 09	Heures moyennes de sortie		15: 04	Heures moyennes de sortie		16: 20	Heures moyennes de sortie		16: 01	Heures moyennes de sortie
7: 10	Heures de service réalisées		7: 11	Heures de service réalisées		7: 22	Heures de service réalisées		6: 52	Heures de service réalisées		15: 47	Heures de service réalisées		7: 08	Heures de service réalisées		6: 56	Heures de service réalisées
8: 30	Heures moyennes d'arrivée		8: 57	Heures moyennes d'arrivée			Heures moyennes d'arrivée		9: 31	Heures moyennes d'arrivée		6: 16	Heures de service réalisées						
15: 49	Heures moyennes de sortie		16: 19	Heures moyennes de sortie			Heures moyennes de sortie			Heures moyennes de sortie			Heures de service réalisées						
7: 18	Heures de service réalisées		7: 45	Heures de service réalisées			Heures de service réalisées			Heures de service réalisées			Heures de service réalisées						

En considérant un échantillon d'heures d'arrivées et de sortie au service, on tire un constat sur le non respect du temps officiellement reconnu. Au cours de jours considérés, de 2014 à 2018, les agents arrivent au service à 9h04' et quittent le service à 16h01', avec une réalisation de 6h56', au lieu de 8h00 de service.

A l'ISC/Beni, le service doit commencer à 8h00 et se clôturer à 15h00 (soit 7h00 de service). Dans les détails, on constate qu'aucun jour les agents respectent le timing prévu.

Les tableaux ci-dessous attestent que les agents arrivent et sortent chacun presque à son temps. Il révèle aussi que tous les agents n'arrivent pas tous les jours au service.

Tableau 6. Présences du personnel de Bureau en date du 7 Janvier 2015

N°	NOM & POST NOM	FONCTION	Mercredi 7 janvier 2015		
			Heure d'arrivée	Heure de sortie	Heures réalisées
1	Paluku Wa Thembo Laurent	DG ai	07: 50	15: 50	08: 00
2	Kambale Malumalu Timothée	SGAd	11: 18	14: 55	03: 37
3	Kakule Kayitambia Michaël	AB	09: 00	15: 25	06: 25
4	Muhindo Muhasa Faustin	CS	08: 25	16: 58	08: 33
5	Mumbere Matumo Christophe	CSA/E	08: 37	15: 26	06: 49
6	Paluku Malali Justinien	CSA/R	07: 52	15: 30	07: 38
7	Kitsa Sivasimire Isaac	SAS	08: 30	16: 10	07: 40
8	Kasereka Singa Justin	Appariteur Central	09: 10	17: 30	08: 20
9	Kambale Kitambala Alphonse	Sec de Direction	08: 44	15: 08	06: 24
10	Kambale Musavuli Blanchard	Comptable	08: 35	15: 26	06: 51
11	Kanyere Valikirwa Florence	Responsable Bibliothèque	09: 06	15: 46	06: 40
12	Masika Kagheni Espérance	Responsable adj de la Bibliothèque	08: 36	15: 20	06: 44
13	Katembo Kyavihire Achile	Opérateur de saisie	08: 26	15: 07	06: 41
14	Maki Tsudi Bienvenu	Opérateur de saisie au Labo info	08: 30	17: 27	08: 57
15	Masika Kishindo Phina	Opérateur de saisie au Labo info	07: 40	17: 20	09: 40
16	Mbambu Sirimirwa Abigaël	Caissière	09: 05	15: 20	06: 15
17	Kambale Sesete Pascal	Jardinier	07: 55	15: 00	07: 05
Moyennes			08: 39	15: 51	07: 11

Tableau 7. Présences des agents de Bureau en dates du 3 octobre 2018 et 29 novembre 2018

N°	NOM & POST NOM	Fonction	Mercredi 3 octobre 2018			Jeudi 29 nov.2018		
			Heure d'arrivée	Heure de sortie	Heures réalisées	Heure d'arrivée	Heure de sortie	Heures réalisées
1	Kambere Muhiwa Kamuha Bernard	SGAc	9: 18	17: 26	8: 08	9: 28	18: 45	9: 17
2	Kambale Malumalu Timothée	SGAd	9: 43	17: 00	7: 17	10: 17	16: 07	5: 50
3	Muhindo Muhasa Faustin	AB	12: 06	15: 02	2: 56	9: 38	18: 20	8: 42
4	Kambale Sikulisimwa Chrisanthes	CS	8: 55	15: 49	6: 54	9: 55	17: 48	7: 53
5	Mumbere Matumo Christophe	CSA/E	9: 26	16: 41	7: 15			0: 00
6	Paluku Malali Justinien	CSA/R	8: 12	15: 30	7: 18			0: 00
7	Muhindo Ngaingai Alphée	CSA/Gi	8: 23	15: 39	7: 16	10: 56	17: 00	6: 04
8	Kambale Sikuliwako Jean de Dieu	SAS	9: 16	16: 51	7: 35			0: 00
9	Kambale Kyakakala Semy	Directeur de cabinet	9: 20	18: 10	8: 50	8: 43	18: 15	9: 32
10	Kambale Kitambala	Sec de Direction	8: 25	16: 51	8: 26	8: 57	18: 30	9: 33
11	Kambale Musavuli Blanchard	Comptable	9: 40	17: 30	7: 50	8: 20	15: 20	7: 00
12	Maki Tsudi Bienvenu	Responsable du Labo informatique	9: 19	17: 29	8: 10	8: 33	18: 13	9: 40
13	Kakule Tsongo Jean de Damas	Dirfin et As de l' AB	9: 26	16: 41	7: 15			0: 00
14	Paluku Vihonoku	Caissier	8: 26	16: 11	7: 45	8: 19	17: 50	9: 31
15	Masika Kagheni Espérance	Responsable adj de la Bibliothèque	9: 00	15: 00	6: 00	9: 13	15: 30	6: 17
16	Tshilanda Mukendi Fifi	Sec Bibliothèque	9: 26	15: 02	5: 36	8: 15	13: 00	4: 45
17	Kambale Sesete	Planton	8: 07	15: 02	6: 55			00: 00
Moyennes			9: 12	16: 20	7: 08	9: 12	17: 03	5: 32

Le tableau limitatif ci-haut montre qu'aux dates du 3 octobre et 29 novembre 2018, l'échantillon d'agents sélectionnés réalisent respectivement 7h08 et 5h32 minutes, en dessous de la moyenne d'heures officielles. Ne prenant pas en compte toutes les années, tous les mois, et tous les jours, cette petite observation laisse croire qu'en général, les heures de débuts et de sortie de service ne sont pas rigoureusement respectées.

Par ailleurs, dans un arrangement local, suite aux travaux de salongo lancés en Ville de Beni chaque vendredi, les agents doivent arriver au service à 11h00 et sortir à 15h00. En considérant les heures de 2 vendredis de l'an 2014 et 2017, nous constatons le non respect de cet arrangement local. Ils arrivent tôt à 10h27, pour clôturer le service à 15h45, avec une réalisation de 5h18', au lieu de 8heures de service officiellement reconnues, pour les deux dates.

En plus, chaque lundi, l'ISC/Beni organise une parade non prévue par les instructions académiques. Les agents sont conviés à arriver avant 7h30 pour participer à ce rassemblement. Malheureusement, les retards et absences sont toujours décriés. Le lundi 25 septembre 2017, sur 26 agents présents, 7 agents (soit 27%) arrivent entre 7h33 et 10h22. Deux agents s'absentent ce jour-ci, dont l'Agent de liaison permanent à Kinshasa, exempté de la parade. Le lundi 26 février 2018, jour de parade, 13 sur 19 agents (soit 68%) arrivent à partir de 7h40', après le démarrage de la parade.

A titre d'exemple, en consultant le registre de présences pour l'année 2016-2017, on constate que le vendredi 29 septembre 2017, 3 agents sont absents au service. Le mardi 24 octobre 2017, sur 19 présences, hormis la sentinelle, 15 agents (soit 79%) sont arrivés après 8h00. Le jeudi 1^{er} mars 2018, tous les 13 agents présents sont arrivés à partir de 8h11', heure locale.

En plus, chaque vendredi, le personnel n'atteint pas 6h de service, comme le démontre le tableau ci-dessous.

Tableau 8. les moyennes d'heures d'arrivée et de sortie du personnel de Bureau de l'ISC/Beni le vendredi

2014			2017			Total		
Vendredi 12.12			Vendredi 10.2					
Heures moyennes d' arrivée	Heures moyennes de sortie	Heures de service réalisées	Heures moyennes d' arrivée	Heures moyennes de sortie	Heures de service réalisées	Heures moyennes d' arrivée	Heures moyennes de sortie	Heures de service réalisées
10: 22	16: 01	5: 39	10: 32	15: 30	4: 57	10: 27	15: 45	5: 18

• Patrimoine non suivi et problème d'inventaire

Dans le secteur administratif, le Vade-mecum prévoit (RDC, MINESU, 2014: 247) que la Direction du patrimoine s'occupe de la protection, de l'entretien et de la maintenance des biens immeubles et meubles qui concourent au bon fonctionnement de l'Établissement. Ces biens sont inaliénables sauf autorisation préalable de l'Autorité de tutelle sur proposition du Conseil d'Administration du ressort. A ce titre, il propose au Comité de gestion tous les projets d'acquisition des valeurs immobilisées. Il assure la protection et l'intégrité de l'ensemble du patrimoine actif de l'Établissement. Il organise la tenue à jour de la documentation sur la gestion du patrimoine de l'Établissement et informe le Comité de gestion des problèmes y relatifs pour décision. La direction du patrimoine fonctionne avec deux divisions (services): Division des services techniques et maintenances et Division des infrastructures et matériels.

Cependant, il s'observe à l'ISC/Beni un problème d'absence de ces services techniques à résoudre. Le Secrétaire Général Administratif gère son secteur presque seul. Les concessions de l'Établissement ne sont pas protégées par les titres. Toutefois,

des démarches sont entreprises en 2020, par le Comité de Gestion du Prof Ndavaro qui réussit à doter et disponibiliser des titres à 2 sites.

Enfin, par manque de suivi, plus de 50 écritoirs mobilisés par l'ISC/ Beni ont disparus, ayant été mal utilisés par l'Institut Bungulu Beni où fonctionnent, en location, les auditoriums.

- **L'incohérence des listings: personnel inactif payé, actif impayé et grades non respectés**

En juin 2018, l'ISC/Beni compte 20 agents matriculés ne bénéficiant pas de prime institutionnelle et plus de 10 agents inactifs (révoqués, déserteurs et décédés) bénéficiant de la prime institutionnelle ou du salaire pendant plusieurs années.

- **L'absentéisme de quelques agents**

Des fiches d'autorisation d'absences pour motifs fondés sont régulièrement complétées par la majorité d'agents. Mais, certains dont les membres du Comité de gestion, le Secrétaire Académique de Section et agents de la Bibliothèque y échappent, à certaines occasions.

- **Le non avancement en grades des agents du PATO: un Chef de Bureau à l'ouverture du gilet d'argent, le 20 août 2018**
- **Le non octroi des congés annuels de reconstitution avant 2015 à certains agents**
- **L'absence d'avantages sociaux: heures supplémentaires, allocations familiales.... Comme souligné précédemment;**

Nous en avons fait allusion en brossant l'application du Statut du personnel de l' ESU, dans son intégralité.

- **La formation du personnel insuffisante et non régulière**
- **Les ressources matérielles insuffisantes: véhicules, ordinateurs, locaux propres....**

Après 25 ans de fonctionnement, l'ISC/Beni ne dispose d'aucun engin (véhicule, moto,). Une dizaine d'ordinateurs et un projecteur sont insuffisants par rapport au nombre d'étudiants et au besoin.

3.2.2.1.4 SUR LE PLAN FINANCIER

Dans le secteur de finances, des incohérences restent liées à la gestion des frais académiques, au problème de frais de fonctionnement, à la chaîne des dépenses et la rémunération.

- **Les frais académiques non versés au début de l'année, le non-respect de la nomenclature des frais à payer et le problème d'exécution du budget**

Lorsqu'on compare la nomenclature des frais d'études, connexes ou le Budget à la pratique, on se rend compte que le paiement des frais d'études est étalé sur toute l'année académique, sans être versés comme prévu au début de l'année, à l'inscription. Quelques quotités et certains frais prévus ne sont pas aussi payés. A titre d'exemple, chaque instruction académique prévoit un pourcentage sur minerval à allouer à la Conférence Provinciale des Chefs d'Etablissements et au Projet d'un Réseau National pour l'Enseignement et la Recherche (NREN) et Assurance-Qualité (A/Q), somme jamais versée. Certains frais, comme les 5\$ recommandés pour le programme détaillé des cours, 1\$ d'attestation de recherche (pour travaux pratiques en faveur des étudiants et pour les recherches menées par les enseignants), 2\$ de sécurisation du site universitaire et 5\$ de soins de santé ne sont pas exigés, pourtant prévus dans les instructions académiques de chaque année.

- **L'absence des frais de fonctionnement**

L'Etablissement n'a jamais bénéficié des frais de fonctionnement depuis sa création, en 1993 et sa prise en charge par le trésor public en 2004, alors que certaines universités nationales en bénéficient.

- **La chaîne de dépenses brisée**

La gestion des finances reste simplifiée. Compte tenu de l'empêchement de plus en plus justifié du Directeur Général, Ordonnateur des dépenses, pour plus de souplesse, l'Administrateur du Budget décide et engage la dépense, conformément au Budget, sans nécessairement saisir le Chef.

- **Le paiement du 13^e mois imprévu**

Au cours de la période de 2010 à 2018, le personnel a plusieurs fois bénéficié d'une prime du 13^e mois équivalent à la prime mensuelle. C'est généralement à la fin de l'année que le Comité de gestion décide de gratifier le personnel de Bureau pour le travail réalisé.

Dans la partie suivante, il importe de mettre un accent sur l'existence des micro-pouvoirs.

3.2.2.2 DE LA PRÉSENCE DES MICRO-POUVOIRS

D'après les agents interrogés, il existe bel et bien des agents qui détiennent un pouvoir important et échappent au commandement. Il s'agit de:

- **L'agent de liaison résidant à Kinshasa et le Conseiller juridique**

L'agent de liaison de l'ISC/Beni résidant à Kinshasa, à plus de 2000 km, reste incontrôlé. Plusieurs fois, on se demande ce qu'il fait lorsque certains dossiers envoyés au Ministère restent sans suite. Le dernier dossier est celui de 116 diplômes envoyés en 2018, non entérinés pendant plus d'une année, par manque de suivi constaté de la part de l'agent de liaison. Il se gère, arrête son programme et travaille dans un autre office, échappant ainsi au contrôle. Pour le travail réalisé, il jouit d'une prime mensuelle de Bureau lui envoyée, sans possibilité de signer le bon de sortie caisse ou les fiches de gestion de primes.

Aussi, le Conseiller juridique ne vient travailler que lorsque le besoin se présente. Il n'est pas permanent au Bureau de l'ISC/Beni. Plusieurs problèmes juridiques restent en souffrance, non résolus suite à son absentéisme décrié par le Comité de Gestion.

- **La prise en otage de l'Administration par les agents adventistes**

Cette catégorie d'agents s'absente chaque samedi, sans autorisation tacite, abandonnant les étudiants et services au chômage. L'article premier de la Constitution de la RD Congo prévoit la Laïcité de l'Etat. Cependant, les agents adventistes travaillent du lundi au vendredi pendant que ceux d'autres confessions religieuses se soumettent au Règlement. Une solution ou justice équitable reste à trouver de façon à soumettre tous les agents au même chronogramme ou de sanctionner les absentéistes de façon impartiale.

- **Les enseignants permanents résidant à Butembo et enseignants indisponibles & inactifs**

Compte tenu de la distance séparant Beni et Butembo, 12 enseignants permanents résidants dans cette dernière Ville ne participent pas régulièrement aux différentes réunions pédagogiques (Conseil de Section, Conseil pédagogique, délibérations, conférences, séminaires...). Cette distance pousse l'autorité académique à tolérer leur absentéisme, longtemps considérée comme empêchement, sans justification écrite.

- **L'autogestion des ouvriers travaillant au site de Buleyi, à 5km**

Un constat est fait sur ces agents travaillant à 4km du Bâtiment administratif et 5 km du Rond-point Nyamwisi. Ils semblent s'autogérer malgré la désignation d'un chef parmi eux. Ce dernier complotte avec ses agents pour former un groupe cartelliste à part entière, presque autonome. Ces agents échappent au suivi du Secrétariat Général Administratif. Ils ne signent pas le registre de présence et organisent leur travail à leur manière. Tout nouvel ouvrier nommé pour le site est pris dans le piège et initié au secret de ce libertinage. Ce phénomène est déjà dénoncé.

- **Les individus:** Kahambu Kahiwa Elisabeth, Masika Kagheni Espérance, Kambale Sikuliwako Jean de Dieu et Mukendi Tshilanda Fifi

Les agents interrogés révèlent que les précités, respectivement Chargée des Relations Publiques, Responsable adjointe de la Bibliothèque, Secrétaire Académique de Section et Secrétaire de la Bibliothèque, profitant d'un certain rattachement interne à certaines autorités, s'absentent plusieurs fois au service sans, être dénichés pour être sanctionnés.

- **Incontrôlabilité des membres du Comité de gestion**

Au cours de la période d'étude, les membres du Comité de gestion restent incontrôlés par le Ministère de Tutelle. Certains voyagent pendant plusieurs jours, soit pour des raisons de troisième cycle, soit, pour de raison sociale, ou pour des raisons de service, sans autorisation préalable du Ministre de l'ESU, comme le prévoient les instructions académiques, mais, quelque fois, avec autorisations internes d'absence.

3.2.2.3 DES ARRANGEMENTS LOCAUX OU INTERNES

- **La vacation vespérale fonctionnelle pour l'ISC Jour**

L'Institut Supérieur de Commerce, ISC/Beni est créé en 1993, avec une vacation jour non tacitement libellée dans l'Arrêté. Aucun Arrêté instituant une vacation vespérale n'est sollicité. Cependant, compte tenu de l'insécurité à la périphérie de Beni, d'une part importante d'étudiants travailleurs et pour faire face au trajet (soit 5km du centre Ville), sans bus propre, l'ISC/Beni fonctionne les après-midi (à partir de 13h30) à l'Institut Bungulu. Nombreux de ses étudiants travailleurs profitent un court trajet pour se rendre vers les auditoires. Une option pratique est adoptée pour éviter de perdre une grande partie de ces étudiants qui s'orienteraient vers d'autres établissements. Il s'agit du maintien d'une sorte de vacation vespérale de fait. Certains auditoires fonctionnent occasionnellement toute la journée en cas de disponibilité d'étudiants majoritairement sans emplois. Il arrive que le rythme d'enseignement du matin au soir soit imposé, pour gagner sur le calendrier académique. Cette situation date de plus de 15 ans malgré la disponibilité de quelques salles déjà construite et en construction sur le site de Buleyi;

- **La parade matinale chaque lundi**

Comme précisé ci-haut, une parade se tient depuis plusieurs années chaque lundi, à partir de 7h30. Cet échange n'est pas formalisé par les instructions académiques. Il permet d'éviter des rumeurs et d'être informé, chacun, en même temps, sur la vie de l'Etablissement.

- **L'unicité de la caisse**

Comme Etablissement de taille petite, l'ISC/Beni adopte une unicité de caisse. A part le Bureau du Jury qui présente une prévision budgétaire au Comité de gestion pour approbation, tous les services présentent les états de besoin financés par la caisse centrale. Tous les frais payés, à savoir les frais de relevés de côtes, les frais d'inscription, de concours, recommandation de recherche, de stage; bref, les frais connexes sont centralisés à la caisse.

- **L'alternance de travail entre l'agent gardien et le chargé de Relation Publique**

Au cours de l'année 2017-2018, un arrangement est décidé au sujet de deux agents qui jouent pratiquement le même rôle. Il s'agit du gardien et de Madame Chargée des relations publiques. Il a été retenu que le premier assure la garde de 7h00 à 14h00 et l'autre de 14h00 à 17h00, heure où la sentinelle arrive au travail. La chargée de relations publiques n'a jamais joué, de façon efficace, son rôle attaché au poste.

- **Le paiement des primes de Bureau à la quinzaine du mois et octroi du 13^e mois**

A l'Institut Supérieur de Commerce de Beni, une tradition interne datant d'avant 2010, consiste à allouer la prime du personnel de Bureau en deux tranches: le 15^e et 25^e jour de chaque mois. Cet arrangement constitue la réponse au besoin de survie des agents. Malgré cet arrangement, il existe des arrangements dans l'arrangement. Il arrive plusieurs fois que certains agents sollicitent des acomptes avant ces dates connues. Aussi, plusieurs fois avant août 2015, l'ISC/Beni pouvait ne pas libérer la totalité de la prime de Bureau prévue jusqu'à la fin de chaque mois.

• **La fixation des frais de droit d'auteur pour syllabus et frais de pénalité pour retard du dépôt de TFC et mémoires soutenus & frais de retrait de diplôme entérinés**

D'après le Vade-mecum, l'obligation est faite à chaque enseignant de remettre, au début de ses enseignements, le manuscrit du syllabus à la Faculté/Section qui se charge de l'imprimer et de le distribuer aux étudiants moyennant paiement dont 70 % de la marge bénéficiaire devra revenir à son auteur et 10 % à la faculté/Section. La Faculté/Section veillera à ce que l'acquisition d'un syllabus soit imposée aux étudiants (RDC, MINESU, 2014: 125).

Avant 2017, les instructions ministérielles restent muettes sur la question de droit de production intellectuelle dit "droit d'auteur". Il en est de même pour la pénalité infligée au retard de remise des documents académiques (TFC, mémoires corrigés après soutenance, livres retirés de la Bibliothèque).

Pour l'ISC/Beni, à cette période, chaque enseignant gère la question en sa manière. En 2017, 25 enseignants de l'ISC/Beni, réunis en Conseil de Section (ISC/ BENI, BUREAU DE SECTION, 2017: 3) constatent que la Note Circulaire n° 002/MINESU/CAB.MIN/SMM/BLB/2017 du 28 janvier 2017 règlemente la vente des syllabus, après que l'Instruction académique 019 (p.18, art.53) ait dénoncé le système de monnayage des points sous la pratique de "droit d'auteur interdite". Cette réglementation officielle prévoit des sommes loin supérieures aux frais exigés depuis des années aux étudiants de l'ISC/Beni. Pour le Ministère de l'ESU, la vente du syllabus doit appliquer le tarif ci-dessous.

Tableau 9. Tarif de vente du syllabus proposé par le Ministère de l'ESU en 2017

N°	Volume horaire	Nombre de pages	Prix de vente
1.	15	45	≤ 5\$
2.	30-45	60-80	10\$
3.	60-75	≤ 100	12\$
4.	90 et plus	120	15\$ (à négocier)

Après discussion, les enseignants de l'ISC/Beni décident d'appliquer un arrangement local. Pour eux, pour un syllabus qui compte plus de 100 pages, 3500fc (2.2.\$US) seront ajoutés au coût réduit de production et pour un syllabus de moins de 100pages, 2500fc (1.6.\$US) seront ajoutés pour être rétribués à l'Enseignant, au titre de droit de production intellectuelle.

Pour produire un syllabus au Laboratoire informatique de l'ISC/Beni, une page de syllabus imprimé coûte 60f ou 0.037\$. Deux pages jumelées coûtent 80F ou 0.05\$. Ainsi, 100pages reviennent à 3.7\$ +2.2\$= 5.9\$. Ou pour 100 pages jumelées: 2.5\$+2.2\$= 4.7\$. Si le tarif ministériel était suivi, l'on paierait 12\$. D'où l'arrangement de l'ISC/Beni semble alléger les frais aux étudiants bien que ces derniers connaissent de retard de paiement, avec une proportion d'insolvabilité inférieure à la moitié d'étudiants.

Au surplus, depuis plus de 10 ans, les frais de dépôt sont fixés à 50\$ et 100\$ respectivement pour le TFC et mémoire, contrairement à l'Instruction académique de chaque année qui retient 40 et 60\$. La pénalité est localement fixée à 10\$ pour tout travail scientifique défendu, à corriger, remis après un délai annoncé de 7 jours. Cette pénalité non prévue par l'Instruction académique vise la remise à temps utile des travaux soutenus, même si une poignée de finalistes trainent à les remettre. Enfin, le diplôme entériné est retiré moyennant 20\$ US, somme permettant de couvrir les dépenses liées surtout au transport, bien qu'imp prévu dans les instructions ministérielles.

• **L'assistance sociale**

Une pratique particulière s'observe à l'ISC/ Beni, en matière d'assistance sociale en cas d'un événement heureux ou malheureux. Une liste de souscription circule pour solliciter la contribution de chacun en cas du mariage d'un agent, d'un cas rapproché de deuil dans sa famille. Une mutuelle est déjà créée malgré sa non fonctionnalité.

3.2.2.4 CLIMAT SOCIAL, POUVOIR D'ACHAT DU PERSONNEL ET EMBAUCHE DES FINALISTES DE L'ISC/BENI

Le climat social du personnel est bon. Il en est de même de la relation étudiants- personnel. Seulement, il se vit une sorte d'hypocrisie chez certains agents autarciques. Ceux-ci peuvent ne pas directement présenter le problème, ce qu'ils pensent. Un agent a été découvert en train de manipuler les étudiants, les poussant à cabrer pour revendiquer vigoureusement l'application du taux de 920F le dollar, décidé par le Ministre de l'ESU, au cours de l'année académique 2017-2018, au lieu du

taux de change du marché estimé à 1600f le dollar. Mais aussi, le même agent aurait incité les étudiants à se révolter contre la décision de révocation d'un collègue ami.

3.2.2.5 SYNTHÈSE D'AUTRES DÉNÉGATIONS FONCTIONNELLES FACE AU VADE MECUM DU GESTIONNAIRE D'UNE INSTITUTION D'ESU

Lorsqu'on parcourt le Vade Mécum du Gestionnaire d'une Institution d'ESU, on s'aperçoit de plusieurs pratiques contradictoires dans le fonctionnement de l'ISC/Beni. Nous en relevons un échantillon.

Tableau 10. Incompatibilités praxiques

N°	Page	Echantillon des pratiques incompatibles
1.	20	Pas d'envois au CA-ISTAT du projet du Budget d'équipement et d'investissement
2.	21	L'Administrateur du Budget (AB) ne soumet pas le programme mensuel et plan trimestriel des dépenses, chaque le 15 et 20 du mois au COGE.
3.	22	AB ne rend pas comptes d'autofinancement à toutes les réunions
4.	23	Pas de prévisions budgétaires pour la Section
5.	24	Inexistence des départements au sein des Sections
6.	27	Bibliothèque rattachée à la Section sans en être indépendante comme prévu
7.	32	Appréciation inexistante des enseignants par les étudiants avant 2017 et irrégulière dans la pratique
8.	33	Fiches d'appréciation du personnel non expédiées en 2 exemplaires au CA-ISTAT chaque 31 juillet
9.	49	Assistants n'assistent pas seulement les Professeurs. Mais nombreux sont titulaires des cours.
10.	50	Dossier du personnel enseignant manque l'exemplaire du mémoire, TFC ou thèse
11.	52	Charges horaires supplémentaires (animation séminaires, conférences, ...) non exécutées par certains enseignants concernés
12.	54,56	Art.14 et 23: activités extramuros exercées par PA, CT, AS. Et CPP, sans autorisation préalable, causant quelque fois l'indisponibilité à servir l'Etablissement. Et absence des contrats d'engagement d'enseignants visiteurs.
13.	64,67, 69	Existence de CPP2 anciens de plus de 4 ans. Pour les inscriptions, il n'y a pas prise en compte de la répartition des places en 75% de finalistes de 2 dernières éditions d'Examen d'Etat, 15% diplômés d'Etats de l'année en cours et 10% de redoublants, suite aux effectifs non importants comme dans les grandes universités. La liste des inscrits n'est pas souvent affichée à part le contrôle physique régulier. Attestation d'admission non produite et non classée dans le dossier de l'étudiant après concours, avant 2017-2018.
14.	77,79	Demande de réinscription en classe montante complétée après admission dans les auditoires et inscription en dehors des dates réglementaires, suite au contexte et habitudes d'arrivée tardive des candidats. Et avis favorable pour plus de 4 cours complémentaires répartis en pour inscrits spéciaux en deuxième graduat..
15.	83	Art.10: Accès aux cours, séminaires, exercices pratiques non réservés aux seuls porteurs des cartes d'étudiants, car ces cartes sont disponibilisées en décembre et janvier.
16.	84	Art.16: Absentéistes aux cours profitent les enseignements de rattrapage, et participent aux examens.
17.	85,86	Art.16: étudiants non soumis aux examens médicaux chaque année. Art.33: les étudiants ne jouissent pas des soins médicaux et pharmaceutiques et autres services.
18.	94	En cas d'obsèques d'un étudiant, les cours sont perturbés dans tous les auditoires, même dans d'autres Etablissements de l'ESU à Beni. Même en cas de décès d'un membre de famille.
19.	98	Calendrier des travaux académiques non respecté dans son intégralité, certains documents étant expédiés, avec retard à la hiérarchie.

3.2.2.6 ACTIONS DE PERFORMANCE INSTITUTIONNELLE

Pour améliorer le fonctionnement de l'Etablissement, les propositions des enquêtés tournent autour des idées suivantes:

- **Le changement positif depuis 2015: nouveau Comité de gestion, renforcement du personnel enseignant de la Section de gestion informatique**

Après 4 ans de fonctionnement sans Comité de gestion complet, le 29 juin 2015, il a plu au Ministre de l'Enseignement Supérieur et Universitaire de nommer un nouveau Comité de gestion.

En plus, alors que l'option gestion informatique ne fonctionnait qu'avec 1 seul enseignant permanent, un effort est fourni, à partir de 2016-2017 et 2018 avec la nomination de 4 assistants permanents malgré le recours aux professeurs, chefs de travaux et assistants visiteurs. Ce personnel permanent est encore insuffisant. Il doit évoluer et être renforcé.

- **L'informatisation des services**

Jusqu' à 2017, tous les services restent non informatisés. Cependant un effort est fourni pour l'informatisation partielle de la Bibliothèque. Un début du travail est déjà entamé pour le service des finances. Il faudrait que tous les services soient numérisés.

- **L'alignement aux frais de fonctionnement**

L'allocation des frais de fonctionnement à cet établissement de petite taille permettrait de bien atteindre les objectifs institutionnels de l'ISC/Beni.

- **L'occupation de propres locaux**

Un effort doit être fourni pour l'occupation future de propres locaux en en construction à Buleyi, localité situé à 5km du centre-ville de Beni. Et d'acquérir un autre site au centre-ville pour faire face à l'insécurité criante à la périphérie de la Ville.

- **Le recyclage de nouveaux enseignants**

Il est impérieux d'assurer un bon encadrement continue des enseignants, surtout nouveaux qui reviennent fraîchement des études.

- **La nécessité de booster la recherche chez les enseignants et susciter la promotion des assistants à fin mandat**

Les enseignants, Chefs de travaux et assistants doivent être poussés à publier chaque année. Car plus de la moitié passe une année sans produire.

Les assistants fin mandat dont « deux ayant réalisé 15ans; trois totalisant respectivement 13, 12 et 10 ans d'assistanat et deux assistants, 6 ans » (ISC/BENI, SECRETARIAT GENERAL ACADEMIQUE, 2019) doivent être remplacés ou poussés à la promotion rapide au grade de chef de travaux.

3.3 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Au regard des résultats obtenus, il y a lieu de confirmer l'application de la théorie socio-économique de SAVALL, ZARDET et PLANE. Dans chaque secteur, à l'ISC/Beni, il ne manque pas d'écart entre les prévisions et les réalisations, le fonctionnement réel et le fonctionnement officiel. Il n'est pas exclus que la pandémie à Corona Virus (Covid19) ayant ravagé la Planète Terre en fin décembre 2019 jusqu'aujourd'hui (2021) ait bouleversé davantage le calendrier académique à l'Enseignement Supérieur et Universitaire, ainsi que le fonctionnement de l'ISC/Beni.

En fait, chaque écart observé peut pousser à une évaluation et une bonification fonctionnelle. Ce qui importe, c'est donc l'effort de solution interne au dysfonctionnement constaté à divers niveaux.

Enfin, il n'est pas douteux que d'autres Etablissements d'ESU connaissent le même problème, ou soient plus dysfonctionnels que l'ISC/Beni, surtout que ce dernier semble être vanté comme l'institution modèle, la mieux organisée dans la Région de Beni.

4 CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous estimons avoir procédé à un diagnostic du fonctionnement de l'Institut Supérieur de Commerce (ISC) de Beni, dans une approche socio-économique des organisations. Ce diagnostic est fait sur le plan institutionnel, académique, administratif et financier. Dans chaque secteur, l'on découvre des coûts cachés, des écarts entre le fonctionnement réel et le fonctionnement attendu, au regard des instructions académiques et du Vade-mecum du gestionnaire d'une institution d'Enseignement Supérieur et Universitaire. Tout porte à croire que, sur certains aspects, dans chaque organisation, le fonctionnement réel serait en contradiction avec les prévisions.

Cette étude ressort la complexité d'analyses à mener, lorsque l'on considère tous les aspects fonctionnels. Ce qui explique l'absence des détails et quantification, à plusieurs niveaux où nous étions obligés d'énoncer les principaux éléments des résultats, sans développer les faits causals ou relever les données numériques, compte tenu du souci d'économie d'espace pour un papier. Il y a lieu de recommander à d'autres chercheurs d'aborder, chacun, la même approche socio-économique à l'ISC/Beni, autour d'un aspect organisationnel notamment le problème d'irrégularité au service par le personnel de Bureau, au cours d'une période donnée. Ou bien, les absences de certains étudiants aux cours et leur impact sur les résultats scolaires, tout en répondant au pourquoi de l'irruption de ces phénomènes. Il était par exemple possible, concernant la problématique d'irrégularité du personnel de Bureau, de relever les moyennes d'heures d'arrivée et de fin de service pour chaque année de 2010 à 2019. Ce qui n'est pas très aisé et constituerait un travail à part entière. Une telle démarche particulariste permettrait d'entrer dans les détails nécessaires et la quantification consistante. Aussi, pourquoi ne pas détailler tous les aspects à partir d'un ouvrage ?

REFERENCES

- [1] ACP, Ordonnance no 16/071 du 29 septembre 2016 portant organisation et fonctionnement des organes d'administration de l'Enseignement Supérieur et Universitaire, 85art, 21p.
- [2] CYRIL OWEN BRANDT, Les enseignants congolais face à leurs salaires. Que peuvent-ils faire ? 2013, Disponible sur <https://educationanddevelopment.files.wordpress.com/2014/09/cyril-owen-brandt-masterthesis-les-enseignants-congolais-face-c3a0-leurs-salaires.pdf> (consulté le 9.6.2017, 16h32TU).
- [3] DAYAN, A., Manuel de gestion, vol.1. 2^èéd., Paris, Ellipses Edition Marketing, 2004, 1088p.
- [4] ESU, SOUS-CONFERENCE DES CHEFS D'ETABLISSEMENTS DE L'ESU BENI, Mémoire adressé à son Excellence Monsieur le Président de la République Démocratique du Congo, ce 12 mars 2019.
- [5] ISC/BENI, SECRETAIRE GENERAL ACADEMIQUE, Rapports annuels des activités académiques, Beni, (inédit), 2015-2017.
- [6] Répertoire des assistants ayant réalisé 4 à 15 ans, Beni, le 19 juin 2019.
- [7] INSTITUT SUPERIEUR DE COMMERCE DE BENI, BUREAU DE SECTION, Compte-rendu de la réunion du Conseil de Section du 03 novembre 2017, tenue de 11h15 à 14h00, point IV.2., 4p.
- [8] Master en management des ressources humaines, Cours « Théories des organisations », (Sénégal). Disponible sur http://sen-exercice.com/doc/cours/cours_1386614678.pdf (consulté le 1.3.2017, 14h30 TU).
- [9] Ordonnance no 81-160 du 7 octobre 1981 portant statut du personnel de l'Enseignement Supérieur et Universitaire, art. 87.
- [10] PLANE, J-M., Théorie des organisations, 4^è éd., Paris, Dunod, 2013, 127p.
- [11] RDC, COMMISSION ELECTORAL INDEPENDANTE, La Constitution et la Loi électorale de la République Démocratique du Congo, Kinshasa, 2006.
- [12] RDC, MINESU, Vade-mecum du gestionnaire d'une institution d'Enseignement Supérieur et Universitaire, 3^è éd., Kinshasa, CPE, 2014.
- [13] Note circulaire no 002/MINESU/CABMIN/SMM/BLB/2017 du 28 janvier 2017, concernant la réglementation de la vente des syllabus.
- [14] SAVALL, H. et ZARDET, V., Contribution de la théorie socio-économique des organisations à l'audit social, s.l. n.d., Disponible sur http://ias2005.free.fr/Actes/Pdf/savall_zardet.pdf, (consulté le 1.3.2017, 14h30 TU).

ANNEXE

GUIDE D'ENTRETIEN

L'ossature du guide d'interview ci-dessous facilite la récolte des données.

En notre qualité d'enseignant à l'ISC/Beni, nous sommes en train de mener une recherche sur l'application de l'approche socio-économique à l'Institut Supérieur de Commerce de Beni. Nous vous remercions pour votre contribution.

1. Sur le plan académique, depuis 2010, quelles sont les situations pratiquées à l'ISC/Beni, contraires ou en écart des instructions académiques, du Vade-mecum du Gestionnaire d'une Institution d'ESU ou d'autres textes légaux ?
2. Sur le plan administratif, depuis 2010, quelles sont les situations pratiquées à l'ISC/Beni, contraires ou en écart des instructions académiques, du Vade-mecum du Gestionnaire d'une Institution d'ESU ou d'autres textes légaux ?
3. Sur le plan financier, depuis 2010, quelles sont les situations pratiquées à l'ISC/Beni, contraires ou en écart des instructions académiques, du Vade-mecum du Gestionnaire d'une Institution d'ESU ou d'autres textes légaux ?
4. Le fonctionnement réel de l'ISC/Beni est-il différent du fonctionnement attendu ? Si oui, quelles en sont les pratiques vécues depuis 2010 qui le prouvent ?
5. Comment appréciez-vous la régularité des étudiants aux cours et aux épreuves et interrogations ?
6. Les finalistes de l'ISC/Beni sont-ils empochés dans leurs domaines respectifs ? Quels sont les problèmes auxquels ils sont confrontés ?
7. Trouvez-vous des agents qui échappent au commandement à l'ISC/Beni, depuis 2010 ? Ou qui détiennent en eux des pouvoirs importants, sans être hiérarchiquement chef décideur ?
8. Quelles sont les mauvaises conditions de travail à corriger ou les pratiques à améliorer ? Et quelles sont les situations d'insatisfaction à améliorer ?
9. Quelles sont les arrangements locaux non liés aux textes légaux ? Y a-t-il des conventions particulières à l'ISC/Beni, depuis 2010 ?
10. Quels sont les problèmes liés à l'exécution du calendrier académique, au salaire ou à la rémunération du personnel ?
11. Comment appréciez-vous le climat social à l'ISC/Beni ? La formation des agents ?
12. Comment appréciez-vous le pouvoir d'achat des agents de l'ISC/Beni ?
13. Combien d'enseignants propres disposent-ils des véhicules, motos, des parcelles propres ?
14. Disposez-vous d'un ordinateur ? Maîtrisez-vous l'informatique ? Si oui Quel programme ?
15. Quel changement positif souhaiteriez-vous voir opérer à l'ISC/Beni ?
16. Votre identité:
 - Age;
 - Sexe;
 - Niveau d'étude;
 - Fonction;
 - Grade et ancienneté;
 - Votre effort d'investissement: véhicules; motos; parcelle,

Les sous-groupes Schisto-calcaire et de la Mpioka dans la chaîne panafricaine West-Congo: Témoins de l'évolution paléoclimatique post-Cryogénien, Province du Kongo Central, R.D. Congo

[The Schisto-limestone and Mpioka subgroups in the Pan-African West-Congo chain: Witnesses of post-Cryogenic paleoclimatic evolution, Kongo Central Province, D.R. Congo]

L. O. Tuema, M. J. A. Makutu, M. T. Kanika, and C. M. E. Cibambula

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Géosciences/Géologie, Post Office Box 190, Kinshasa XI,
RD Congo

Copyright © 2022 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: Above the upper Diamictite of West Congolian Group, carbonate rocks of the Schisto-Calcaire Subgroup are superimposed, topped by the Bangu-Niari conglomerates and the Mpioka formations. Just as lithology varies from low to high, climates change regularly during sedimentation. By the presence of evaporites and bioherms of *Collenia* and *Cryptozoon* in the Kwilu and Lukunga formations, the Schisto-Calcaire Subgroup is characterized by a hot and arid climate developed in the Ediacaran after the glaciation of the Marinoen (635 Ma). The coarser-filled hollows than the grains of the substratum, the clast-to matrix-supported structures and the nature of its moderately misclassified clasts in large volumes of clays and silt indicate that the Bangu-Niari conglomerate has developed in a periglacial environment during the Terneuvien. The granular and repeated bedding of shales from the Lower and Upper Mpioka formations of Cambro-Ordovician age is reminiscent of the varval rhythms of periglacial lakes. These various previous elements show that after the non-longitudinal Marine Snowball, the Congo-Sao Francisco megacraton successively underwent a dry tropical climate and a temperate climate of proglacial regions.

KEYWORDS: Upper Diamictite, Schisto-Calcaire, conglomerate, climate, hot, evaporites, bioherms, glaciation, Marinoen, palaeoenvironment, periglacial, granular and repeated bedding, varval rhythms, Congo-Sao Francisco megacraton.

RESUME: Au-dessus de la Diamictite supérieure du Groupe Ouest-Congolien, se superposent les roches carbonatées du Sous-groupe Schisto-Calcaire surmontées par les conglomérats de Bangu-Niari et les formations de la Mpioka. Tout comme la lithologie varie de bas en haut, les climats changent régulièrement lors de la sédimentation. Par la présence des évaporites et des biohermes à *Collenia* et à *Cryptozoon* dans les formations de Kwilu et de Lukunga, le Sous-groupe Schisto-Calcaire est caractérisé par un climat chaud et aride développé à l'Ediacarien après la glaciation du Marinoen (635 Ma). Les creux à remplissage plus grossier que les grains du substratum, les structures clast- à matrix-supported et la nature de ses clastes modérément mal classés dans des grands volumes d'argiles et de silt indiquent que le conglomérat de Bangu-Niari s'est développé dans un paléomilieu périglaciaire au cours du Terneuvien. Le litage granoclassé et répété de shales des formations de la Basse- et de la Haute-Mpioka d'âge Cambro-Ordovicien rappelle celui des rythmites varvaires des lacs d'environnement périglaciaire. Ces différents éléments précédents montrent qu'après le Snowball marinoen non latitudinal, le mégacraton du Congo-Sao Francisco a successivement subi un climat tropical sec et un climat tempéré de régions proglaciaires.

MOTS-CLEFS: Diamictite supérieure, Schisto-calcaire, conglomérat, climat, chaud, évaporites, biohermes, glaciation, Marinoen, paléomilieu, périglaciaire, litage granoclassé, rythmites varvaires, mégacraton du Congo-Sao Francisco.

1 INTRODUCTION

L'évolution climatique du Cryogénien (850 à 635 Ma) est très particulière, surtout à cause du plus grand nombre d'épisodes glaciaires dont les trois principaux bien connus sont: la glaciation de Kaigas entre 750-740Ma, la glaciation du Sturtien datée à 717,4-711,5 Ma et la glaciation du Marinoen à 635,5 Ma. L'universalité de ces épisodes glaciaires fait penser à l'existence de la glace couvrant tous les océans. Cette hypothèse de la Terre, une boule de neige (Snowball earth model) énoncée par Hoffmann et al. (1998) a été développée en réponse à la preuve paléomagnétique irréfutable de la glaciation de basse latitude obtenue sur les formations de Nantuo en Chine ($636,3 \pm 4,9$ Ma) et de Gaub ($635,5 \pm 0,6$ Ma) en Namibie.

Les dépôts de carbonates consécutifs à ces épisodes glaciaires témoignent des changements climatiques qui s'en sont suivis. Dans le Groupe Ouest-Congolien, la Formation de la Diamictite supérieure datant du Marinoen est surmontée du Sous-groupe Schisto-Calcaire sous-jacent lui-même aux dépôts très épais du conglomérat de Bangu-Niari et grés-argileux des formations de la Basse- et de la Haute-Mpioka (Fig.1). Les climats étant les moteurs de la sédimentation tant au niveau de la production des particules que du transport et de la mise en place de celles-ci, la question est de savoir lesquels ont régi cette variation des dépôts postérieurement au snowball cryogénien ? La réponse à cette question est rendue possible par un examen minutieux de toutes les caractéristiques minéralogiques, sédimentologiques, lithologiques, tectoniques ou paléontologiques susceptibles de fournir une explication d'ordre paléoclimatique sur des échantillons collectés au cours des campagnes de terrain effectuées entre 2010 et 2016 dans le degré carré de Ngungu compris entre 5° et 6° de latitude Sud et entre 14° et 15° de longitude Est (Fig.2).

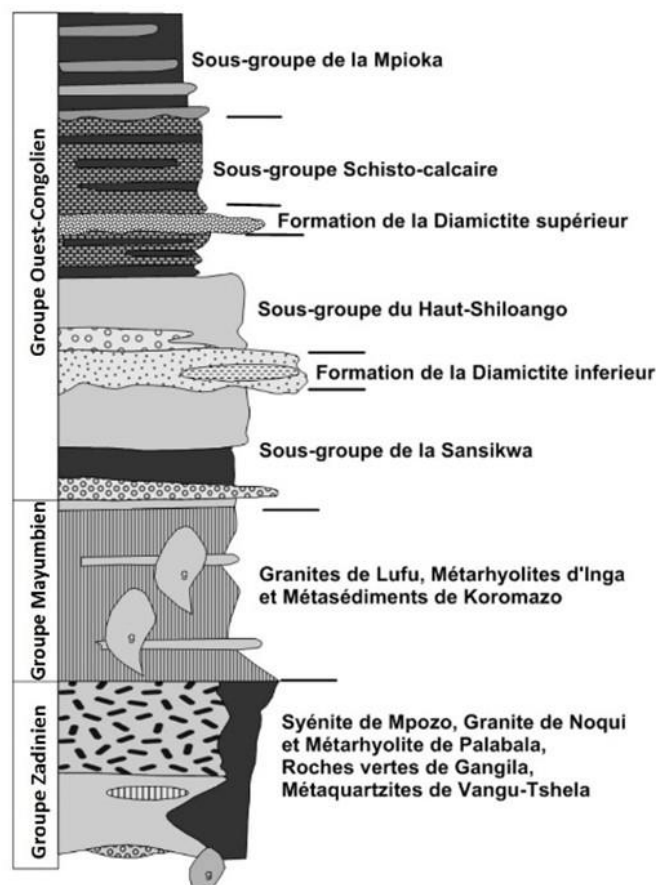


Fig. 1. Log lithostratigraphique du Supergroupe West-Congo (Pedrosa-Soares et al., 2008)

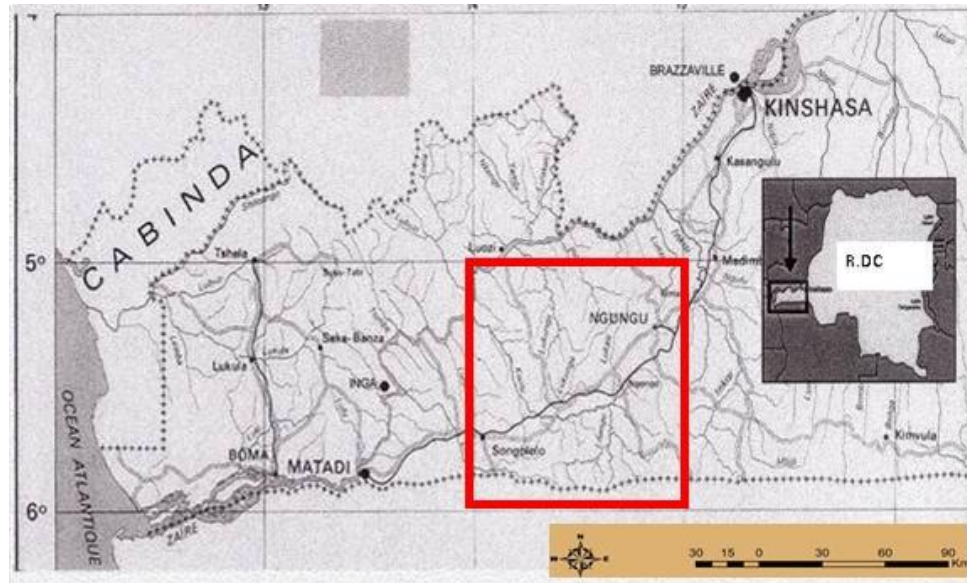


Fig. 2. Localisation du degré carré de Ngungu

2 DESCRIPTION DES ROCHES

2.1. Dans le Sous-groupe Schisto-Calcaire, quelques faciès montrent des évaporites et de pseudomorphoses d'évaporites. Trois faciès sont présentés à titre d'exemple, à savoir :

- Le calcaire grossièrement lité de Bangu-Langa qui renferme des cristaux de calcite en forme de croix de saint André englobés dans une matrice micritique (photo 1);
- La dolomie interstratifiée de la grotte Bangu-Langa qui est constituée des cristaux de calcite en forme de fer de lance (photo 2) et des cristaux prismatiques allongés de calcite (photo 3) englobés dans une matrice dolomicritique;
- Le calcaire stromatolitique du camp JVL au sud-est de Mbanza-Ngungu présentant un agencement vertical des formes *Collenia* L.L.H-S et *Cryptozoon* S.H-C (photo 4) et de forme *Cryptozoon* S.H-V (photo 5) si l'on se réfère aux terminologies de Logan et al., (1964).

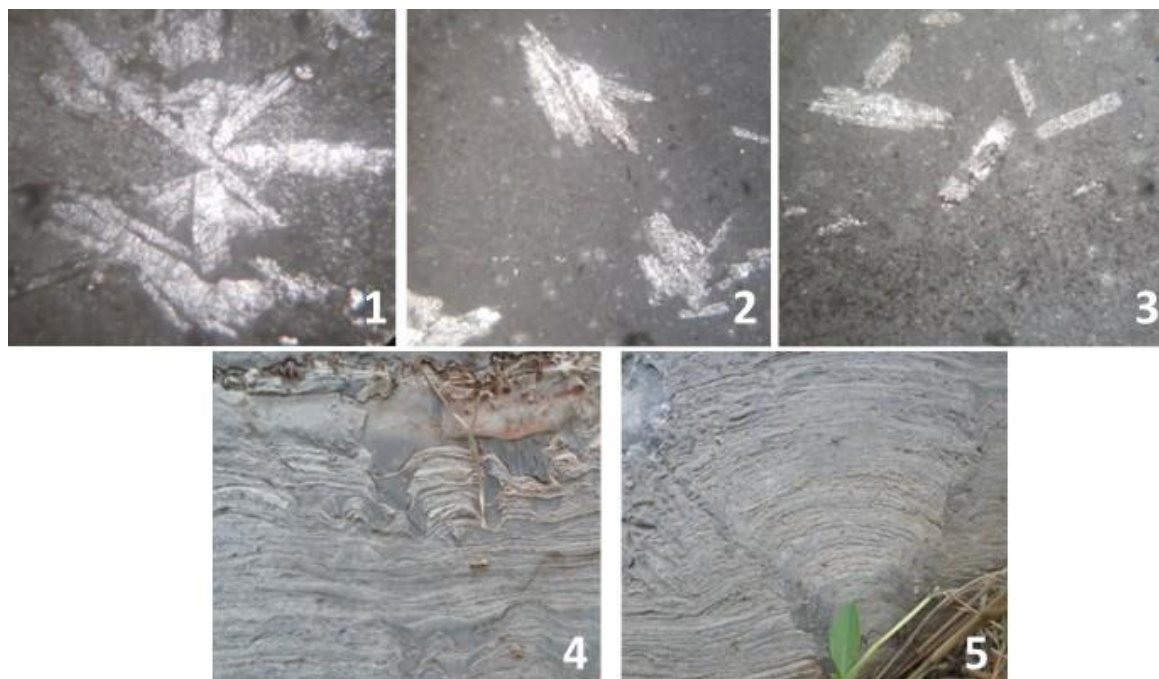


Photo 1. Cristaux de calcite en forme de croix de saint André dans une matrice micritique.

Photo 2. Cristaux de calcite en forme de fer de lance dans une matrice dolomiticritique.

Photo 3. Cristaux prismatiques de calcite.

Photo 4. Agencement vertical des formes *Collenia* L.L.H-S et *Cryptozoon* S.H-C.

Photo 5. Forme *Cryptozoon* S.H-V.

2.2. Dans la Formation du conglomérat de Bangu-Niari affleurant au bas de la falaise, communément appelée « Massif de Bangu », on observe divers faciès :

- Un conglomérat à matrice calcaire de couleur grise englobant des clastes calcaires et chertueux plus ou moins dispersés. Ces clastes arrondis, subarrondis et subanguleux sont souvent disposés en structure rotationnelle autour des clastes émoussés (photo 6);
- Un conglomérat à matrice argilo-gréseuse de couleur rouge englobant des clastes anguleux à subanguleux, subarrondis et allongés de couleur grisâtre et blanchâtre; le granoclassement vertical cyclique confère à la roche un litage. Dans certains lits, les clastes sont imbriqués et dispersés tandis que dans d'autres, ils sont jointifs (photo 7);
- Un conglomérat montrant une intercalation des lits de shale épais d'un centimètre; dans la partie inférieure, ce conglomérat montre un granoclassement impur; les clastes calcaires de couleurs grisâtre et noirâtre sont arrondis, subanguleux à anguleux et parfois en baguettes subanguleuses de quelques millimètres à 2 centimètres de long. Ces clastes sont englobés dans une matrice argilo-calcaire de couleur grisâtre. Dans la partie supérieure, les clastes subarrondis à subanguleux de couleurs grisâtre et noirâtre sont englobés dans une matrice de couleur gris verdâtre; les plans de litage montrent parfois des creux à remplissages grossiers (photo 8).

2.3. Dans la Formations de la Basse- et de la Haute-Mpioka visibles vers le haut du Massif de Bangu et sur le plateau de même nom, on observe :

- Des shales finement lités de couleur rouge; les lits généralement continus vers le bas de la roche deviennent lenticulaires vers le haut; de rares lentilles silteuses ou argileuses s'intercalent parmi les lits argileux ou silteux (Photo 9);
- Des shales finement lités de couleur blanc-brun; le litage se traduit par une alternance des lits argileux de couleur brune avec des lits silteux de couleur blanchâtre; par leur épaissement, les uns prédominent sur les autres; on note parfois des lentilles silteuses; vers le haut, les lits argileux devenus rares de forme lenticulaire et en biseaux, et les lits silteux s'entrecroisent; on observe également des creux sur les plans de litage (Photo 10);

- Au microscope, les shales finement lités de couleur rouge (WN9) montrent des lits plans parfaitement granoclassés de siltites sableuses, des siltites argileuses et des argilites; quand l'argile est abondante, la limite entre les lits est presque plane et nette; les fines paillettes de muscovite et de biotite sont disposées parallèlement au litage; on note aussi la présence des micro-creux sur les argilites (Photo 8).

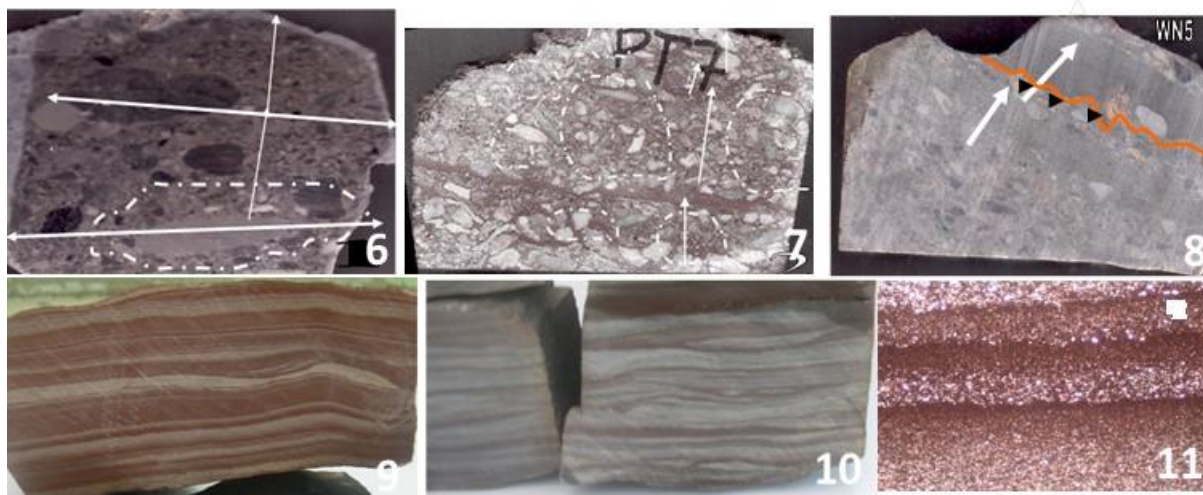


Photo 6. Des clastes en disposition rotationnelle autour de galets allongés.

Photo 7. Litage granoclassé dans le conglomérat.

Photo 8. Creux à remplissage plus grossier que les grains du substratum.

Photo 9. Des rares et petites lentilles silteuses en intercalations dans des lits silteux et argileux.

Photo 10. Les lits argileux devenus rares de forme lenticulaire et en biseaux.

Photo 11. Vue microscopique du litage planaire parfaitement granoclassés de siltites sableuses, des siltites argileuses et des argilites.

3 DISCUSSION ET CONCLUSION

Des caractéristiques minéralogiques, sédimentologiques et lithologiques susceptibles de fournir une explication d'ordre paléoclimatique, nous retenons les suivantes:

- La morphologie variée des cristaux de calcite en de croix de Saint André, en fer de lance et en prisme aplati traduit l'épigénisation des cristaux de gypse ou de l'anhydrite par la calcite en présence des hydrocarbures dans le domaine supratidal tel qu'observé dans la côte des Pirates au sud du golfe persique et dans les sebkhas d'Abu Dhabi (Clarke et Talbacka, 1980; Tucker, 1995). La présence des évaporites dans la Formation de Kwilu et la base de la Formation de Lukunga du Sous-groupe Schisto-calcaire témoigne d'un dépôt sous un climat chaud et aride après le Snowball marinoen (635 Ma). Ce climat tropical sec, favorable au développement des biohermes à *Collenia* et à *Cryptozoon* tel qu'observé dans le pool d'Hamlin sur la côte Ouest de l'Australie (Playford et Cockbain, 1976), s'accorde avec la latitude moyenne de 30°S du mégacraton du Congo-Sao Francisco vers 550 Ma suivant les reconstitutions paléomagnétiques du Supercontinent de Gondwana (Powell, 1995; Meert et al, 1997; Tohver et al., 2006). Ces hypothèses confirment l'âge fini-Ediacarien attribué à ces formations par Cibambula (2016).

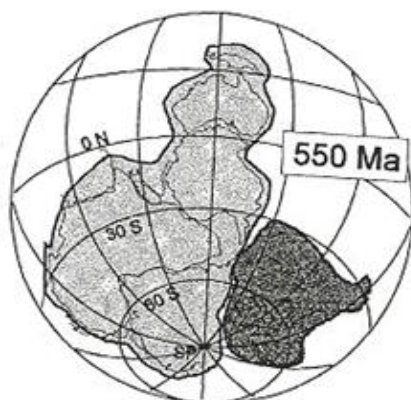


Fig. 3. Paléopoles du Supercontinent Panotia incluant le Gondwana juxtaposé à la marge Est de Laurentia vers 550 Ma selon Powell (1995)

b) Pour le dépôt du conglomérat de Bangu-Niari, Cibambula et al. (2013) a démontré que par la présence des creux à remplissage plus grossier que les grains du substratum, les éventails alluviaux du conglomérat de Bangu-Niari se sont bien développés dans les plaines périglaciaires. Dans ces régions, dépourvues des lourdes pluies tropicales qui inhibent la préservation des cônes alluviaux, la fonte de neige à l'approche de l'été dans des montagnes très élevées issues du rejeu des failles justifierait l'action intermittente des courants de turbidité. Ce paléomilieu périglaciaire se justifie également, selon Eyles et Januszczak (2004), par ses structures clast- à matrix-supported et par la nature de ses clastes modérément mal classés dans des grands volumes d'argiles et de silt ainsi que par son aire d'alimentation Schisto-calcaire disposée en hauts plateaux étagés suite au rejeu des failles listriques dans le bassin en pull-apart de la Basse-Sangha initié dans le Supercontinent de Rodinia lors du cycle orogénique West Congo daté du Néoprotérozoïque (Tack et al., 2001; Cibambula et al., 2013; Pedrosa-Soares et al., 2008). Les reconstructions paléomagnétiques faites par Meert et al. (1997) et Tohver et al. (2006) en se référant aux travaux de Dalziel (1997) confirment cette situation climatique du mégacraton du Congo-Sao Francisco près du cercle polaire vers 525 Ma.



Fig. 4. Paléopoles du Supercontinent du Gondwana reconstitué sur base des données paléomagnétiques compilées par Dalziel (1997)

c) Le litage granoclassé et répété alternativement de siltites sableuses, de siltites argilo-sableuses et des argilites silteuses de shales des formations de la Basse- et de la Haute-Mpioka est une forme de rythmites. Elles proviennent des changements réguliers des courants dans le transport ou la production des sédiments mais, de courte durée d'origine saisonnière ou tidale pouvant subir une perturbation influant sur l'épaisseur des lits individuels (Cibambula, 2016). Cette texture rappelle celle des rythmites varvaires des lacs d'environnement périglaciaire et des environnements de la mer Baltique (Olausson et Olsson, 1969; Baudin et al., 2007). La présence des couches claires sablonneuses séparées par des couches argileuses stratifiées parallèlement représentent respectivement le produit de sédimentation normale d'été et d'hiver dans les varves granoclassées tel que suggéré par ailleurs dans les bassins lacustres périglaciaires par Sturm et Matter (1978) et par Baudin et al. (2007). Cibambula (2016) a justifié le développement des rythmites varvaires de la Mpioka par le fait que dans les lacs stratifiés de hautes latitudes, la fraction boueuse en suspension très fine est piégée à la thermocline permanente et

libérée au même moment que précipitent les phases insolubles d'ions alcalino-ferreux, notamment le fer et le manganèse; ceux-ci sont stables seulement dans les eaux anoxiques de l'hypolimnion qui imprègnent ainsi les lamines argileuses au sommet de chaque cycle. Il a également confirmé ce climat par la présence des scours à remplissages argileux et silteux communs aux dépôts à grains grossiers de fans alluviaux fluviaux et de plaines alluviales proglaciaires. A ces hautes latitudes, similaires à celles d'environ 60° et de 40° du craton de São Francisco-Congo situé au centre du Supercontinent du Gondwana respectivement à 510 Ma (Meert et al., 1997; fig.5a) et à 505-485 Ma (Gray et al., 2006; fig.5b et c), le lac de la Mpioka était alimenté essentiellement par des cours d'eau issus de la fonte des neiges aux hautes latitudes telles que celles de la région alpine (Allen et Allen, 2005). Et aussi le passage de grès aux siltites et/ou argilites dans le Sous-groupe de la Mpioka, résulterait de changements à long terme des conditions hydrodynamiques ou encore des systèmes fluviaux d'alimentation du bassin; il est vraisemblable que dans des temps géologiques un couplet de rythmites saisonnières se soit produit pendant plusieurs années; ces changements répétés et rythmiques engendreraient des séquences épaisses en fonction de l'influence paléoclimatique des cycles astronomiques si l'on se référait à la théorie de Milankovitch (1941): les bancs à grains grossiers et les bancs à grains fins sont respectivement identiques aux lamines claires et aux lamines sombres dans les varves.

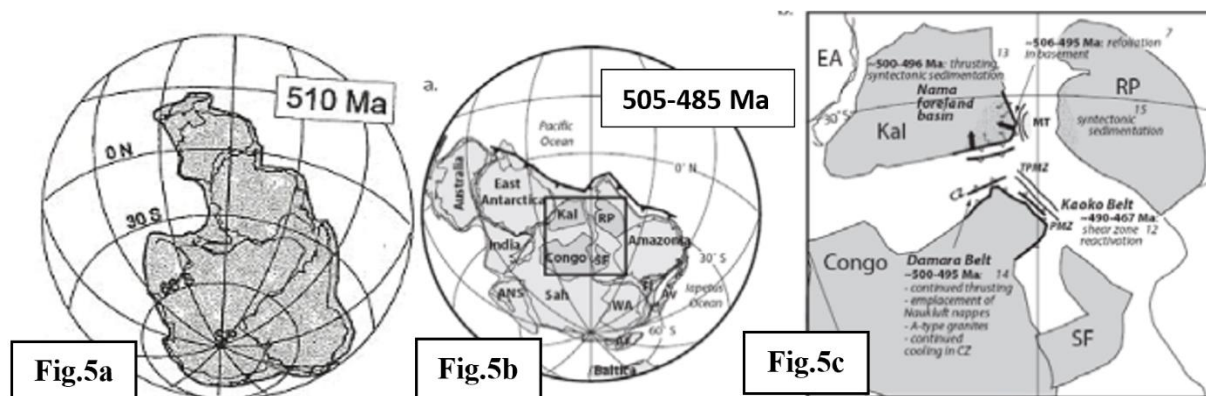


Fig. 5. Paléopôles du Supercontinent du Gondwana à 510 Ma sur base des données paléomagnétiques compilées par Meert et al. (1997) et à 505-485 Ma en accord avec Gray et al. (2006)

Après le Snowball marinoen non latitudinal, le mégacraton du Congo-Sao Francisco subit successivement un climat tropical sec responsable du dépôt des évaporites dans le Sous-groupe Schisto-Calcaire à l'Ediacarien terminal et un climat tempéré de régions proglaciaires lors de dépôt du conglomérat de Bangu-Niari ainsi que des formations de la Basse- et de la Haute-Mpioka depuis de le Terreneuvien jusqu'au Cambro-Ordovicien.

REFERENCES

- [1] Allen, J.R. et Allen, P.A. (2005): *basin analysis*. Principles and applications, 2th edition, Blackwell publishing, 549p.
- [2] Baudin, F., Tribouillard, N. et Trichet, J. (2007): *Géologie de la matière organique*, Soc. Géol. De France, Vuibert, 263p.
- [3] Cibambula, C.M.E., Makutu, M.J.-A., Kanika, M.T., Mvuemba, N.F., Nzau, M.C., Mabedi, T.H., Mayombo, B.E. et Mutamba, N.R. (2013): Dépôt du conglomérat de Bangu-Niari et analyse morphogéométrique des fractures dans l'avant pays de la chaîne panafricaine West Congo: cas du secteur de Kimpese, *Rev. Cong. Sci. Nucl. Vol. N°27 (2013)*, 90-110.
- [4] Cibambula, C.M.E. (2016): Le Sous-groupe de la Mpioka: un flysch de la chaîne Panafricaine West Congo dans la Province du Kongo Central (R.D. Congo), *Th. Doc. Inédit, Dép. Géosc., Univ. Kinshasa*, 185p.
- [5] Clark, D.N. et Talbacka, L. (1980): The Zechstein deposits of southern Denmark, in: The Zechstein Basin with Emphasis on Carbonate Sequences, Füchtbauer, H. and Peryt, T. (eds). Stuttgart, *E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung*, 9 (1980), 205-231.
- [6] Dalziel, I.W.D. (1997): Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation, *Geol. Soc. Amer. Bull.* 109, 16-42.
- [7] Eyles, N. et Januszcak, N. (2004): 'Zipper-rift': a tectonic model for Neoproterozoic glaciations during the breakup of Rodinia after 750Ma. *Earth Sci. Rev.* 65, 1-73.
- [8] Gray, D. R., Foster, D. A., Goscombe, B. D., Passchier, C.W. and Trouw, R. A. J. (2006): 40Ar/39Ar thermochronology of the Pan-African Damara orogen, Namibia, with implications for tectonothermal and geodynamic evolution. *Prec. research*, 150, 49-72.

- [9] Hoffman, P. F., Kaufman, A. J., Halverson, G. P., Scharg, D. P. (1998): A Neoproterozoic Snowball Earth. *Sci.* 281, 1342-1346.
- [10] Logan, B.W., Rezak, R., Ginsburg, R.N. (1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites. *Journ. of Geol.*, 72, 68-83.
- [11] Meert, J.G., Eide, E.A. and Torsvik, T.H. (1997): The Nama Group revisited, *Geophys. J. Int.* 129, 637-650.
- [12] Milankovitch, M.M. (1941): *Kahnon der Erdbestrahlung e Anwendung auf das Eiszeiten-problem*, Ed. Sp. Acad. Royale Serbe, Belgrade, 633p.
- [13] Olausson, E. et Olsson, I.U. (1969): Varve stratigraphy in a core from Gulf of Aden, *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.* 6. 87-103.
- [14] Pedrosa-Soares, A.C., Alkimim, F.F., Tack, L., Noce, C.M., Bambinski, L.C.S. et Martins-Neto, M.A. (2008): Similarities and difference between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo orogen. Pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic region, *Geol. Soc., London, Special Publ.* 294, 153-172.
- [15] Playford, P.E. et Cockbain, A.E. (1976): Modern algal stromatolites at Hamlin pool, a hypersaline barred basin in Shark Bay, western Australia in M.R. Walter (Ed.), *Stromatolites. Developments in Sedimentology*, 20, Elsevier, 389-411.
- [16] Powell, C.McA. (1995): Are Neoproterozoic glacial deposits preserved on the margin Laurentia related to fragmentation of two supercontinents ?, *Geology* 23, 1053-1054.
- [17] Sturm, M. et Matter, A. (1978): *Turbidites and varves in lake Brienz (Switzerland)*: deposition of clastic detritus by density currents, Jhon Wiley, 60p.
- [18] Tack, L., Wingate, M.T.D., Liégeois, J.P., Fernandez-Alonso, M., Deblond, A. (2001): Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton, *Prec. Res.*, 110, 277-306.
- [19] Tohver, E., D'Agrella-Filho, M.S., Trindade, R.I.F. (2006): Paleomagnetic record of Africa and South America for 1200-500 Ma interval, and evaluation Rodinia and Gondwana assemblies, *Prec. Research* 147, 193-222.
- [20] Tucker, M. (1995): *Sedimentary petrology. An introduction to the origin of sedimentary rocks*, Geoscience texts, Backwell Science, Oxford, 260p.

Le Sous-groupe de la Mpioka: Témoins de la réactivation des failles post-Schisto-calcaire dans le fossé de la Basse-Sangha

[The Mpioka Sub-group: Witnesses to the reactivation of post-Schisto-limestone faults in the Lower Sangha ditch]

C. M. E. Cibambula, L. O. Tuema, K. A. Sekeraviti, C. L. Mukeba, and M. N. A. J. Makutu

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Géosciences, Géologie, Post office Box 190, Kinshasa XI

Copyright © 2022 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 Lower Sangha through, apart from the glacial deposit of lower and upper Diamictites, detrital sedimentation is represented by the shales and sandstones of Sansikwa and Petite Bembezi formations as well as by conglomerates, shales and sandstones of the Mpioka Subgroup related respectively to the Tonian, the Cryogenian and the Cambro-Ordovician. The carbonate precipitation of Sekelolo and Schisto-Calcaire in the saline waters from the Adamastor paleo-ocean in the Araçuaí basin in Brazil are responsible for the interruption of this detrital sedimentation in the entire West Congo basin. In the latter, the erosion of the stepped limestone plateaus, vector of the clasts of the Bangu-Niari conglomerate at the base of the Mpioka Subgroup, sufficiently proves that the releases from the faults of the substratum reactivated in the underlying limestones before the pan-African orogenic thrust had caused the total withdrawal of the sea in the Mayumbe North, Mayumbe South and Lower Sangha throughs. In this aulacogen of the Lower Sangha, the weak accommodation of the Mpioka lake submerging the collapsed median compartment, hardly exceeding the rejection of the border faults, justifies the restriction of the Mpioka deposit only to the Bangu plateau, a collapsed compartment at the both normal and reverse conjugate faults.

KEYWORDS: Lower Sangha through, Mayumbe North through, Mayumbe South through, glacial deposit, detrital sedimentation, Mpioka Subgroup, Cambro-Ordovician, Araçuaí basin, West Congo basin, stepped limestone plateaus, faults, withdrawal of the sea, accommodation, Bangu plateau.

RESUME: Dans le fossé de la Basse-Sangha, hormis le dépôt glaciaire de Diamictites inférieure et supérieure, la sédimentation détritique est représentée par les shales et les grès de Sansikwa et de la Petite Bembezi ainsi que par les conglomérats, les shales et les grès de la Mpioka rattachés respectivement au Tonien, au Cryogénien et au Cambro-Ordovicien. Les précipitations carbonatées de Sekelolo et du Schisto-Calcaire dans les eaux salées en provenance du paléo-océan Adamastor dans le bassin d'Araçuaí au Brésil sont responsables de l'interruption de cette sédimentation détritique dans l'ensemble du bassin West Congo. Dans ce dernier, l'érosion des plateaux étagés calcaires, vecteur des clastes du conglomérat de Bangu-Niari à la base du Sous-groupe de la Mpioka, prouve à suffisance que les rejets des failles du substratum réactivées dans les calcaires sous-jacents avant la poussée orogénique pan africaine avaient provoqué le retrait total de la mer dans les fossés de Mayumbe North, de Mayumbe South et de la Basse-Sangha. Dans cet aulacogène de la Basse-Sangha, la faible accommodation du lac de la Mpioka submergeant le compartiment affaissé médian, ne dépassant guère le rejet des failles bordières, justifie la restriction du dépôt de la Mpioka au seul plateau de Bangu, compartiment affaissé à la fois des failles conjuguées normales et inverses.

MOTS-CLEFS: Fossé de la Basse-Sangha, fossé de Mayumbe North, fossé de Mayumbe South, dépôt glaciaire, sédimentation détritique, Sous-groupe de la Mpioka, Cambro-Ordovicien, bassin d'Araçuaí, bassin West Congo, plateaux étagés calcaires, failles, retrait de la mer, accommodation, plateau de Bangu.

1 PROBLÉMATIQUE

Dans la province du Kongo Central à l'Ouest de la République du Congo (Fig.1), le rifting de la chaîne panafricaine West Congo, comprise entre les méridiens de Tshela à l'ouest et de Minkelo à l'est (Fig.2), a débuté au Tonien. Situé dans le prolongement du bassin océanique d'Araçuaï remarquable par la présence des ophiolites reposant sur les formations supracrustales du Transamazonien (Fig.3), le bassin West Congo incluant les fossés de Mayumbe North, de Mayumbe South de direction subméridienne et l'aulacogène de la Basse-Sangha orienté NE-SO, comporte des dépôts carbonatés, typiques de plate-forme marine au-dessus du craton du Congo (Cahen, 1954) dans le secteur compris entre la localité de Nkamuna et la cité de Madimba (Fig.2).

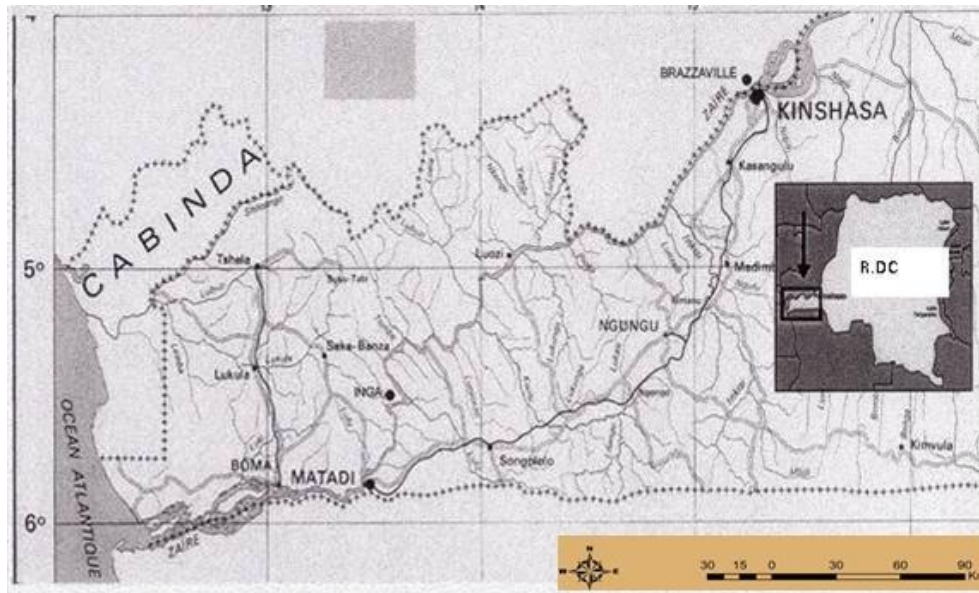


Fig. 1. Carte de localisation de la province du Kongo Central

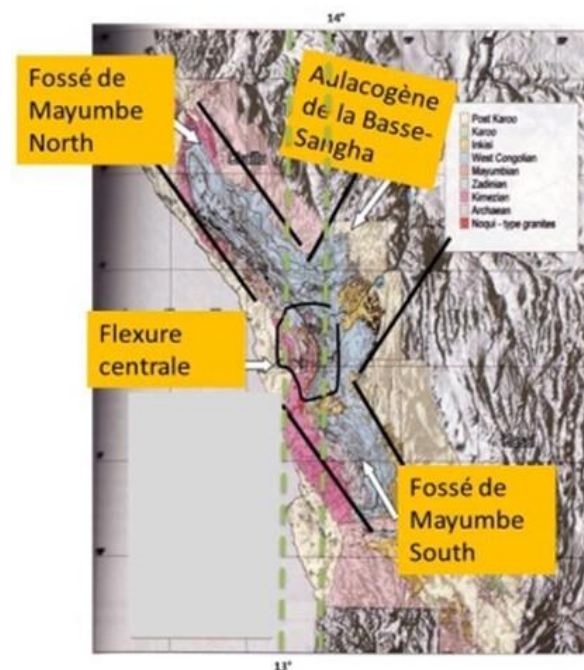


Fig. 2. Subdivision tectonique simulée de la chaîne West Congo en un triple fossé tectonique: fossé de Mayumbe-North (M-N), fossé de Mayumbe-South (M-S), fossé de la Basse-Sangha (B-S); la jonction se fait dans le segment central (SC) (Tack et al., 2001; Cibambula, 2016)

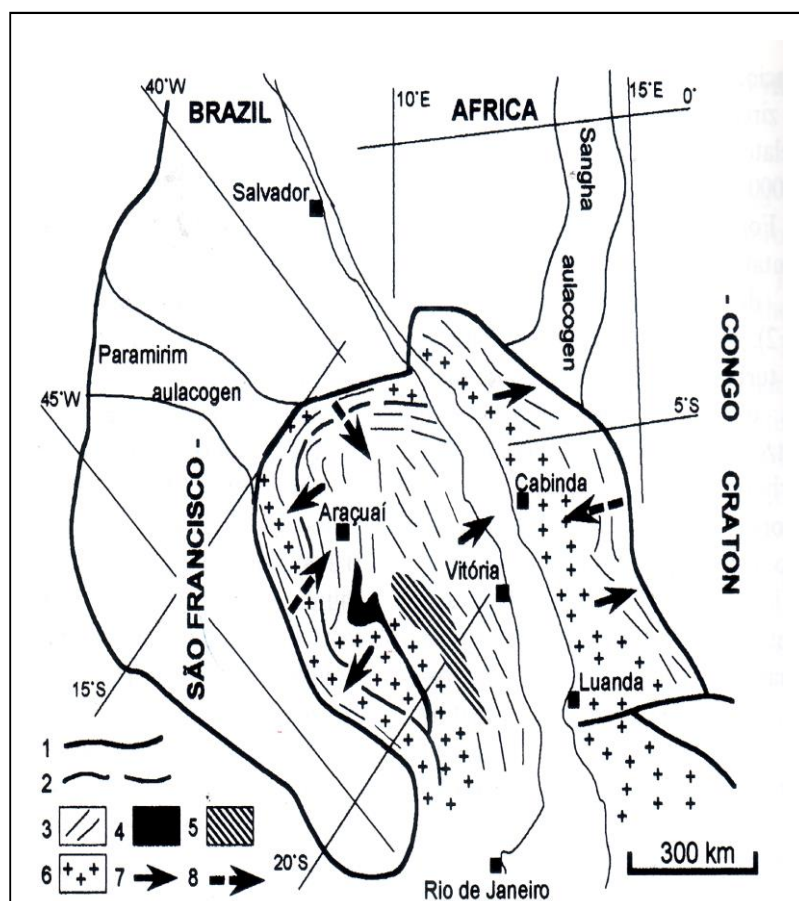


Fig. 3. Schéma esquissant la polarité tectonique dans la chaîne West Araçuaí-Congo érigée par pincement entre les blocs cratoniques de São Francisco et du Congo. 1. limites des cratons; 2. limites entre les domaines tectoniques interne et externe dans la chaîne Araçuaí; 3. orientation structurale Brasiliano-Pan Africaine; 4. zone de croûte océanique; 5. arc magmatique calco-alkalin pré- à syncollisionnel; 6. socle paléo-mésoprotérozoïque; 7. vergence tectonique; polarité métamorphique croissante (Pedrosa-Soares et al., 2001; Alkimim et al., 2006)

Dans cet aulacogène, hormis les diamictites inférieure et supérieure, la sédimentation détritique est représentée par les shales et les grès de Sansikwa et de la Petite Bembezi ainsi que par les conglomérats, les shales et les grès de la Mpioka rapportés respectivement au Tonien, au Cryogénien et au Cambro-Ordovicien (Cibambula, 2016).

L'interruption de cette sédimentation détritique par les calcaires de la Formation de Sekelolo et du Sous-groupe Schisto-calcaire et sa réinstauration lors du dépôt du Sous-groupe de la Mpioka nous incline à rechercher les causes de la modification l'espace disponible marin dans l'aulacogène de la Basse-Sangha.

2 DONNÉES

Le lever géologique effectué dans le fossé de la Basse-Sangha et à sa jonction avec les deux fossés de Mayumbe, a fourni des renseignements identiques sur la tectonique cassante survenue dans le bassin West Congo, il s'agit:

- Des décrochements conjugués N152°/80°ENE - N169°/86°SSO et N85°E/88°SSE – N41°E/84°NO (Photos 1, 2 et 3);
- Des failles normales conjuguées N74°E/65°NNO - N79°E/67°SSE (Photos 4 et 5); ces failles sont respectivement quasi parallèles aux failles des Hématites en Angola et de Haute-Louko et Mindouli dans le Niari suivant la restitution photogramétrique de l'avant-pays (Fig.4);
- Des failles normales conjuguées N150°/76°ENE – N140°/59°SO du fossé de Mayumbe;
- Des failles inverses conjuguées N72°E/08°SSE – N130°/38°NE;
- Des failles inverses conjuguées et N88°E/30°NO – N102°/8°SO;
- La présence des blocs rocheux pyramidaux délimités par quatre failles, conjuguées deux à deux.



Photo 1. Faille normale de décrochement de direction subméridienne dans le fossé de la Basse Sangha.

Photo 2. Faille normale de décrochement de direction subméridienne dans le fossé de Mayumbe North.

Photo 3. Niches d'arrachement sur un décrochement senestre (fossé de la Basse Sangha).

Photo 4. Rejet de la faille normale (fossé de la Basse Sangha).

Photo 5. Niches d'arrachement sur la faille normale (fossé de la Basse Sangha).

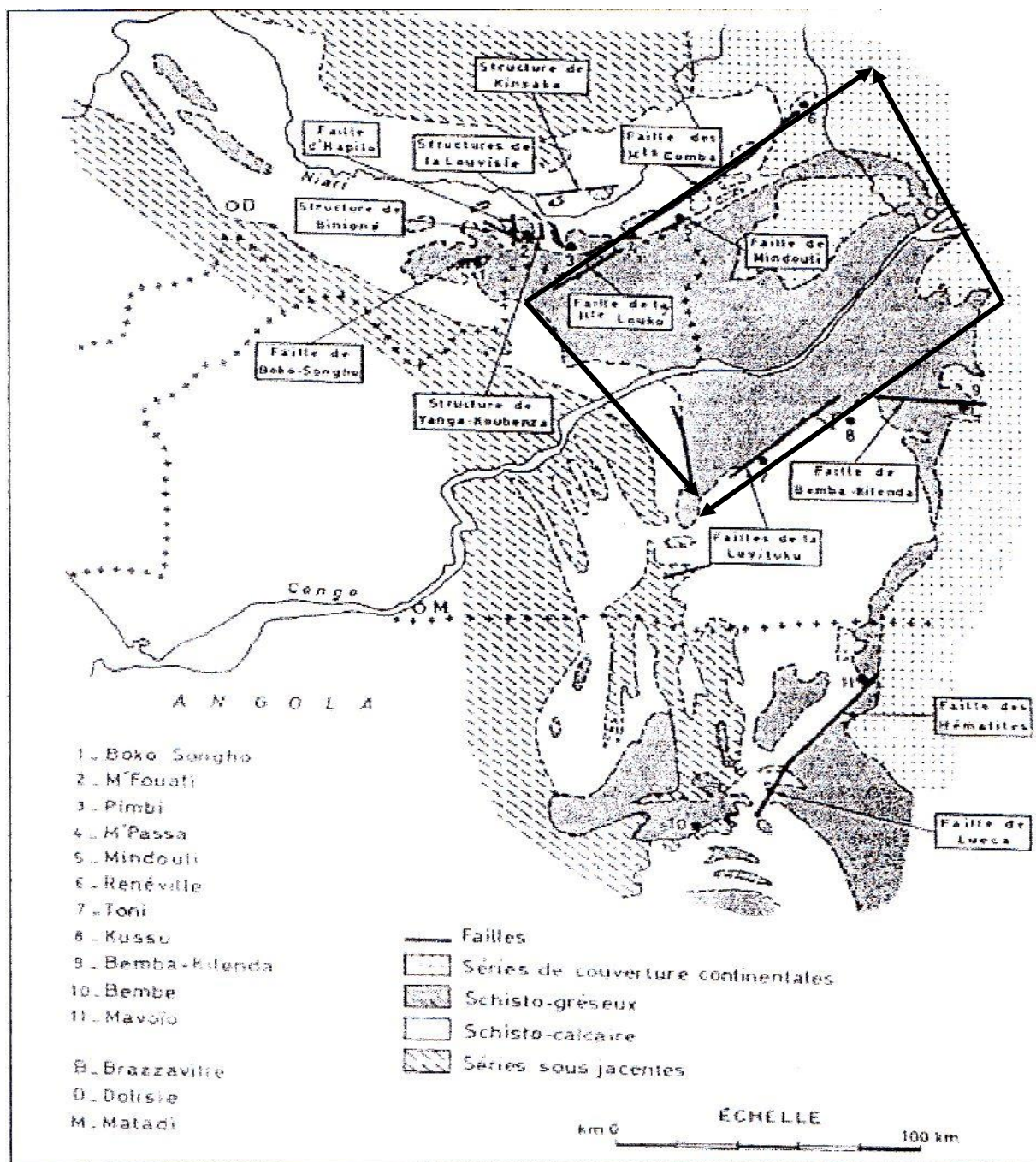


Fig. 4. Bassin en pull-apart de la Basse-Sangha et réseau des failles orientées suivant la direction combienne dans l'avant-pays de la chaîne West Congo (Nicolai, 1954)

En outre, il s'observe à partir du méridien de Minkelo, bordure Est de la chaîne West Congo. Situé au nord de cette cité, le plateau de Bangu coïncide avec le vaste synclinal de même nom dont le plan axial est orienté N26°E/84°ESE. Sur le plateau, la faille normale de décrochement du mont Uia sépare ce pli à l'ouest de l'avant-pays tabulaire à l'est.

Dans la cité de Kimpese, les calcaires de formations de Kwilu et de Lukunga sont affectés par des failles normales et inverses à regard vers le plateau de Bangu sont respectivement orientées N65°E/73°NNO et N65°E/25°SE.

En contrebas du plateau, la plaine schisto-calcaire est jalonnée des compartiments de plus en plus surélevés depuis la vallée de la rivière Lukunga au pied de la falaise de Bangu en direction du territoire angolais vers le Sud.

3 INTERPRÉTATION DYNAMIQUE

Se référant aux théories relatives à l'analyse des bassins proposées par McClay (1987) et Allen et Allen (2005), la propagation de ces failles dans tout le bassin West Congo et l'unicité des directions des contraintes $N160^\circ$, $N80^\circ$ et $N30^\circ$ respectivement pour la distension (Fig. 5a et 5b), la compression verticale (Fig. 6) et le coulisage latéral (Fig. 7a et 7b) prouvent le lien à la fois cinématique, entre les fossés de Mayumbe North, de Mayumbe South et de la Basse-Sangha, et dynamique généré par le flux thermique asthénosphérique datant du Néoprotérozoïque.

Les décrochements conjugués orientés $N152^\circ/80^\circ\text{ENE}$ - $N169^\circ/86^\circ\text{SSO}$ et $N85^\circ\text{E}/88^\circ\text{SSE}$ - $N41^\circ\text{E}/84^\circ\text{NO}$ ont respectivement engendré dans le sens inverse des aiguilles d'une montre les failles normales conjuguées de directions $N74^\circ\text{E}/65^\circ\text{NNO}$ - $N79^\circ\text{E}/67^\circ\text{SSE}$ du fossé de la Basse-Sangha et celles de directions $N150^\circ/76^\circ\text{ENE}$ - $N140^\circ/59^\circ\text{SO}$ des fossés de Mayumbe.

Les failles inverses conjuguées orientées $N72^\circ\text{E}/08^\circ\text{SSE}$ - $N130^\circ/38^\circ\text{NE}$ et $N88^\circ\text{E}/30^\circ\text{NO}$ - $N102^\circ/8^\circ\text{SO}$ traduisent le rejeu de la compression lors du coulisage suivant ces décrochements. La subsidence du bassin de la Mpioka étant d'origine tectonique par la transtension et la transpression ayant affecté le substratum schisto-calcaire, ainsi le fossé de la Basse-Sangha est un bassin en pull-apart.

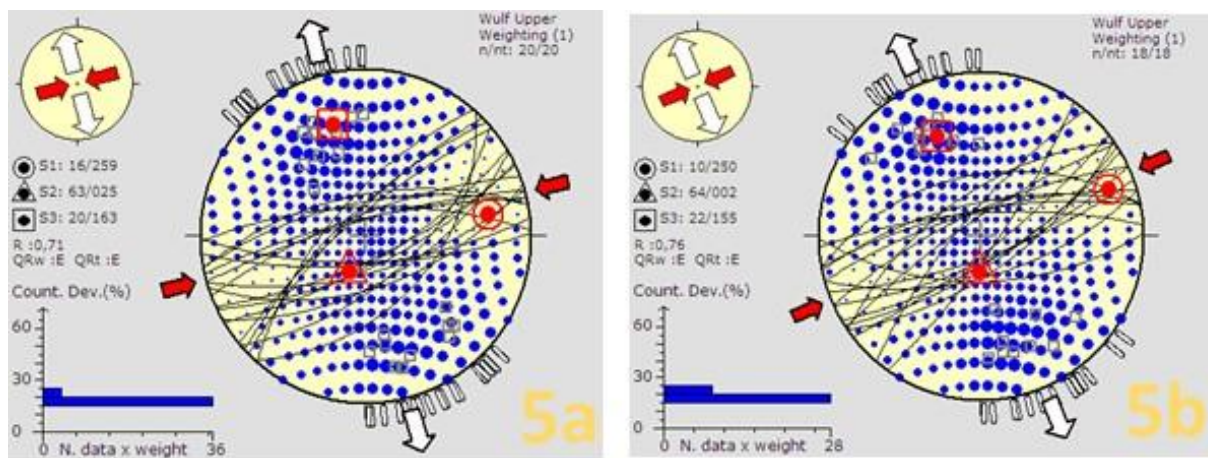


Fig. 5. Orientation du tenseur pour les failles normales sur le flanc Ouest et Sud du plateau de Bangou

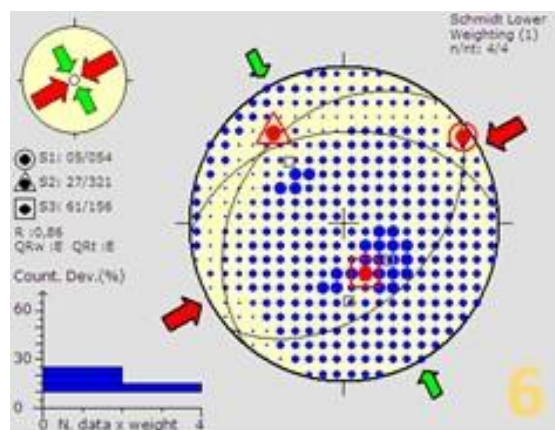


Fig. 6. Orientation du tenseur pour les failles inverses sur le flanc Sud du plateau de Bangou

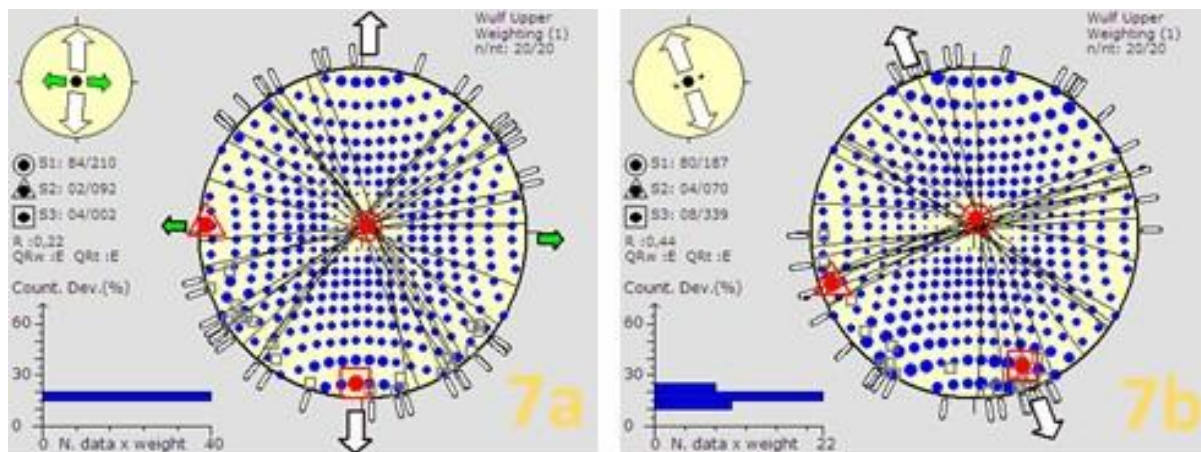


Fig. 7. Orientation du tenseur pour les décrochements sur le flanc Ouest et Sud du plateau de Bangu

4 HISTOIRE DE L'ACCOMMODATION

La sédimentation dans le bassin West Congo, fluvio-lacustre durant le Tonien, devient de plus en plus marine du Cryogénien à l'Ediacarien-Terreneuvien. Cela est respectivement prouvé par les protolithes silico-clastiques de schistes zadiniens-mayumbiens, les shales et les grès du Sansikwa sous-jacents aux calcaires noirs de Sekelolo, calcaires et dolomies d'origine cyano-bactérienne du Schisto-Calcaire. La disparition de cette mer épicontinentale West Congo, dépendance du paléo-océan Adamastor (Pedrosa-Soares et al., 2001; 2008), antérieurement au dépôt du conglomérat de Bangu-Niari et à la poussée orogénique West Congo, serait donc causée par la réactivation des failles du socle dans le substratum schisto-calcaire (Fig.8). Dans l'édification des différents cônes alluviaux de Bangu-Niari, le rôle des compartiments schisto-calcaires étagés en proie à l'érosion fait penser aux chutes de Niagara issues du rejet de la faille normale dans le calcaire sus-jacent aux shales sur la marge du lac Ontario (Strahler et Strahler, 1996).

L'absence parmi les clastes de ces éventails des lithofaciès rencontrés dans tous les uplifts, à savoir: les calcaires noirs de Sekelolo, les grès de la Petite-Bembezi, les deux diamictites et la Dolomie rose confirme leur mise en place antérieurement à la poussée orogénique.



Fig. 8. Modèle du dépôt du conglomérat de Bangu-Niari aux dépens de l'érosion des plateaux calcaires faillés alimentant des éventails alluviaux (Cibambula, 2013)

Quant à la fraction sableuse et silteuse de la Basse- et de la Haute-Mpioka, elle est issue de la pénéplation, selon la morphologie des grains de quartz et de feldspaths, des reliefs plutoniques et métamorphiques et éventuellement volcano-sédimentaires du type rift dans l'arrière-pays autour du lac comme l'indique la figure 9. Selon les travaux de Cibambula (2016), le paléo-environnement lacustre de la Mpioka se déduit, en plus de la distribution virtuelle des sédiments en feuillets lenticulaires, de l'extension moyenne du bassin de la Mpioka intermédiaire entre les chenaux fluviaux et celle très large des dépôts marins à l'instar du Schisto-Calcaire.

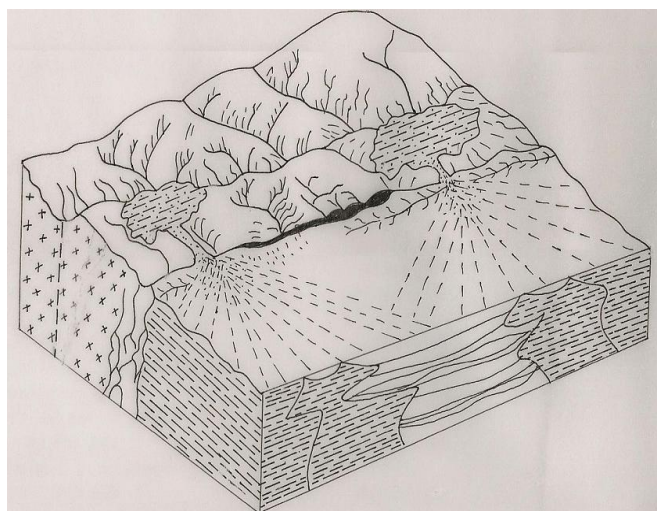


Fig. 9. Modèle dépositionnel des shales et grès de la Mpioka (Cibambula, 2016)

La restriction du nouveau bassin de la Mpioka au plateau de Bangu, compartiment affaissé des failles normales et des failles inverses se justifie par l'infériorité de l'espace disponible par rapport au rejet des failles bordières.

REFERENCES

- [1] Allen, J.R. et Allen, P.A. (2005): Basin analysis. Principles and applications, 2th edition, Blackwell publishing, 549 p.
- [2] Cahen, L. (1978): La stratigraphie et la tectonique du Supergroupe Ouest-Congolien dans les zones médiane et externe de l'orogénèse Ouest-Congolien (Pan Africain) au Bas-Zaïre et dans les régions voisines. Ann. Soc. Géol. Belg. 99, 189-203.
- [3] Cibambula, C.M.E. (2013): La Formation du conglomérat de Bangu-Niari sur le massif de Bangu, degré carré de Ngungu (Province du Bas-Congo): une diamictite périglaciaire, témoins de la fragmentation de Rodinia dans le fossé de la Basse-Sangha. Mém. de DEA, Inédit, Dép. Sc.de la Terre, Univ. de Kinshasa, 105 p.
- [4] Cibambula, C.M.E. (2016): Le Sous-groupe de la Mpioka: un flysch de la chaîne panafricaine West Congo dans la province du Kongo Central (R.D. Congo), Th. Doc. Inédit, Dép. Géosc., Univ. Kinshasa, 185p.
- [5] Cibambula, C.M.E., Makutu, M.J.A., Kanika, M. T., Mvuemba, N. F., Nzau, M.C., Mabedi, T.H., Mayombo, B.E. et Mutamba, N.R., 2013. Dépôt de la Formation du conglomérat de Bangu-Niari et analyse morpho-géométrique des fractures dans l'avant-pays de la chaîne panafricaine West Congo: cas du secteur de Kimpese, Rev. Cong. Sci. Nucl. Vol. N°27, (2013), 90-110.
- [6] Dadet, P. (1969): Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo-Brazzaville au 1/500.000 (zone comprise entre les parallèles 2° et 5°Sud). Mém. du BRGM (70), 99 p.
- [7] Direction du Service Géologique de la Rép. du Zaïre (1973): Carte géologique à l'échelle du 1/200.000, Notice explicative de la feuille de Ngungu, Kinshasa, Lubumbashi, Bukavu, 66 p, 2 fig.
- [8] McClay, K.R. (1987): The mapping of geological structures. Geological Society of London handbook, John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- [9] Nicolai, J. (1954): Observations sur les séries sédimentaires du Niari (Moyen-Congo) A.E.F., Congr. Géol. Int. XIX^e Sess. Alger (1952), Fasc. XX, Ass. Serv. Géol. Afr., I, 163-173.
- [10] Pedrosa-Soares, A.C, Noce, C.M., Wiedemann, C., Pinto, C.P. (2001): The Araçuaí – West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. Prec. Res., 110, 307-323.
- [11] Pedrosa-Soares, A.C., Alkimim, F.F., Tack, L., Noce, C.M., Babinski, M., Silva, L.C. and Martin-Neto, M.A., 2008. Similarities and differences between the brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo orogen. Geological Society of London, Special Publ., v. 294, 153-172, doi: 10.1144/SP294.9.
- [12] Strahler, A. et Strahler, A. (1996): Physical geography, Science and systems of the human environment, John Wiley & Sons, Inc., New York, p.673.
- [13] Tack, L., Wingate, M.T.D., Liégeois, J.P., Fernandez-Alonso, M., Deblond, A., 2001. Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton, Prec. Res., 110, 277-306.
- [14] Trompette, R. (1994): Geology of Western Gondwana (1000-500 Ma). Pan-African-Brasiliano Aggregation of South America and Africa. A.A.Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 350p.

L'enseignement à distance dans l'environnement scolaire rural marocain: Moyens et obstacles - Etat de la Direction de Sidi Kacem

[Distance education in the Moroccan rural school environment: Means and obstacles - State of the Direction of Sidi Kacem]

Abdelkhalek Touahar

Al Ouafae High School, Regional Directorate, Sidi Kassem, Ministry of National Education, Morocco

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to evaluate the process of distance education in secondary schools in rural areas through the model of the Regional Directorate Sidi Kacem, as an alternative or complementary option for attendance education under the Corona pandemic, monitoring the realities of the experience and its future prospects, based on the descriptive analytical program. The study combined quantitative and qualitative approaches (questionnaires, individual interviews, focus groups) in order to analyse the overall elements of the educational phenomenon and make perceptions.

The study revealed that despite the role of distance education in the educational process in the rural community at the time of the pandemic, it faces various constraints, reflected on the educational level of the learner, some of these constraints are related to the social and economic conditions and educational level of the families, and others are related to the national learning policies, which requires concerted efforts to create a suitable educational environment for the rural environment.

KEYWORDS: distance education, Information and communication technologies (ICT), rural environment, learning processes, alternate learning methods.

RESUME: Cette étude vise à évaluer le processus d'enseignement à distance dans les établissements d'enseignement secondaire des zones rurales à travers le modèle de la Direction régionale Sidi Kacem, en tant qu'option alternative ou complémentaire pour l'éducation de fréquentation sous la pandémie de Corona, en surveillant les réalités de l'expérience et ses perspectives d'avenir, sur la base du programme analytique descriptif. L'étude a combiné des approches quantitatives et qualitatives avec des questionnaires, des entretiens individuels, des groupes de discussion) afin d'analyser les éléments globaux du phénomène éducatif et d'en faire des perceptions.

L'étude a révélé que, malgré le rôle de l'enseignement à distance dans le processus éducatif dans la communauté rurale au moment de la pandémie, il est confronté à diverses contraintes, reflétées sur le niveau d'éducation de l'apprenant, certaines de ces contraintes sont liées aux conditions sociales et économiques et au niveau d'éducation des familles, et d'autres sont liées aux politiques nationales d'apprentissage, ce qui nécessite des efforts concertés pour créer un environnement éducatif adapté à l'environnement rural.

MOTS-CLEFS: enseignement à distance, enseignement en alternance, environnement rural, technologies de l'information et de la communication (TICE), processus d'apprentissage.

1 INTRODUCTION

De nombreuses études et recherches au Maroc ont été trouvées dans diverses disciplines, éducatives, psychologiques, sociales, juridiques... L'enseignement à distance est devenu l'un des piliers sur lesquels le processus d'apprentissage, avec l'éducation présentiel, doit être construit pour suivre le rythme des développements éducatifs du système mondial et pour investir dans les gains accumulés par le Maroc pendant la période de quarantaine.

Parallèlement à l'apparition de l'épidémie de Covid 19, les conditions pandémiques ont imposé le recours à l'enseignement à distance comme alternative à l'éducation présentiel pendant la période de quarantaine, et ont été achevées pendant la période pandémique pour assurer la poursuite du processus éducatif. L'adoption de l'enseignement à distance comme alternative à l'éducation présentiel a surpris les acteurs de l'éducation et n'a pas pris en compte les spécificités des zones locales, laissant son application confrontée à divers obstacles, dont certains sont liés aux spécificités de chaque zone (urbaine, rurale), et d'autres à la nature de la politique éducative du Maroc.

Le développement de l'enseignement à distance dans la zone rurale, compte tenu de l'évolution du système éducatif au moment de la pandémie, est devenu un contrôle qui doit être respecté dans l'élaboration de stratégies pour le développement du secteur de l'éducation et de la formation au Maroc, en tenant compte des spécificités de la zone rurale.

2 LA MÉTHODOLOGIE ET LE PROBLÈME DE L'ÉTUDE

2.1 LE CONTEXTE ET L'IMPORTANCE DE L'ÉTUDE

L'étude s'intervient dans le contexte d'un débat public sur les développements soudains que le système éducatif au Maroc a connus pendant la période de pandémie et son impact sur le système éducatif marocain. En évaluant l'état de l'enseignement à distance dans la communauté rurale et ses perspectives d'avenir. De l'étude, nous voyons plusieurs aspects associés à l'évaluation du statut de l'enseignement à distance dans la communauté rurale marocaine, et à la contribution à une vision qui contribue à son développement. Les variables internationales, nationales et locales sont essentielles. L'importance de cette étude est d'aborder la situation immédiate du système éducatif en élargissant le débat sur l'enseignement à distance dans la communauté rurale, en évaluant son statut (moyens et obstacles) à travers une étude de terrain menée entre mars et décembre 2020, et en présentant des propositions et des perceptions visant à développer l'enseignement à distance dans l'environnement rural, et en développant certaines bases et fondations pour assurer sa continuité et contribuer à augmenter la productivité éducative des étudiants.

2.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'étude vise à :

- Introduire le concept d'enseignement à distance en milieu rural;
- Soulignant les raisons du développement de l'enseignement à distance dans la communauté rurale;
- Identifier les moyens et les outils pour assurer la continuité de l'enseignement à distance dans la communauté rurale;
- Souligner la capacité des interventionnistes à placer l'enseignement à distance au cœur des intérêts des enseignants et des apprenants de la communauté rurale;
- Identifier les contraintes qui empêchent l'éducation à distance d'être efficace dans la communauté rurale et atteindre les objectifs souhaités.

2.3 LE PROBLÈME DE L'ÉTUDE

La référence à l'enseignement à distance s'inscrivait dans les stratégies nationales de promotion du secteur de l'éducation et de la formation (Charte nationale de l'éducation et de la formation, Vision stratégique...) Réduire ou alléger les contraintes auxquelles est confrontée l'éducation scolaire (gaspillage scolaire, faible niveau d'éducation pour les apprenants, réduction des dépenses de ceux qui sont sur le terrain)

Face à l'interruption de la fréquentation au Maroc pendant la période pandémique pour réduire la propagation de l'épidémie, et face à la poursuite de la quarantaine et au danger d'inscription dans les établissements d'enseignement, le Ministère n'a trouvé d'autre alternative à l'enseignement présentiel que le recours à l'enseignement à distance, qui a duré

jusqu'à la fin de la saison scolaire 2019-2020, et en complément de l'enseignement de fréquentation après la réouverture des établissements d'enseignement aux élèves au début de la saison scolaire 2020-2021, dans le respect du protocole sanitaire. L'application soudaine de l'enseignement à distance a créé une insatisfaction généralisée parmi les enseignants, les apprenants et les parents.

La proportion d'apprenants ayant poursuivi leurs études à distance au Maroc selon le Haut-Commission de la planification 2020 a été estimées à environ 60%, pendant la période de quarantaine, mais ce pourcentage varie entre l'enseignement privé et public, et entre les milieux urbains et ruraux.

Il est bien connu que le schéma d'évolution du système éducatif dans la zone rurale a ses propres avantages et mécanismes qui l'animent, qui ont mis en avant diverses coercitions liées au domaine lui-même. Pour aborder l'enseignement à distance dans l'environnement scolaire marocain: les moyens et les obstacles à « l'état des zones rurales de la Direction régionale de Sidi Kacem » de manière globale, des questions centrales ont dû être posées: Quelles méthodes ont été adoptées dans l'enseignement à distance dans la communauté rurale ? Dans quelle mesure les interventionnistes ont-ils pu placer l'enseignement à distance au cœur des préoccupations des enseignants et des apprenants de la communauté rurale? Quelles sont les contraintes auxquelles sont confrontés les enseignants et les apprenants pour activer l'enseignement à distance en milieu rural ?

2.4 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Pour analyser le problème de l'article, nous présenterons les résultats d'une étude de terrain qui a duré entre mars et décembre 2020. Pendant la pandémie, nous avons considéré l'enseignement à distance dans la communauté rurale marocaine comme un format dans lequel la situation de la famille du village, les éléments du processus d'apprentissage (enseignant, apprenant), ainsi que les interventions de volonté du ministère interagissent. Pour aborder le sujet de l'étude sous ses différents aspects, il était nécessaire de s'appuyer sur les approches inductives et descriptives pour présenter, décrire, diagnostiquer, analyser et tirer des conclusions et des leçons.

L'étude a combiné des approches quantitatives et qualitatives avec des questionnaires, des entretiens individuels, des groupes de discussion) afin d'analyser les éléments globaux du phénomène éducatif et d'en faire des perceptions.

Approche quantitative: Nous nous sommes appuyés sur un échantillon aléatoire, où nous avons mobilisé un questionnaire à distance, divisé par niveaux d'éducation dans l'enseignement secondaire qualifiant et collège en réadaptation pour assurer la représentation de la communauté statistique (tableau 1).

L'échantillon a recueilli 162 élèves, dont seulement 90 ont interagi, représentant 55% de l'échantillon, tandis qu'un nombre important d'apprenants n'ont pas interagi avec le questionnaire parce qu'ils n'ont pas bénéficié ou interagi avec l'enseignement à distance.

Approche qualitative: L'étude s'est concentrée sur les résultats de 18 entretiens individuels avec des enseignants et des gestionnaires d'établissements d'enseignement, et de 8 entretiens de groupe sous la forme de groupes de discussion de 15 à 24 personnes.

Tableau 1. *L'échantillon de prélèvements validés dans l'étude selon les deux cycles*

Le niveau	1 collège	2 collège	3 collège	Tronc Commun	1 bac	2 bac	Total	Rapport
L'échantillon d'étude	28	28	28	28	28	28	168	100
Le nombre d'étudiant ayant répondu aux Questionnaires	10	8	11	10	24	30	93	55

Source: Recherche sur le terrain (mars 2020)

3 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

3.1 LE CONCEPT ET LES TYPES D'ENSEIGNEMENT À DISTANCE ET LES ÉTAPES DE SON DÉVELOPPEMENT AU MAROC

3.1.1 LE CONCEPT ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

Le terme enseignement à distance remonte à 1982, lorsque le Conseil international de l'éducation par correspondance a changé son nom en Conseil international pour l'enseignement à distance lors d'une conférence à Vancouver, au Canada, et l'idée a pris forme en 1979 lors de la Conférence internationale de Birmingham à l'Université ouverte du Royaume-Uni, où il semblait clair que le Conseil international pour l'éducation par correspondance ne répondait plus aux nouveaux besoins de certaines institutions d'enseignement à distance, et il est nécessaire avec les développements modernes d'adapter son nom à celui-ci. [1].

L'enseignement à distance est donc une nouvelle forme d'éducation qui permet le transfert de savoir scientifique par de multiples moyens numériques sans que l'élève ait à assister régulièrement à la leçon [2]. et quelle que soit l'éducation à distance, est la transformation de l'éducation traditionnelle présentiel en éducation numérique basée sur la communication à distance, et est réalisée séparément entre les mêmes éléments de l'environnement de classe traditionnel (enseignant, apprenant, méthodes d'enseignement).

L'enseignement à distance est une nouvelle formule éducative, qui n'oblige pas les apprenants d'être présents dans les classes, et les technologies de l'information et de la communication sont son objectif principal. Il s'agit d'un modèle éducatif dans lequel l'apprenant est relativement indépendant de son établissement d'enseignement.

3.1.2 TYPES D'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

Enseignement direct à distance: Ce type d'éducation dépend de la limitation de l'activité de l'apprenant à l'espace, où le processus d'apprentissage se déroule dans un environnement de classe virtuelle, dans lequel les enseignants et les apprenants interagissent, selon des objectifs éducatifs prédéterminés.

Enseignement à distance en alternance: Ce type d'enseignement est dispensé simultanément avec l'enseignement de l'assiduité, où les apprenants bénéficient de cours dans des établissements d'enseignement, de leçons à distance par communication et d'enseignement à distance, afin de bénéficier des deux types.

Enseignement à distance simultané: Grâce à l'interaction de l'apprenant avec d'autres apprenants et enseignants en temps réel, dans un environnement de classe virtuelle, dans lequel l'enseignant prévoit d'étudier, le met en œuvre simultanément avec les apprenants et interagit avec l'apprenant et l'enseignant. Les médias sociaux et les plateformes en ligne sont les moyens appropriés pour ce type d'apprentissage

Enseignement à distance asynchrone: C'est l'élément le plus flexible, et ne nécessite pas d'interaction directe des enseignants et des apprenants, parmi ses formes les plus importantes, des vidéos sur YouTube, la télévision, l'utilisation de bandes... Envoyer des documents via les médias sociaux.

3.1.3 LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE AU MAROC

Suivre les énormes défis éducatifs posés par la communauté de l'information et du savoir, à partir d'un examen complet et précis des fondements éducatifs actuels [3]. La Charte nationale de l'éducation et de la formation, dans son dixième pilier, visait à intégrer la technologie

Information et communication dans l'éducation. En développant une vision générale qui fera le début du processus d'enseignement à distance dès l'entrée à l'école et à l'université 2000-2001, en doter les écoles de nouvelles technologies d'information et de communication, de suivre les derniers développements et de préserver la continuité de l'installation publique.

À la lumière de la révolution numérique, afin d'atteindre les objectifs du système éducatif, le ministère de la Volonté a lancé en 2005 le programme Génie pour populariser les technologies de l'information et de la communication, relier les établissements d'enseignement à Internet, former les enseignants et fournir des ressources numériques électroniques, mais le téléchargement du programme est resté décent et n'a pas atteint ses objectifs pour plusieurs considérations:

Le fait que de nombreux établissements d'enseignement de la communauté rurale, même ceux de certains milieux urbains, n'étaient pas couverts par l'Internet, et même ceux couverts se limitaient à la gestion de l'éducation, où le multimédia et les salles de classe n'étaient pas équipés de l'équipement numérique et pédagogique nécessaire;

Limiter la formation reçue par les enseignants est important pour le programme Microsoft, sans étendre la formation pour inclure les plates-formes éducatives électroniques et d'autres programmes plus importants.

Avec la propagation de la pandémie de Corona et la cessation des activités traditionnelles des établissements d'enseignement, le ministère avec d'autres interventionnistes, a été contraint de passer de l'enseignement présentiel à l'enseignement à distance, afin de sauver la saison scolaire, qui était menacée d'annulation et de considérer l'année scolaire comme une année blanche.

Cependant, cette transition soudaine dans un environnement éducatif n'était pas prête à recevoir la nouvelle expérience, confondant le corps professoral, les apprenants et les parents, ce qui a eu une incidence négative sur la qualité et les résultats du processus d'apprentissage.

3.2 ENSEIGNEMENT À DISTANCE DISPONIBLE DANS LA ZONE RURALE MAROCAINE

3.2.1 TV: GRANDE IMPORTANCE ET FAIBLE INTERACTION

La télévision est l'un des moyens adoptés par le ministère pendant la période de suspension d'enseignement présentiel, en programmant des cours éducatifs dans tous les fils éducatifs sur les chaînes de télévision nationales, pour assurer le principe de récompense des opportunités et la poursuite du processus éducatif. On estime que seulement 15% des apprenants étudient à distance au Maroc par le biais des chaînes de télévision, selon les statistiques du haut-commissaire, pour ne prévoir que 15%, [4]. mais le pourcentage d'apprenants en milieu rural, qui utilisent cette méthode dans l'enseignement à distance atteignent 24 % (tableau 2).

Tableau 2. Moyens d'enseignement à distance dans le milieu rural

Moyens de l'enseignement à distance	Pourcentage
Télé	24
Internet	76

Source: Recherche sur le terrain, (mars) juin 2020)

Malgré les avantages de l'enseignement de la télévision, en fournissant à la fois le visionnage et l'écoute, ainsi qu'une large couverture de la large base d'élèves, l'élément d'interaction, de participation, de dialogue en direct et de flexibilité dans la programmation des leçons éducatives a eu un impact négatif sur l'interaction des apprenants avec l'enseignement à distance par la télévision, et la prolifération des smartphones a affecté le volume d'interaction avec les leçons télévisées pour d'autres moyens et outils.

Selon le site Web de statistiques, de données sur le marché et les consommateurs <https://www.statista.com>, le nombre d'utilisateurs de smartphones dans le monde en juin 2020 était de 3,5 milliards et devrait atteindre 4 milliards en fin 2021.

3.2.2 SYSTÈME DE CLASSE VIRTUELLE

Les classes virtuelles dépendent de la communication de l'enseignant avec les apprenants via Internet à des fins d'enseignement, en fonction des objectifs et des plans préparés par l'enseignant avant le début de la leçon. Les classes sont une salle électronique virtuelle où les apprenants rencontrent les enseignants et interagissent les uns avec les autres pour atteindre leurs objectifs éducatifs en ligne.

Les classes virtuelles sont devenues des phénomènes éducatifs qui ont balayé les systèmes éducatifs mondiaux en ligne, représentés par le grand nombre de programmes et d'organismes ouverts fournissant des services, tels que:

(Programme... WebCT; blackboardvirtuel; Microsoft Teams; Google Meet).

Face à la propagation de la pandémie de Corona au Maroc, et à la suspension d'enseignement présentiel le ministère a lancé la chambre numérique Microsoft Teams, pour assurer la poursuite de l'étude. Et inciter les enseignants à créer les classes virtuelles comme alternative aux salles de classe traditionnelles de nature assidue pendant la période de quarantaine. La plateforme Microsoft Teams fournit les services suivants:

- A pu créer un groupe de travail entre les apprenants et les enseignants;
- Utilisation de canaux pour organiser les réalisations des élèves autour de modules ou de projets;
- Communication à distance à l'aide de la vidéo, du partage d'écran et du contenu affiché;
- établir des évaluations, partage de fichiers, notes et toutes les exigences pour le fonctionnement du département.

Malgré l'importance des classes virtuelles dans le processus d'apprentissage, la demande d'enseignement est restée faible, avec seulement 6% des moyens bénéficiant de ses services utilisé dans l'enseignement à distance, en raison de l'incapacité des enseignants et des apprenants à utiliser la technique.

Tableau 3. Degré dans lequel les enseignants et les apprenants peuvent utiliser Microsoft Teams

	Enseignant			Apprenant		
	Faible	Moyenne	Bon	Faible	Moyenne	Bon
Pouvoir utiliser Microsoft Teams	34	54	10	74	25	1

Source: Recherche sur le terrain (mars 2020)

Le tableau 3 montre que seulement 1 % des apprenants sont capables d'utiliser Microsoft Teams, tandis que seulement 9 % des enseignants maîtrisent cette technique. La faible utilisation des classes virtuelles dans les zones rurales est attribuable à la tendance négative dominante vers les classes virtuelles et au manque de moyens technologiques disponibles, qui n'a rendu que 8% des apprenants souhaitant utiliser la méthode et seulement 1% des enseignants disposés à l'utiliser.

3.2.3 MÉDIAS SOCIAUX

Le terme médias sociaux est appelé une gamme de sites Web, permettant aux gens de communiquer dans un environnement de classe virtuelle, simultanément ou de manière asynchrone.

La proportion d'apprenants utilisant les médias sociaux dans l'enseignement à distance au Maroc :

45% répartis entre les institutions publiques et privées, et entre les zones urbaines et rurales [6].

On estime que 58 % des apprenants utilisent l'enseignement à distance dans les zones rurales, réparti sur différents médias sociaux (tableau 4). Cela s'explique par le fait qu'ils se distinguent facilement des autres moyens et qu'ils sont accessibles à tous, car ils ne nécessitent pas de ressources financières importantes et n'ont pas besoin d'expérience dans leur utilisation, ce qui s'est reflété positivement dans le nombre d'apprenants utilisant la technologie.

Tableau 4. Pourcentage d'utilisation des médias sociaux et attitudes des apprenants à leur égard

Médias sociaux	Taux d'utilisation des médias sociaux	Médias sociaux préférés par les apprenants dans l'enseignement
Facebook	51	17
Toutube	20	46
Whats up	22	24
Courriel	2	8
Blogs	5	5
Total	100	100

Source: Recherche sur le terrain (mars 2020)

Le pourcentage d'apprenants utilisant les médias sociaux varie (tableau 4), où Facebook est dominé par 51%, tandis que l'utilisation des blogs reste faible, avec seulement 5%, ce qui s'explique par la forte demande sur Facebook pour la facilité d'utilisation, et un grand nombre d'apprenants peuvent utiliser Facebook gratuitement pour partager des informations, des leçons et apprendre.

46% des apprenants ont également exprimé le désir d'utiliser YouTube plus que toutes les autres technologies, comme un moyen de suivre les vidéos et d'en faire un grand usage directement. Cependant, le faible nombre d'internautes et le manque

d'accès gratuit à cette méthode ont contribué à la baisse réelle du nombre d'étudiants bénéficiant de cette technique à seulement 20%.

3.3 DES CONTRAINTES LIMITANT LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

3.3.1 L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE EST CONFRONTÉ À D'IMPORTANTES LACUNES EN MATIÈRE D'INFRASTRUCTURES

Il y a eu récemment de grands changements dans le domaine de l'éducation en fonction des besoins du marché du travail, qui a besoin de compétences et de qualifications nouvelles et innovantes, où il est nécessaire que le système éducatif adopte des techniques et des moyens pour suivre le rythme des développements observés ces dernières années et décennies, mais il s'avère que l'enseignement à distance dans l'environnement rural fait face à une faiblesse significative dans les infrastructures et ne s'efforce pas de répondre aux besoins et aux exigences de la société, les données suivantes confirment cette proposition:

- Seuls 4% des apprenants ont accès à Internet à la maison, sans parler des garçons pauvres et du manque de qualité, tous les élèves occupant des médias sociaux gratuits (Facebook lite), des services limités (envoi de messages);
- 78% des étudiants n'ont pas d'ordinateur, ce qui les rend satisfaits des smartphones dans l'enseignement à distance.
- Tous les élèves interrogés n'ont pas été soumis à une formation en TIC.

3.3.2 LA SITUATION ÉCONOMIQUE ET SOCIALE DE LA FAMILLE VILLAGEOISE LIMITE LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

Malgré l'évolution des activités économiques, dans les zones rurales, l'activité agricole domine les activités des parents d'élèves dans la communauté rurale (38%), tandis que la plupart des femmes sont des femmes au foyer qui travaillent simplement à domicile au service de leur famille (98,5%), comme le montrent les tableaux (5) et (6).

Tableau 5. Activité économique des parents dans la communauté rurale

Métier du père	Artisan	Agriculteur	Fonctionnaire	Sans	Commerçant	Entrepreneur	Autres
Pourcentage	6	38	16	13	10	4	13

Source: Recherche sur le terrain (mars 2020)

Tableau 6. Emploi des femmes en milieu rural

Métier de la mère	Femme de foyer	Autres
Pourcentage	96	4

Source: Recherche sur le terrain (mars 2020)

La période de quarantaine a vu un total de 54% des artisans et travailleurs qualifiés, et 46,3% des paysans et des journalistes suspendus [6]. La suspension, ou le déclin à l'intérieur, d'une grande partie des familles rurales en raison de la fermeture des marchés a rendu difficile la fourniture des moyens de continuité éducative à distance à leurs enfants.

3.3.3 LE NIVEAU D'ÉTUDE DES FAMILLES RURALES INFLUE SUR L'EFFICACITÉ DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

L'enseignement à distance a contribué au retour de la relation entre les parents d'élèves et l'école, où le processus d'apprentissage a été forcé d'être suivi de l'intérieur de la maison et leurs enfants suivis. Toutefois, dans le milieu rural, ce niveau est confronté à des difficultés liées au faible et au faible niveau d'éducation des familles rurales (tableau 7), avec seulement 52 % des parents atteignant le niveau de l'enseignement primaire, alors que seulement 10 % des parents ont atteint le niveau secondaire de réadaptation et 3 % ont atteint l'enseignement universitaire.

Tableau 7. Niveau d'éducation des parents d'élèves de la zone rurale

Niveau culturel	Sans	Primaire	Collège	Lycée	Universitaire
Père	13	49	25	10	3
Mère	28	52	20	0	0

Source: Recherche sur le terrain (mars 2020)

Le niveau d'éducation de la famille du village se reflète dans le degré du suivi par la famille du village du processus d'enseignement à distance, et si le taux de suivi des familles auprès de leurs enfants au Maroc est de 46%, selon les données du Haut-Commission de la planification, il ne dépasse pas 37% dans la communauté rurale.

3.3.4 FAIBLES COMPRÉHENSIONS DES LEÇONS PAR LES APPRENANTS ET MANQUE D'INTERACTION DES ENSEIGNANTS

Les enseignants et les apprenants ont soudainement été contraints d'utiliser l'enseignement à distance comme alternative à l'enseignement présentiel, Cela a déclenché un état de confusion au sein de la famille éducative, reflétant le degré et le niveau de compréhension des leçons par les apprenants (tableau 8).

Tableau 8. Niveau de compréhension des leçons par les apprenants a travers l'enseignement à distance

Niveau de compréhension	Faible	Moyenne	Bien	Très bien
Pourcentage	46	10	37	7

Source: Recherche sur le terrain (mars 2020)

Le tableau 8 montre que 46 % des apprenants étaient incapables de comprendre les leçons et que leurs rendements étaient faibles à très faibles, en raison du manque d'incitatifs et du manque de motivation. Outre la mauvaise programmation des cours télévisés, le manque de compétitivité entre les apprenants assurés par l'éducation présentiel et l'atmosphère de classe, plus les moyens existants utilisés dans l'enseignement à distance, et le réseau Internet souvent faible ou absent.

L'imposition de l'enseignement à distance dans le milieu scolaire a soudainement causé de nombreuses difficultés aux membres du corps professoral, qui sont déjà accablés par de nombreuses obligations et devoirs éducatifs, et a même ouvert de nombreux fronts sur les médias sociaux sur la performance de certains enseignants et la réduction de leurs efforts et de leur fatigue, et souvent même moqué d'eux [5]. Cela se reflète négativement sur le niveau d'interaction de la faculté avec le processus d'enseignement à distance, car les enseignants attribuent cela à l'incapacité de beaucoup d'entre eux (plus de 36%) des technologies de l'information et de la communication et de diverses techniques modernes utilisées dans l'enseignement, et au manque de sensibilisation de l'importance du processus d'enseignement à distance par d'autres, alors que tous les enseignants considéraient l'enseignement à distance comme un fardeau supplémentaire pour eux.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Il ressort clairement de ce qui précède que malgré les efforts déployés par le ministre du d'éducation national et de formation pour faire du processus d'enseignement à distance dans la communauté rurale un succès, à travers des plateformes et des programmes dédiés à l'enseignement à distance, la télévision, les sites de médias sociaux, la plate-forme en ligne...) Il a exhorté les acteurs à s'engager sérieusement et efficacement dans ces ateliers, dont les résultats restent limités, compte tenu des contraintes des aspects économiques et sociaux et du niveau culturel et éducatif des familles rurales, et de l'absence ou du manque de sensibilisation de l'importance de l'enseignement à distance par les apprenants et les enseignants.

L'interaction directe dans l'environnement de la classe dans les communautés rurales qui manquent d'infrastructures et d'éducation à distance est la clé du succès du processus d'apprentissage, de l'atteinte de ses objectifs, car l'enseignement à distance dans les circonstances que nous avons diagnostiquées dans ce travail n'est éduqué qu'avec une communication, une méthodologie et des compétences cognitives médiocres. Ses résultats ont été plus limités dans la communauté rurale lors de l'analyse des évaluations diagnostique et les 1 ères évaluation de la première année de baccalauréat en sciences expérimentales en science de la vie et de la terre entre les deux saisons scolaires (2020/19 et 2021/2020).

Tableau 9. *Comparaison des compétences d'habileté, méthodologiques et cognitives durant la 1^{ère} contrôle continu pendant les 2 années scolaires 2019/2020 et 2020/2021*

	Année scolaire 2019/2020				Année scolaire 2020/2021			
	Inférieur à la moyenne	Moyenne	Bien	Excellent	Inférieur au moyenne	Moyenne	Bien	Excellent
Compétence d'habileté	10	22	54	14	26	48	18	8
Compétences méthodologiques	19	25	39	13	10	50	30	10
Compétences cognitives	11	13	64	12	20	21	50	9

Source: les feuilles de 1^{ère} contrôle durant les 2 années scolaires 2019/2020 et 2020/2021

D'après tableau 9, les connaissances, la méthodologie et les habiletés sont réduites au début de la saison scolaire 2021/2020 par rapport à la saison scolaire précédente, et les apprenants sont dus au fait qu'ils n'ont pas suivi l'étude de science de la vie et la terre comme requis systématiquement, cognitivement et pédagogiquement, pendant la période de quarantaine dans le tronc commun.

Par conséquent, à notre avis, pour le succès de l'enseignement à distance dans la communauté rurale, les efforts de tous les interventionnistes et les stratégies conformes aux exigences de l'enseignement à distance dans l'environnement rural doivent être combinés avec:

Fournir des outils et des moyens de base d'Internet, des ordinateurs et des moyens d'approvisionnement dans les établissements d'enseignement, afin d'assurer la continuité pédagogique en cas d'utilisation de l'enseignement à distance;

Soumettre le personnel enseignant à des cours de formation continue et à une formation sur les compétences d'application de l'enseignement à distance, afin qu'il soit responsable et compétent dans l'utilisation des communications et de l'information modernes;

Numériser les programmes et les programmes éducatifs, en fournissant les ressources numériques nécessaires au succès des programmes éducatifs et suivre le rythme des transformations communautaires et des circonstances exceptionnelles telles que la pandémie de Covid 19;

Diffuser la culture de l'enseignement à distance aux établissements d'enseignement, aux institutions communautaires et aux membres;

Mettre l'accent sur la préparation de l'expertise technique pour mener l'enseignement à distance dans l'environnement rural, en particulier les expériences dans la production de ressources numériques et la production de leçons à distance conformément à l'approche suffisante du Maroc en matière d'enseignement;

Identifier les canaux et codes pédagogiques, qui prennent en compte le principe de l'enseignement selon l'approche en termes d'efficacité;

Tenir compte des spécificités sociales, culturelles et économiques des familles rurales lors de l'adoption de l'enseignement à distance;

Soutenir les enseignants et les encourager à produire du contenu éducatif numérique pour atteindre les objectifs d'apprentissage;

Examiner les programmes, cours, programmes et stratégies éducatifs pour l'éducation, afin qu'ils puissent traiter efficacement les systèmes et outils TIC.

REFERENCES

مراجع

- [1] أحمد منصور، (2001). أساسيات تكنولوجيا التربية، كلية التربية بدمياط، القاهرة، المكتبة العصرية.
- [2] خديجة الحامد، (2017). التعليم عن بعد، أعمال الملتقى الدولي حول التعليم عن بعد بين النظرية والتطبيق التجربة الجزائرية أنموذجا ، منشورات مختبر الممارسة اللغوية، كلية الآداب واللغات، جامعة مولود معمري تيزي وزلي / الجزائر صص 156-205.
- [3] أحمد عزوز، (2017). التعليم عن بعد بين النشأة والتطور مقارنة في خلفيته التاريخية وأبعاده التنموية أعمال الملتقى الدولي حول التعليم عن بعد بين النظرية والتطبيق - التجربة الجزائرية أنموذجا. منشورات مختبر الممارسة اللغوية، كلية الآداب واللغات، جامعة مولود معمري تيزي وزلي / الجزائر صص 25-39.
- [4] بكيري محمد أمين ، (2020). التعليم الإلكتروني في زمن الكورونا: التجربة الجزائرية، تحديات ورهانات، مجلة الحكمة للدراسات الفلسفية، العدد 2، صص 17-31.
- [5] المندوبية السامية لتخطيط، (2020). بحث تأثير فيروس كورونا على الوضع الاقتصادي والاجتماعي والنفسي للأسر، الموقع الإلكتروني للمندوبية السامية للتخطيط، ص 31.

Configuration d'une Raspberry Pi comme Serveur et Co-simulation avec un Client Socket pour la Téléopérabilité Optimale d'un Processus Dynamique Asservi par Régulation Quadratique Linéaire avec Poursuite

[Configuration of a Raspberry Pi as a Server and Co-Simulation with a Socket Client for Optimal Teleoperability of a Dynamic Servo Process by Linear Quadratic Control with Tracking]

Manga Betene Ignace Fabrice, Paune Felix, Mbihi Djoumessi Markov, and Nneme Nneme Leandre

Research Laboratory of Computer Science Engineering and Automation, Enset, University of Douala, Cameroon

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this paper, we present a system for controlling the angular velocities of the motors of a 2WD mobile robot using an optimal Linear Quadratic Regulator with Tracking (LQRT), thanks to a Co-simulation between two Raspberry Pi modules and the MATLAB R2018a software. Indeed, we have a system made up of a certain number of elements, notably a web interface for communication with users, a Raspberry Pi 4 Model B module that we have configured as a server and a Raspberry Pi 3 Model B module that plays the role of a socket client whose physical GPIOs are represented in an identical logical manner on Simulink in order to facilitate interaction with the process modelled in MATLAB R2018a. This system has been realized thanks to a combination of various software technologies such as the python flask framework for the development of the web application, the HTML and CSS programming languages for the client side of our user application, the library written in C language SQLite for the relational database engine accessible by the SQL language, the JavaScript library Socket.IO library for real-time bidirectional communication between clients and servers, the Python Threading library to facilitate the execution of parallel processes and the python RPI library to control the GPIO ports of the Raspberry Pi 3. The speed control simulation results on a 2WD mobile robot in both normal and Co-simulation modes show almost identical performance indices.

KEYWORDS: Co-simulation, Raspberry Pi, GPIO, 2WD mobile robot, LQRT control.

RESUME: Dans cet article, nous présentons un système d'asservissement des vitesses angulaires des moteurs d'un robot mobile 2WD effectué par un correcteur optimal Régulateur Quadratique Linéaire avec Poursuite (RQLP), grâce une Co-simulation entre deux modules Raspberry Pi et le logiciel MATLAB R2018a. En effet, nous disposons d'un système constitué d'un certains nombres d'éléments notamment une interface web pour la communication avec les utilisateurs, un module Raspberry Pi 4 Model B que nous avons configuré comme serveur et un module Raspberry pi 3 Model B qui joue le rôle de client socket dont les GPIO physiques sont représentées de manière logique identique sur Simulink afin de favoriser l'interaction avec le processus modélisé sous MATLAB R2018a. Ce système a été réalisé grâce à une combinaisons de diverses technologies logicielles à l'instar du Framework python flask pour le développement de l'application web, des langages de programmation HTML et CSS pour le coté client de notre application utilisateur, la bibliothèque écrite en langage C SQLite pour le moteur de base de données relationnelle accessible par le langage SQL, la bibliothèque JavaScript Socket.IO pour la communication bidirectionnelle en temps réel entre les clients et les serveurs, la bibliothèque Python Threading pour faciliter l'exécution des processus en parallèles et la bibliothèque python RPI pour contrôler les ports entrées/sorties GPIO de la Raspberry Pi 3. Les résultats de simulation de l'asservissement en vitesses effectués sur un robot mobile 2WD en mode normal comme en Co-simulation nous révèlent des indices de performance pratiquement identique.

MOTS-CLEFS: Co-simulation, Raspberry Pi, GPIO, Robot mobile 2WD, Correcteur RQLP.

1 INTRODUCTION

La téléopération signifie "effectuer un travail à distance", bien que par "travail", nous entendions presque tout. Ce que nous entendons par "distance" est également vague: il peut s'agir d'une distance physique où l'opérateur est séparé du processus par une grande distance, mais elle peut également faire référence à un changement d'échelle par exemple, un chirurgien peut utiliser un micromanipulateur pour effectuer une opération à un niveau microscopique. En industrie La Téléopération comprend une technologie robotique dans laquelle un opérateur humain (maître) contrôle un processus distant (esclave). Le système est formé de deux parties, le module de commande et le télémanipulateur [1]. Le processus qui est l'élément essentiel de commande utilise en fait différentes ressources pour transformer des données d'entrée en données de sorties [2]. En effet, au sens de l'automatique, un processus est défini comme un système possédant une entrée, une sortie et dont la représentation du modèle mathématique est soit statique, soit dynamique [2]. La commande de ces processus se fait généralement dans des salles aménagées appelées laboratoires [3], certains de ces laboratoires nécessitent la présence humaine pour la commande et d'autres peuvent s'en passer [4]. Ces laboratoires ont la possibilité en fonction de leur configuration serveur de permettre la commande d'un ou plusieurs processus [4]. La demande se faisant grande, seuls les laboratoires ayant une configuration multiserveur (proposant la commande de plusieurs processus) sont les plus prisés, or ils présentent certaines limites, notamment l'encombrement et le coût élevé des équipements. Il se pose donc un problème, celui de pouvoir faciliter la commande des processus téléopérables sur des plates-formes serveurs en utilisant le moins d'espace possible et un matériel au moindre coût qui donne entière satisfaction. Dans le cadre de nos travaux nous avons opté pour l'utilisation d'un module Raspberry pi pour proposer une optimisation de la commande des processus téléopérables sur les plates-formes serveurs. Ce choix est consolidé par les nombreux avantages que peut nous offrir l'utilisation de ce composant comparé à d'autres comme le kit Arduino ou le module de commande ESP32. En effet, la Raspberry Pi est un nano ordinateur mono-carte qui contient un processeur ARM, un GPU, une RAM, et d'autres ports comme HDMI, RJ45 (pas dans tous les modèles), des pins où on peut enficher d'autres composants comme une caméra, des détecteurs. La Raspberry Pi utilise le model SOC ou *System on chip* c'est-à-dire tous les composants précédents se trouvent sur une seule carte. Ce nano ordinateur supporte le système d'exploitation Debian basé sur linux compatible même avec Windows OS [5]. Les recherches effectuées nous montrent que diverses utilisations ont déjà été faites de la Raspberry Pi, ce module a été utilisé pour configurer et mettre en place un serveur Web avec une adresse IP et une redirection de port, qui permettrait l'accès à partir d'une autre source connectée à un réseau [6], il a été utilisé pour l'implémentation d'un Server Cloud pour le stockage de données en temps réel [7], il a été utilisé dans la mise sur pied d'un système de surveillance de l'environnement [8], des travaux ont porté sur la Configuration du module Raspberry Pi pour recevoir et décoder les signaux FM (Frequency Modulation) et les envoyer à un autre ordinateur sur un réseau local [9], La mise sur pied d'un système définissant un petit intranet qui peut être utilisé par n'importe quelle organisation pour communiquer en lui-même sans frais a également fait appel à l'utilisation d'un module Raspberry [10], certains systèmes intelligents pour le contrôle de la température et l'humidité dans des salles serveurs font également usage de module Raspberry [11]. Des modules Raspberry sont même utilisés dans la mise sur pied des laboratoires distant [12]. Il existe bien d'autres utilisations de ce composant qui ont consolidé notre choix de le configurer comme serveur pour l'optimisation de la commande des processus. Cependant plusieurs processus sont utilisés dans la littérature [13], [14], pour des besoins de téléopérabilité à savoir: les robots manipulateurs, les robots mobiles. Cependant la commande de ces systèmes dynamiques est généralement en boucle ouverte ou en boucle fermée, et l'utilisation de cette dernière typologie de commande est pour des besoins d'amélioration de performances statiques et dynamiques des dits systèmes. En outre l'évaluation de ces indices de performances s'obtient par synthèse de contrôleurs qui peuvent être de type classique, optimaux, robuste. Le processus utilisé pour des besoins de téléopérabilité est un robot mobile 2WD dont le modèle mathématique intègre les modèles dynamiques et cinématiques. Un contrôleur optimal RQLP (Régulateur Quadratique Linéaire avec Poursuite) est synthétisé afin d'asservir les vitesses angulaires des moteurs associées au robot. Les consignes de vitesses linéaire et angulaire sont données par l'intermédiaire d'un client http et envoyé à MATLAB/ Simulink à travers un client Socket pour simulation, ce qui conduit à une interaction **hardware/software** et en d'autres termes une Co-simulation. Dans cet article le travail est organisé comme suit: La section 2 porte sur les outils et méthodes utilisés, la section 3 porte sur les résultats de simulation et discussion, enfin la section 4 porte sur la conclusion de notre article.

2 OUTILS ET METHODES

2.1 DISPOSITIF PROPOSE

Le schéma de la figure 1 illustre la structure architecturale du système. Il est constitué des utilisateurs à qui une interface de commande est proposée, un module Raspberry pi 4 model B configuré en serveur, une base de données, un Modem, une

Raspberry Pi 3 model B qui joue le rôle de client Socket qui interagit le processus modélisé avec le logiciel MATLAB R2018a installé dans un ordinateur:

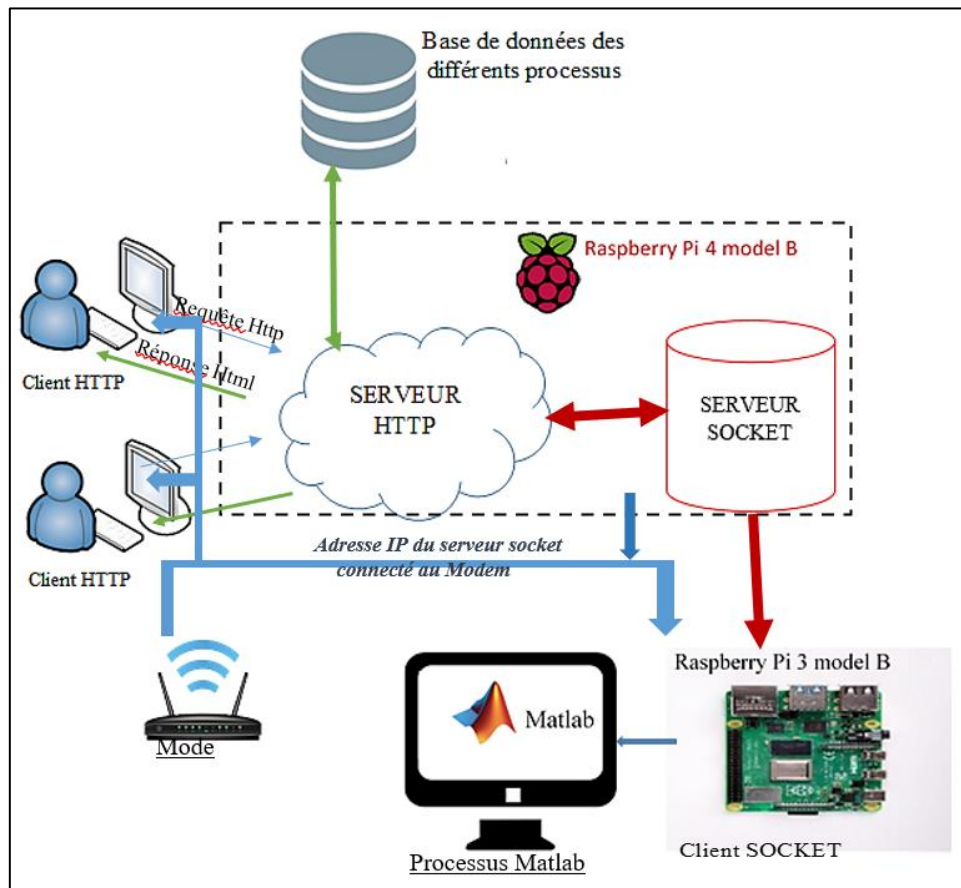


Fig. 1. Schéma bloc du système

2.2 MODULES ÉLECTRONIQUES UTILISÉS

La Raspberry Pi est un nano ordinateur mono-carte qui contient un processeur ARM, un GPU, une RAM, et d'autres ports comme HDMI, RJ45 (pas dans tous les modèles), des pins où on accroche des autres composants comme une caméra, des détecteurs. La Raspberry Pi utilise le model SOC ou *System on chip* c'est-à-dire tous les composant précédents se trouvent sur une seule carte. Ce nano ordinateur supporte le système d'exploitation Debian basé sur linux compatible même avec Windows OS [15]. Il existe plusieurs modèles de Raspberry Pi sur le marché, les modèles B des Raspberry Pi 4 et 3 que nous avons utilisés dans notre travail sont illustrés dans les tableaux 1 et 2 ainsi que leurs caractéristiques techniques.

Tableau 1. Caractéristiques techniques de la Raspberry Pi 4 modele B [15]

Caractéristiques	Désignations	
Carte mère	Raspberry Pi 4	
Processeur	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz	
RAM	8 Go LPDDR4	
GPU	Video Core VI prenant en charge OpenGL ES 3.0, décodage HEVC 4K à 60 i/s	
Connexion sans fil	Bluetooth 5.0, Wi-Fi 802.11b/g/n/ac	
Connexion filaire	Gigabit Ethernet (RJ45)	
Poids	40 g	
Port caméra	CSI pour connecter la caméra Raspberry Pi	
Port d'affichage	DSI pour connecter l'écran tactile Raspberry Pi	
Audio	AV 3.5 mm	
Ports	2 x USB 3.0 / 2 x USB 2.0 / 1 x USB-C (alimentation seulement) / 1 x GPIO 40 pin / 1 x port quadripôle Audio/Vidéo composite / 2 x micro-HDMI	
Alimentation	5V DC via un connecteur USB-C (minimum 3A), 5V DC via un entête GPIO (minimum 3A), compatible Power over Ethernet (PoE) (nécessite un HAT pour PoE)	
Dimensions	85,60 mm × 56,5 mm × 11 mm	

Tableau 2. Caractéristiques techniques de la Raspberry Pi 3 modele B [16]

Caractéristiques	Désignations	
Cadencement	1,2 GHz	
Puce (SoC)	Broadcom BCM2837	
Processeur	ARM Cortex-A53 64 bits quatre cœurs	
Processeur graphique	Broadcom VideoCore IV double cœur (OpenGL ES 2.0, H.264 Full HD à 30 ips)	
Mémoire (SDRAM)	1GB LPDDR2	
Nombre de ports USB 2.0	4	
Port extension	GPIO 40 pin	
Sorties vidéos	HDMI et RCA, plus 1 connecteur de caméra CSI	
Sorties audio	Stereo Jack 3,5mm ou HDMI	
Sauvegarde des données	Carte MicroSD	
Connexion réseau	10/100 Ethernet, WiFi 802.11n et Bluetooth 4.1 (BLE - Low Energy)	
Périphériques	17 × GPIO	
Alimentation	5v 2.5A via micro-USB	
Dimensions	85,60 mm × 53,98 mm × 17 mm	
Poids	45 g	

2.3 FONCTIONNEMENT

L'utilisateur une fois connecter au système après avoir entré son login et son mot de passe, choisit de commander le processus. Il entre des données de commandes qui sont transmises au serveur http sous forme de requêtes http. Le serveur http transmet ces données au serveur socket qui les achemine vers le client socket. Le client socket dirige les données vers le processus afin qu'il réalise la commande souhaitée par l'utilisateur. Une fois la commande exécutée l'information de réponse

empreinte le chemin inverse afin d'être envoyée à l'utilisateur. Il faut noter que chaque fois qu'un utilisateur effectue une commande, les dates de départ et de réponse ainsi que l'historique de la commande sont consignées dans la base de données. Cependant pour que cette commande soit possible, il faudrait au préalable que la connexion entre le client socket et le serveur socket existe. Au début pendant le démarrage des serveurs http et socket, la connexion s'établit par un jeu d'échange sous forme de question réponse. Pendant l'initialisation les informations circulent dans le réseau une fois la connexion en local établie. L'identificateur du serveur Socket est celui-là qui permet de faire la différence entre lui et le client socket. La figure 4 présente d'une part l'initialisation de la communication et d'autre part l'échange de données entre le client socket et le serveur socket.

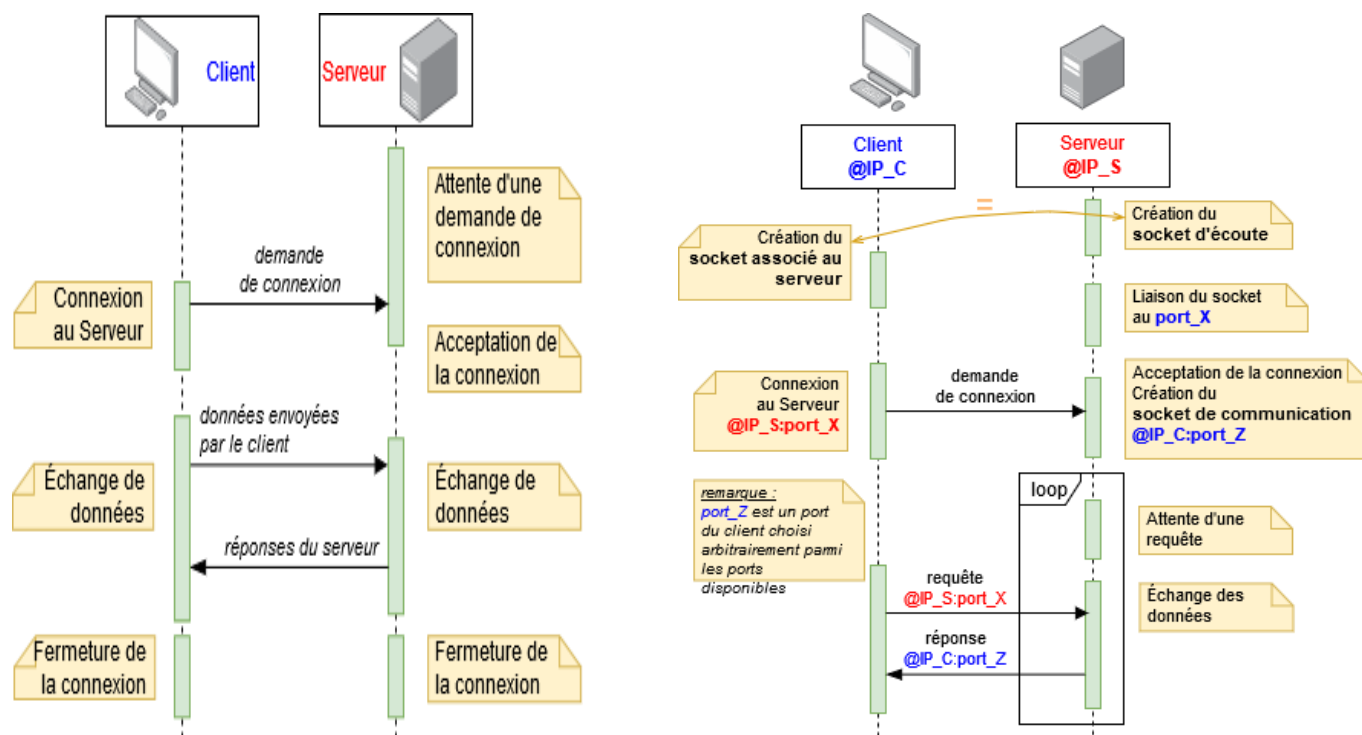


Fig. 2. Illustration de la connexion et de l'échange de données entre le client socket et le serveur socket

2.4 CHOIX TECHNOLOGIQUES DE LA CONFIGURATION SOCKET

Le tableau 3 présente les avantages qu'offre l'utilisation des caractéristiques que nous avons choisis pour notre système:

Tableau 3. Avantages des configurations et de la base de données

Configurations	Avantages
La configuration Serveur Socket-Serveur http	- Les protocoles (http et socket) sont des protocoles de grandes distances (à la portée d'internet) utilisant l'adresse IP pour communiquer; - En local les serveurs peuvent être regrouper dans le même matériel (Raspberry Pi); - En réseau internet il sera possible d'utiliser un hébergeur comme serveur Web et un Raspberry Pi présent dans le local comme Serveur socket; - Le nombre de client Socket ne dépend que du nombre d'hôte possible à distribuer en réseau et est donné par la relation: $N_{client_socket} = N_{hote_possible} - N_{serveurs}$ - En réseau internet, le nombre de serveurs socket est infinie.
La configuration Serveur Socket-Client Socket	- Cette disposition nous permet de gérer la configuration en logicielle passant le client http et le client socket; - Nous pouvons modifier le nombre processus à chaud sans endommager le système grâce à l'assignation dynamique des identifiants (ID) des clients socket dans le serveur socket; - La portée de la commande dépend de la portée du réseau WIFI et peut être extensive en utilisant les répéteurs.
L'utilisation d'une base de données	- Permet d'assurer la traçabilité des informations; - Permet aux clients d'effectuer des traitements statistiques concernant l'historique des différentes commandes effectuer.

Le système ayant été présenter en détails ainsi que son fonctionnement, dans la suite nous présenterons la modélisation, les tests ainsi que les résultats obtenus lors de l'asservissement d'un robot mobile 2WD en utilisant notre système de cosimulation.

2.5 MODELISATION DE LA DYNAMIQUE MOTEUR ET CONCEPTION DU CONTROLEUR RQLP DU ROBOT

Le processus utilisé comme plateforme matérielle à piloter est celui de Markov MBIHI dans [17]. Ce processus est un robot mobile 2WD, dont la fonction de transfert obtenue par modélisation expérimentale et à partir de la boîte à outils MATLAB, **SystemIdentification**, est illustrée par l'équation 1.

$$G(s) = \frac{U(s)}{\Omega(s)} = \frac{41.83}{s^2 + 8.699s + 12.91} \quad (1)$$

Avec :

– $U(s)$ la tension d'entrée de commande;

– $\Omega(s)$ la vitesse angulaire d'un moteur;

Par ailleurs, pour synthétiser un correcteur à rétroaction d'état, il faudrait, transformer la fonction de transfert de l'équation 1, sous forme d'espace d'état. Cependant, par utilisation de la macro-commande « **ss** » de MATLAB, nous pouvons rapidement effectuer cette transformation sous forme commandable nous permettant d'appliquer ultérieurement une loi de commande sur le robot mobile 2WD à piloter. La formulation mathématique de la dynamique du moteur sous forme d'espace d'état est illustrée à l'équation 2.

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Avec } A = \begin{bmatrix} -8.699 & -3.228 \\ 4 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad C = [0 \quad 2.614] \quad \text{et} \quad D = 0$$

Où A, B, C et D étant respectivement les matrices d'état, de commande, d'observation et d'action directe du système. Par ailleurs, x, u et y représentent respectivement un vecteur d'état du moteur, la tension de commande d'entrée du moteur, la grandeur physique de sortie du moteur à observer.

Pour s'assurer de la poursuite de la grandeur de sortie, nous ajoutons un nouvel état intégral conformément aux recommandations de Markov MBIHI dans [17]; on obtient le nouveau système d'équation 3 obtenu dans [17].

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ \dot{x}_i = y - y_{ref} \\ y = Cx \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_i \end{bmatrix} = \underline{A} \begin{bmatrix} x \\ x_i \end{bmatrix} + \underline{B} u - \begin{bmatrix} 0 \\ y_{ref} \end{bmatrix} \\ y = \underline{C} \begin{bmatrix} x \\ x_i \end{bmatrix} \end{cases} \quad (3)$$

Avec $\underline{A} = \begin{bmatrix} -8.699 & -3.228 & 0 \\ 4 & 0 & 0 \\ 0 & 2.614 & 0 \end{bmatrix}$, $\underline{B} = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$, $\underline{C} = [0 \quad 2.614 \quad 0]$

$\underline{A}$, $\underline{B}$ et $\underline{C}$ étant respectivement les matrices d'état, de commande, d'observation et d'action directe du système. Par ailleurs x , x_i , u et y représentent respectivement un vecteur d'état scalaire du moteur, un état intégral non mesurable, la tension de commande d'entrée du moteur, la grandeur physique de sortie du moteur à observer.

Afin, de déterminer les gains de Kalman, il est nécessaire de spécifier les valeurs des matrices Q et R , étant respectivement les matrices de pénalisation des états du système et de la commande en tension à appliquer au système, généralement choisies par essai-erreur. Ce gain de Kalman à déterminer sous horizon infini et illustré à l'équation 4 obtenu dans [3], doit minimiser la fonction coût illustrée par l'équation 5.

$$K = R^{-1} B^T P \quad (4)$$

Avec P la matrice symétrique sous optimale définie positive

$$J = \int_0^\infty x^T(t) Q x(t) + u^T(t) R u(t) \quad (5)$$

Par utilisation de la macro-commande MATLAB **LQR**, le gain de Kalman se détermine rapidement en spécifiant les matrices $\underline{A}$, $\underline{B}$, Q et R . Le schéma bloc MATLAB de la commande optimale RQLP (Régulateur Quadratique Linéaire avec Poursuite) est illustré à la figure 3.

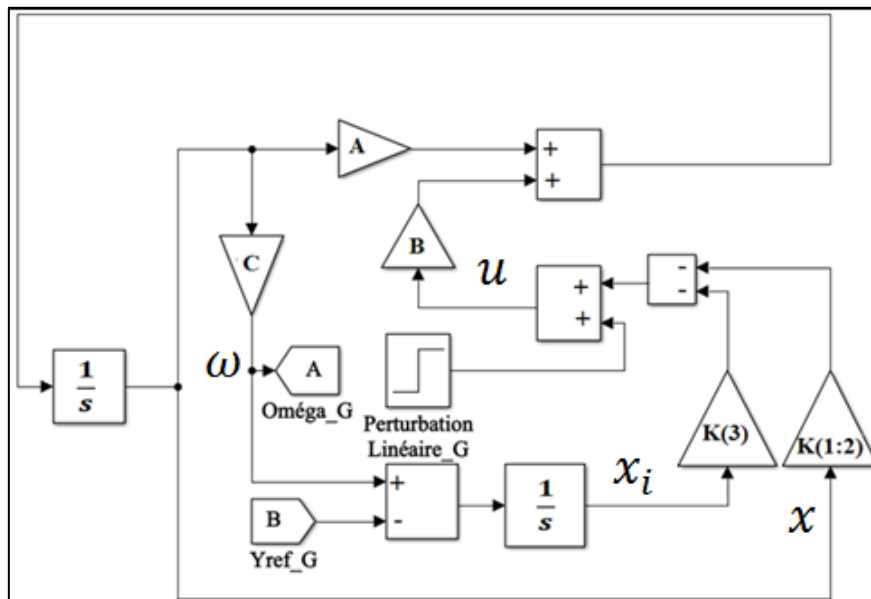


Fig. 3. Schéma bloc de la commande RQLP du moteur gauche du robot mobile

2.6 MODELISATION CINEMATIQUE DU ROBOT MOBILE

La figure 4 représente la géométrie du robot mobile sur le plan à partir duquel nous pouvons déterminer le système d'équation 6.

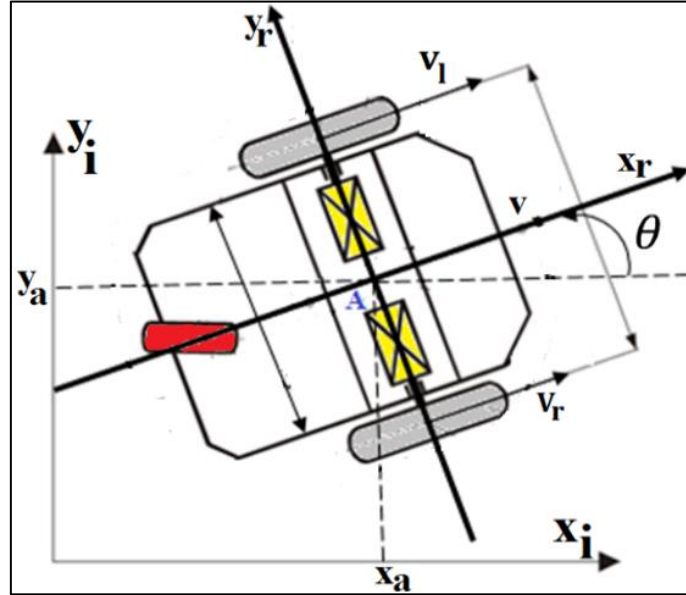


Fig. 4. Digramme cinématique du robot mobile 2WD [17]

$$\begin{cases} \dot{x}_a = v \cdot \cos \theta \\ \dot{y}_a = v \cdot \sin \theta \end{cases} \quad (6)$$

Nous pouvons également ressortir les vitesses linéaire et angulaire du robot mobile illustrées par les équations 6 et 7 obtenues dans [17].

$$\begin{cases} v = \frac{v_l + v_r}{2} = R \frac{\omega_r + \omega_l}{2} & (a) \\ \omega = \dot{\theta} = R \frac{\omega_r - \omega_l}{2L} & (b) \end{cases} \quad (7)$$

Avec v – La vitesse linéaire;

R – Le rayon des roues;

ω – La vitesse angulaire;

L – Distance entre une des roues et le centre de masse;

ω_r, ω_l – Vitesse angulaire droite et gauche;

Le système d'équation 7, matérialisant la cinématique directe du robot mobile, nous pouvons également déterminer la cinématique inverse du robot par le système d'équation 8 obtenu dans [17].

$$\begin{cases} \omega_r = \frac{v + L\omega}{R} & (a) \\ \omega_l = \frac{v - L\omega}{R} & (b) \end{cases} \quad (8)$$

2.7 PRINCIPE D'ACQUISITION DES DONNEES NUMERIQUES ET SCHEMA BLOC GLOBAL DU ROBOT

Une des difficultés rencontrées dans la Co-simulation est la transmission des données de l'utilisateur à Matlab en passant par nos Raspberry. En effet, l'utilisateur envoie des données décimales notamment, la vitesse linéaire et la vitesse angulaire de rotation du robot. Pourtant la Raspberry ne communique qu'en données binaires. Pour pallier à cela, nous avons au niveau du client Socket écrit un code python dont l'algorithme est illustré ci-dessous, dont le but est de transformer les données décimales entrées par l'utilisateur, en données binaires utilisables par les **GPIO** (General Purpose Input/Output) de la Raspberry Pi 3 Model B.

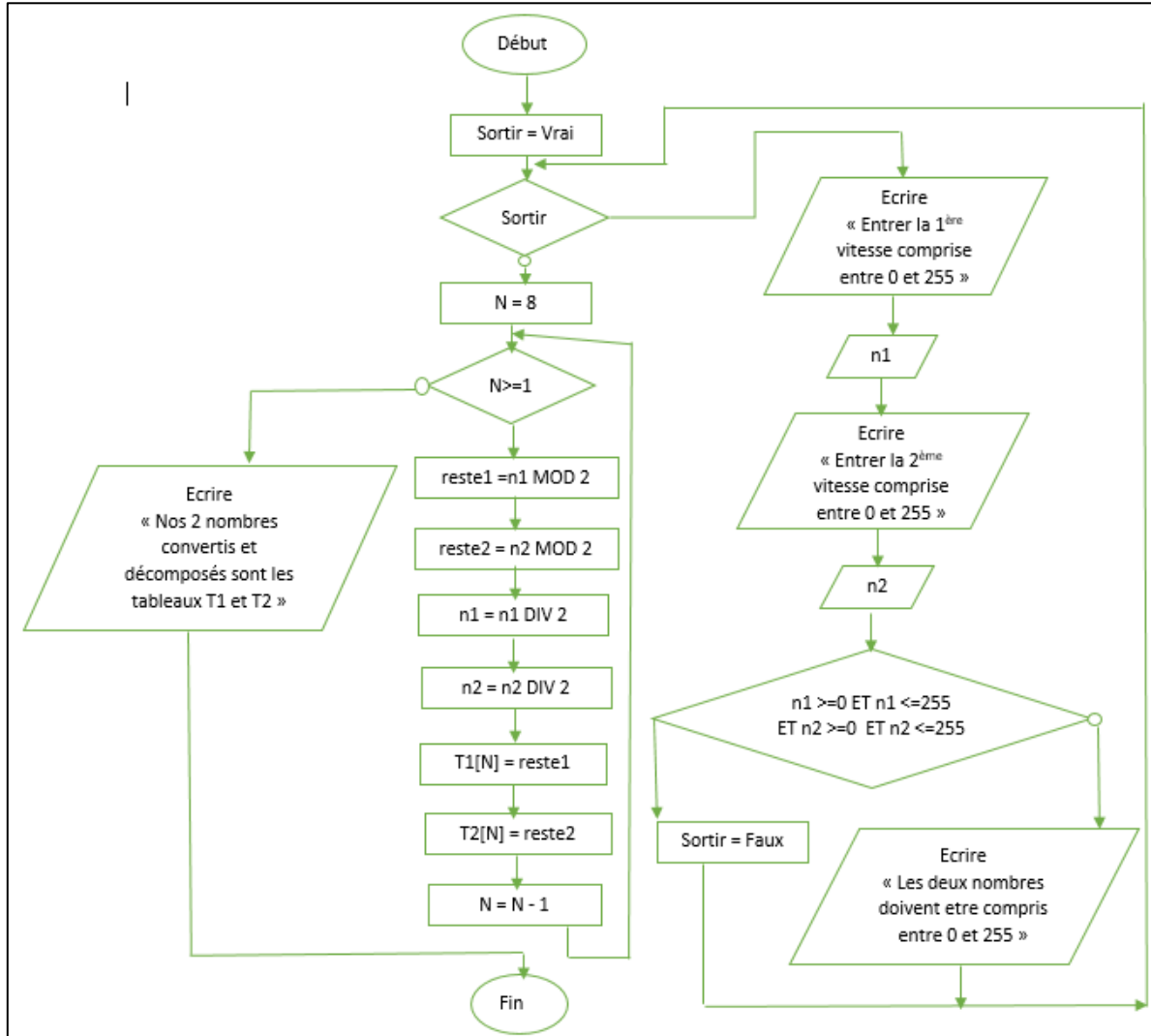


Fig. 5. Organigramme de conversion Décimale-Binaire

Une fois les données binaires transmises, au niveau de Simulink elles sont récupérées par un multiplexeur qui les confine dans une matrice. La matrice obtenue transite par la fonction **b2d** de Matlab qui fera la conversion binaire en décimal afin que ces données deviennent les consignes du robot 2WD comme illustré à la figure 6.

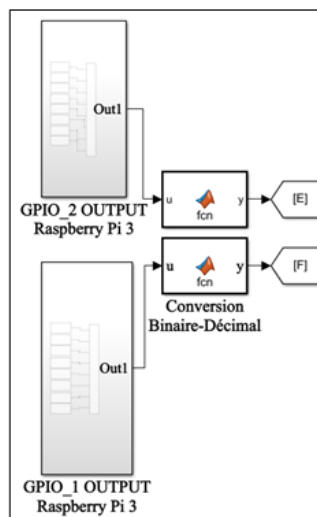


Fig. 6. Schéma bloc Simulink d'acquisition et de conversion de données numériques

Le principe d'acquisition et de conversion de données étant modélisé, ainsi que le modèle cinématique directe et inverse illustré par les équations 7 et 8, puis la dynamique des moteurs sous forme d'espace d'état intégrant notre régulateur RQLP aussi modélisé sous forme de schéma bloc Simulink, nous pouvons avoir le modèle global de notre processus à commander comme illustré à la figure 7.

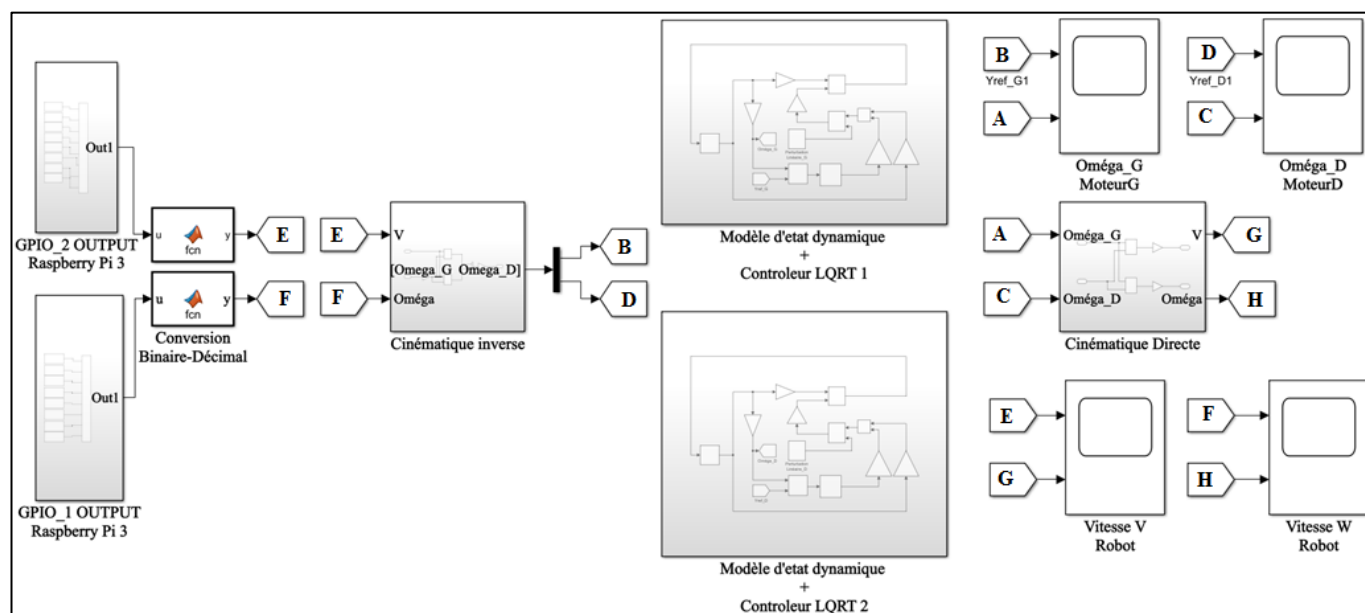


Fig. 7. Schéma bloc globale du robot mobile 2WD

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 BANC D'ESSAI D'EXPERIMENTATION

L'image du banc d'essai d'expérimentation est présentée dans la figure 8. On y retrouve les éléments:

- a) Raspberry Pi 4 modèle B, b) Raspberry Pi 3 modèle B, c) Un modem, D) Un ordinateur portable, E) Un moniteur.

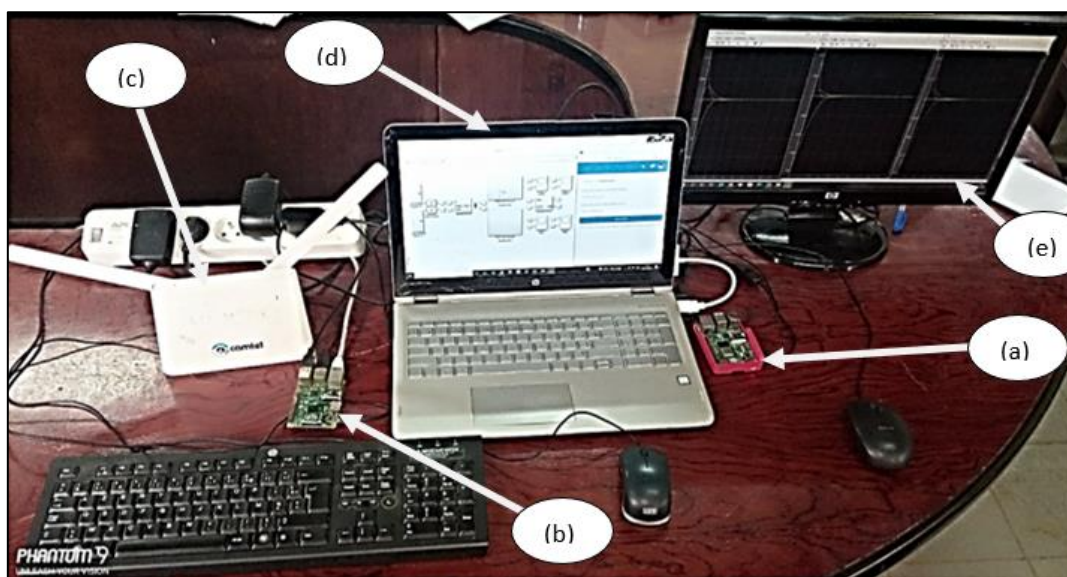


Fig. 8. Image du banc d'essais expérimental

3.2 INTERFACES LOGICIEL POUR LA COMMANDE DU ROBOT MOBILE 2WD

Pour faciliter l'utilisation de notre système, nous avons programmé une interface utilisateur à partir de laquelle un utilisateur désirant utiliser notre système pour commander le robot mobile 2WD pourra se connecter et envoyer des valeurs d'entrées de commande qui sont les vitesses angulaires et linéaires du robot. La figure 9 illustre nos interfaces.

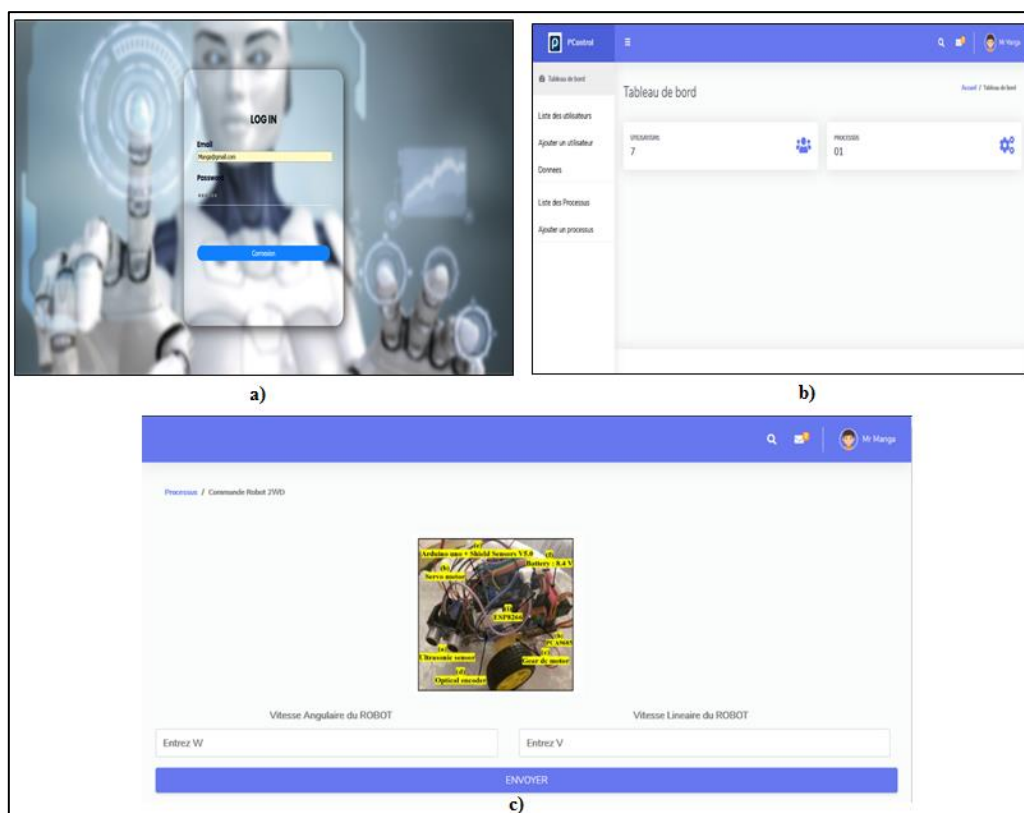


Fig. 9. Interfaces de l'application utilisateur pour la commande du robot mobile 2WD

La figure 9.a illustre l'interface de connexion au système, la figure 9.b illustre le tableau de bord et la figure 9.c représente l'interface utilisateur om ce dernier peut envoyer les consignes de vitesses linéaires et angulaires.

3.3 SIMULATION DE LA VITESSE ANGULAIRE D'UN MOTEUR DU ROBOT MOBILE SANS PERTURBATION

Les gains du régulateurs RQLP utilisés pour la simulation sont ceux de [17] et illustrés à l'équation 9.

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = \begin{bmatrix} 50.8884 & 0 & 0 \\ 0 & 113.7679 & 0 \\ 0 & 0 & 75.8359 \end{bmatrix} \\ R = 43.1824 \\ K = [1.0247 \quad 2.1641 \quad 1.3252] \\ P = \begin{bmatrix} 11.0617 & 23.3626 & 14.3064 \\ 23.3626 & 74.3239 & 45.7719 \\ 14.3064 & 45.7719 & 65.0430 \end{bmatrix} \end{array} \right. \quad (9)$$

Ces matrices de pondération Q et R, sont obtenus par optimisation en utilisant l'algorithme d'optimisation des particules d'essaim explicite dans [17]. La simulation avec ses paramètres nous révèle que les vitesses obtenues en simulation et en Co-simulation, comme illustrées à la figure 10, sont pratiquement identiques au regard des indices de performances illustrées dans le tableau 4.

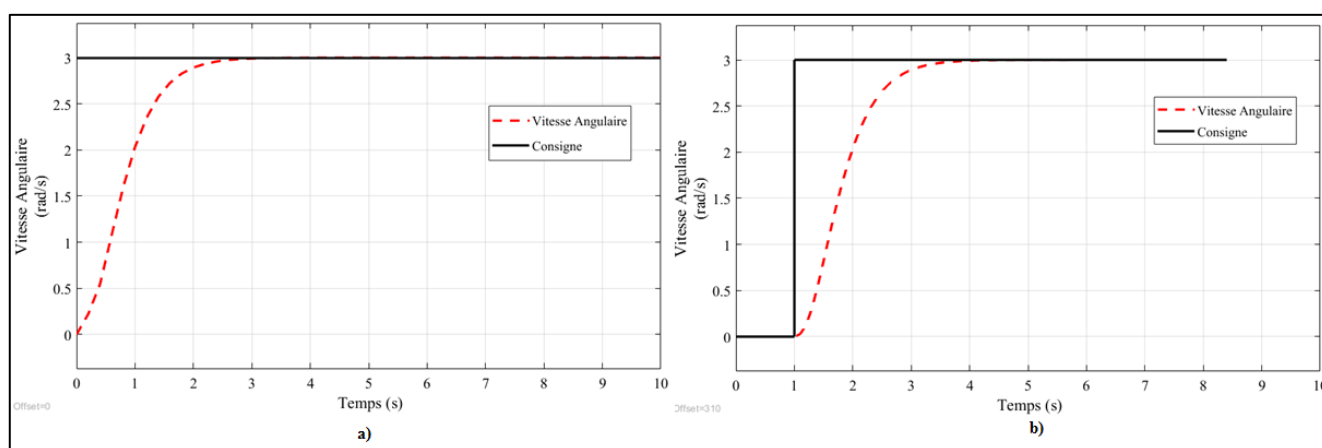


Fig. 10. Vitesses angulaires d'un moteur sans perturbation

L'analyse des performances en régime transitoire, est illustrée dans le tableau 4.

Tableau 4. Indices de performances en régimes transitoires-Vitesse angulaire du moteur

	Temps de réponse à 5% (s)	Dépassement (%)	Temps de montée (s)
a	2.352	0	3.757
b	2.330	0	3.780

3.4 SIMULATION DE LA VITESSE ANGULAIRE ET LINEAIRE DU ROBOT MOBILE SANS PERTURBATION

La figure 11 illustrée, représente les différentes courbes de vitesses linéaires simulées du robot mobile 2WD. Selon les indices de performances illustrés au tableau 5, nous constatons que ces indices sont pratiquement les mêmes en simulation normale et en Co-simulation.

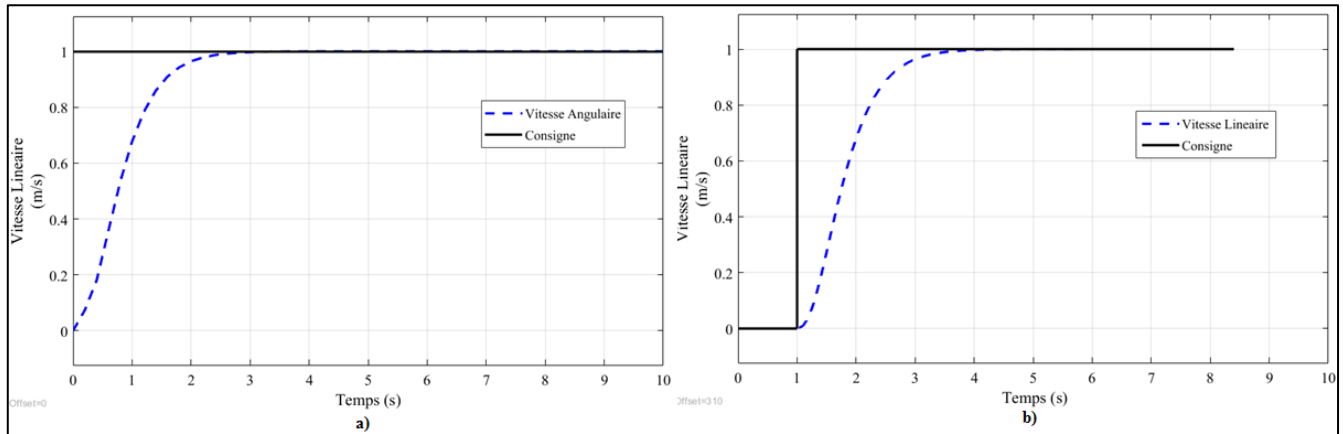


Fig. 11. Vitesses Linéaires du robot mobile Sans perturbation

Tableau 5. Indices de performances en régimes transitoires-Vitesse linéaire du robot

	Temps de réponse à 5% (s)	Dépassement (%)	Temps de montée (s)
a	1.875	0	3.757
b	1.864	0	3.780

Nous constatons également que pour la valeur de consigne de 2 rad/s envoyée depuis le client http, les vitesses angulaires sont toutes asservies et illustrées à la figure 12. Ces vitesses sont obtenues par passage du bloc cinématique directe dont le modèle mathématique est illustré à l'équation 7. Conformément aux résultats précédents, les vitesses angulaires du robot ont des performances semblables au regard des indices illustrées au tableau 6.

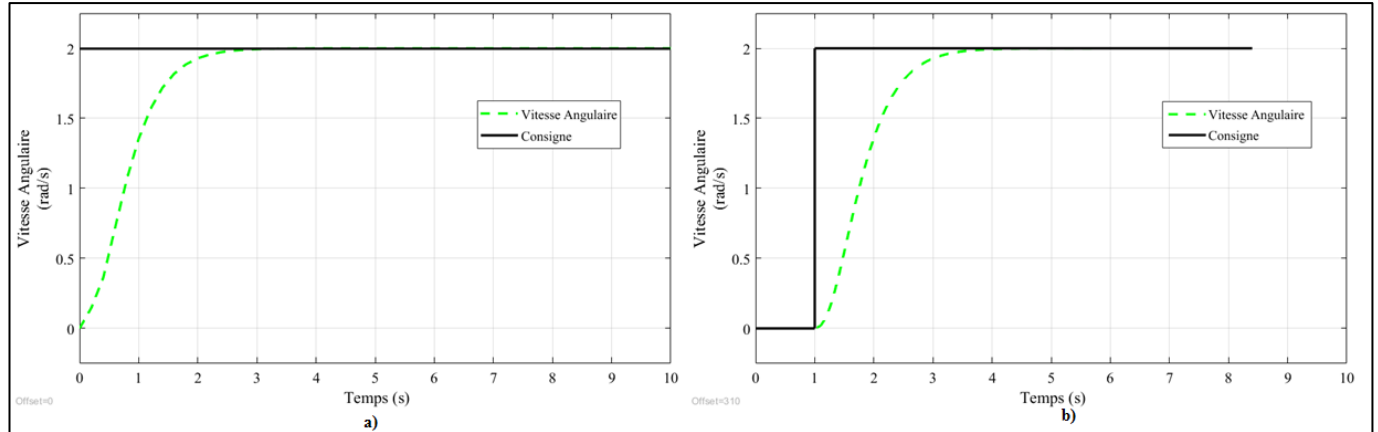


Fig. 12. Vitesses Angulaires du robot mobile Sans Perturbation

Tableau 6. Indices de performances en régimes transitoires-Vitesse angulaire du robot

	Temps de réponse à 5% (s)	Dépassement (%)	Temps de montée (s)
a	2.177	0	3.757
b	2.159	0	3.780

3.5 SIMULATION DE LA VITESSE ANGULAIRE D'UN MOTEUR DU ROBOT MOBILE AVEC PERTURBATION

Afin d'évaluer la robustesse de notre régulateur optimal, une perturbation linéaire de 1 Volt est ajoutée à partir de la sixième seconde. Cette perturbation est rapidement stabilisée, comme illustrée à la figure 12, pour retrouver la consigne de 3

rad/s envoyée depuis de notre client http. Nous constatons que la figure 13.a, étant celle obtenue dans [17], et la figure 13.b, étant celle obtenue par Co-simulation sont pratiquement semblables et ne révèlent aucune dégradation en régime transitoire comme au régime permanent. Le régulateur ainsi utilisé dans [17], reste efficace performant tant en simulation mode **normal** sur Matlab, comme en Co-simulation en mode **external**.

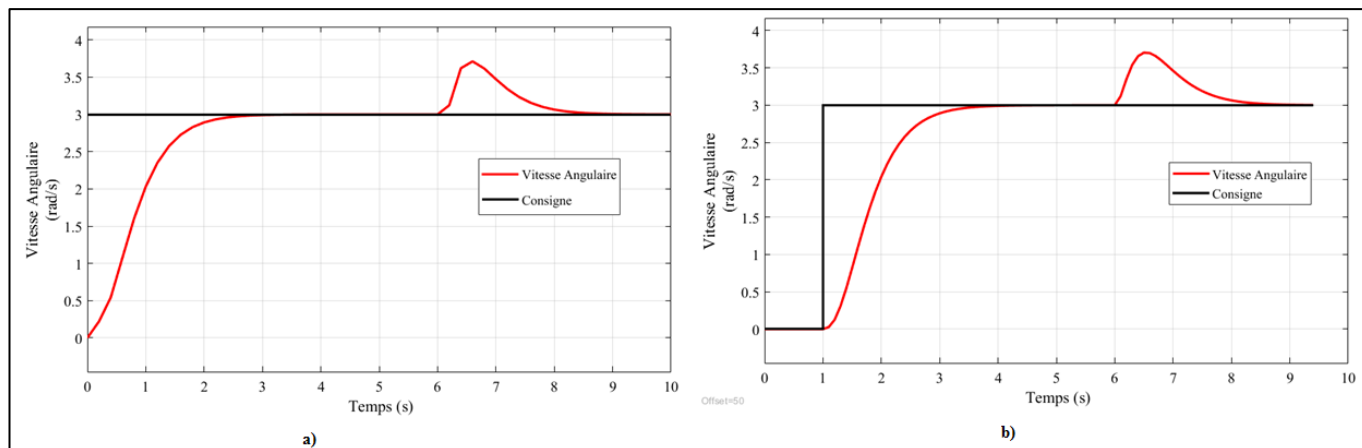


Fig. 13. Vitesses Angulaires d'un moteur Avec perturbation linéaire 1 Volt

3.6 SIMULATION DES VITESSES LINEAIRE ET ANGULAIRE DU ROBOT MOBILE AVEC PERTURBATION

La même analyse est effectuée pour évaluer le comportement de la vitesse angulaire du robot mobile. Il en ressort que lorsque l'on perturbe le fonctionnement du moteur du robot, la vitesse angulaire se retrouve perturbée et ce qui perturbe globalement la vitesse angulaire du véhicule, comme illustré à la figure 14, tant en simulation mode **normal** sur Matlab illustré à la figure 14.a, comme en Co-simulation en mode **external** à la figure 14.b.

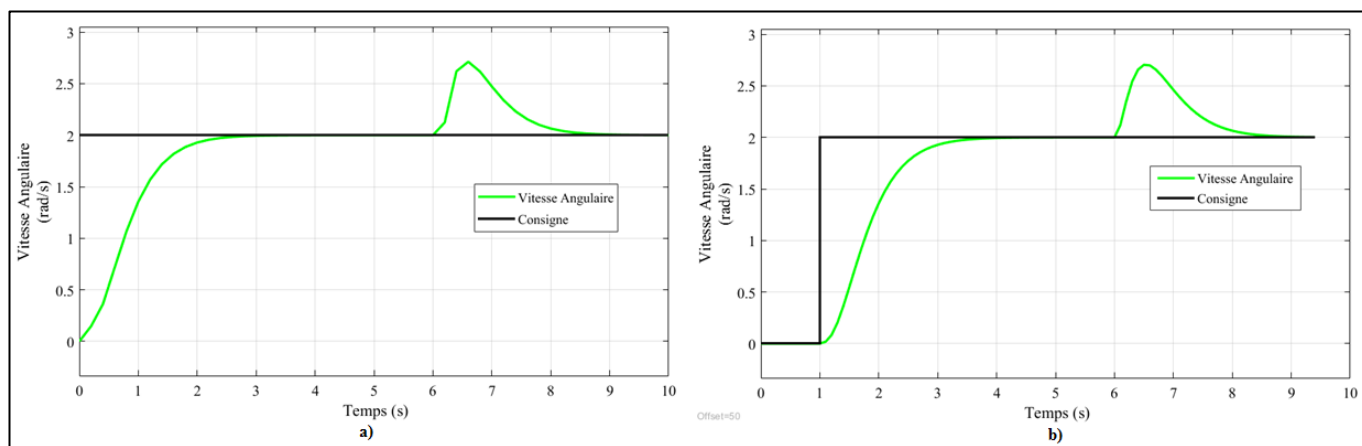


Fig. 14. Vitesses Angulaires du robot mobile avec perturbation linéaire de 1 Volt

Cependant, nous constatons, que les vitesses linéaires du robot mobile, illustrée à la figure 15, ne sont pratiquement pas influencées par le flux de perturbation linéaire.

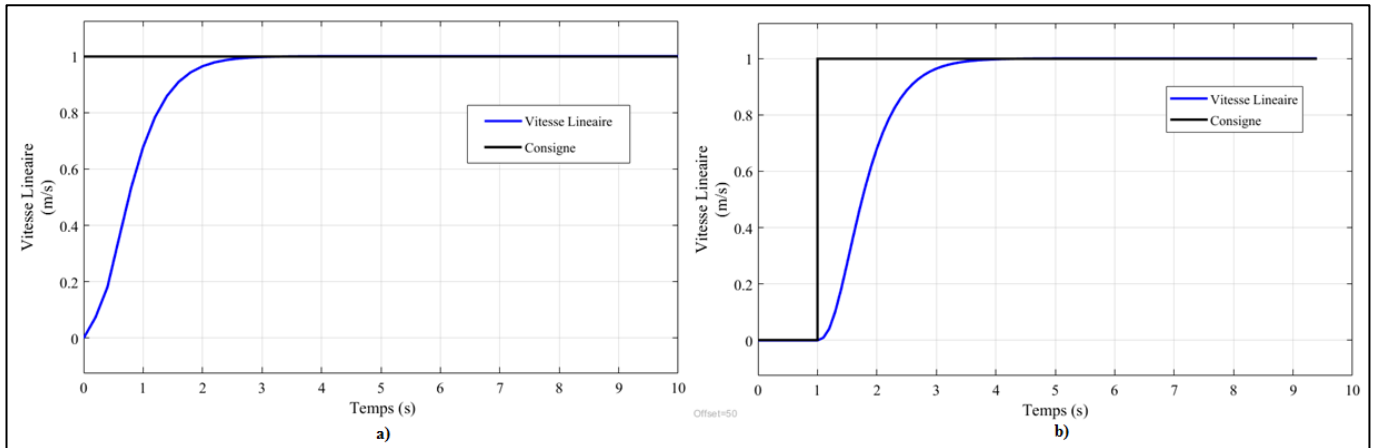


Fig. 15. Vitesses Linéaires du robot mobile Avec perturbation linéaire de 1 Volt

4 CONCLUSION

Cet article est la première Configuration expérimentale d'une Co-simulation matérielle et logicielle. Elle met en exergue un module Raspberry Pi 4 model B configurée comme serveur, un module Raspberry Pi 3 model B configurée comme client socket et le logiciel Matlab R2018a utilisée pour la mise en œuvre de stratégie de commande optimale RQLP appliquée à notre robot mobile 2WD. Les résultats obtenus de notre Co-simulation comparés à ceux d'une simulation normale et directe sur le même logiciel Matlab, nous montre que l'environnement réseau de communication ne modifie pas de façon sensible les performances de la boucle de simulation de commande de notre robot mobile 2WD. Il s'agit également dans cet article d'une nouvelle approche optimale et modulable de l'utilisation de la technologie socket, pour améliorer les performances de temps de rafraichissement lors d'une commande de processus. Cependant, il s'agit d'une téléopérabilité effectuée dans un réseau LAN. Il sera par conséquent question dans un travail futur d'une téléopérabilité dans un réseau WAN afin d'évaluer les performances de temps de rafraichissement qui seront certainement influencés par des contraintes de connectivité internet.

REMERCIEMENTS

Manga Betene Ignace Fabrice a apporté sa modeste contribution dans la mise sur pied de la configuration des Raspberry en Serveur, en client socket. Il a mis sur pied Une plateforme web d'interaction pour l'envoi des consignes de vitesse linéaire et angulaire du robot mobile. Il a apporté une nouvelle approche de Co-simulation matérielle et logicielle pour un concept de téléopérabilité effectivement fonctionnel dans un réseau WAN.

Paune Felix a contribué à la définition des objectifs du travail, de la démarche méthodologique à adopter pour la finalisation du manuscrit.

Mbihi Djoumessi Markov a contribué à la mise sur pied d'un contrôleur optimal linéaire quadratique avec poursuite, à la modélisation mathématique du processus dynamique a commandé et à la détermination des meilleurs paramètres de pondération des états et de la commande pour l'aboutissement des meilleurs performances.

Nneme Nneme Leandre a contribué à la recherche scientifique de bout à bout tant sur le plan d'une supervision générale, sur la partie évaluation ainsi que l'apport de son expertise sur tout l'ensemble de cet article, son expertise rigoureuse et à fond de l'ensemble du manuscrit.

REFERENCES

- [1] S. Lichiardopol, "A Survey on Teleoperation," Eindhoven, 2007.
- [2] P. Borne and J. P. Richard, *Modélisation et identification des processus*, TECHNIP. 1992.
- [3] J. Mbihi, *Techniques avancées et technologie de commande et régulation assistée par ordinateur*, ISTE. London, 2018.
- [4] F. Paune and J. Mbihi, "A Novel Web-Based Laboratory for Remote Control of Power Lighting Processes," *WSEAS TRANSACTIONS on ADVANCES in ENGINEERING EDUCATION*, vol. 13, pp. 7–19, 2016.
- [5] E. Upton and H. Gareth, *Raspberry Pi*, PEARSON. 2013.
- [6] M. ZiyaUHaq, "Embedded Web server for Industrial Applications using Raspberry-Pi," *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol. 7, no. 4, pp. 6371–6374, 2017.
- [7] S. E. Princy and K. G. J. Nigel, "Implementation of Cloud Server for Real Time Data Storage using Raspberry Pi," in *Online International Confernece on Green Engineering and Technologies*, 2015, pp. 0–3.
- [8] G. Jadhav, K. Jadhav, and K. Nadlamani, "Environment Monitoring System using Raspberry-Pi," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 3, no. 4, pp. 1168–1172, 2016.
- [9] R. Pi, R. Danyamol, and T. Ajitha, "Real-Time Communication System Design using," in *International Conference on Advanced Computing and Communication Systems*, 2013, pp. 19–21.
- [10] P. V Murkute and V. M. Deshmukh, "Implementing the VOIP Communication Principles using Raspberry Pi as Server," *International Journal of Computer Applications*, vol. 124, no. 4, pp. 34–38, 2015.
- [11] R. Pi, W. Notifications, D. E. Kurniawan, M. Iqbal, J. Friadi, and R. I. Borman, "Smart Monitoring Temperature and Humidity of the Room Server Using Raspberry Pi and Whatsapp Notifications," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, pp. 1–8, doi: 10.1088/1742-6596/1351/1/012006.
- [12] A. Fernández-Pacheco, S. Martin, and M. Castro, "Implementation of an arduino remote laboratory with raspberry pi," *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, vol. April-2019, pp. 1415–1418, 2019, doi: 10.1109/EDUCON.2019.8725030.
- [13] A. Mustafa, "Sensor Noise Reduction with RHC and LQR for System with Backlash Nonlinearity," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 62–71, 2014.
- [14] A. H. Ibrahim, L. Udeji, and H. K. Wye, "Design and Implementation of Robot Based Mobile Application for Humidity and Temperature Measurement," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 11, no. 3, pp. 592–597, 2015.
- [15] E. P. T. Kerja, *Raspberry Pi 4 User Guide*. 2019.
- [16] M. B. Kalpana, M. T. Student, and R. R. Dist, "Online Monitoring Of Water Quality Using Raspberry Pi3 Model B," *INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE TECHNOLOGY AND RESEARCH*, vol. 4, no. 6, pp. 4790–4795, 2016.
- [17] M. D. Mbihi, B. L. Moffo, and L. N. Nneme, "Design and Virtual Simulation of an Optimal PID / LQRT-PSO ControlSystem for 2WD Mobile Robots," *algerian journal of signals and systems (ajss)*, vol. 6, no. 2, pp. 98–111, 2021.

Identification des critères de choix des consommateurs du fromage «mashanza» dans les villes de Bukavu et Goma, à l'est de la RD Congo

[Identification of consumer choice criteria for «mashanza» cheese in the cities of Bukavu and Goma, in eastern Democratic Republic of Congo]

Birali Mwamini¹, Sumbu Zola², Masimango Ndiyanabo¹, and Walangululu Jean¹

¹Université Catholique de Bukavu (UCB), Faculté des Sciences agronomiques, BP. 02, Cyangugu, Rwanda

²Université de Kinshasa (UNIKIN), Faculté d'Agronomie, B.P. 117, Kinshasa I, RD Congo

Copyright © 2022 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 analyzes the factors underlying the consumption of «mashanza » in the cities of Bukavu and Goma, east of the DR. Congo. A survey was conducted on 300 households in poor, middle and high-income neighborhoods. The results reveal that the quantity of «mashanza » most consumed per week per household is 1 kg for households with an average of 7.6 $\pm$ 3.6 members. The markets, the itinerant and fixed resellers provide most of the supply of the «mashanza ». Factors that explain more demand in two cities are: income, cultural benchmarks, quality, availability, point-of-sale proximity, affordable product price. When purchasing, the criteria are taste, appearance, provenance, trust in the seller, hygiene, affordability, shelf life or combination of several criteria at the same time. Thus, regardless of the socio-professional category, income level and tribal affiliation, the «mashanza » has a high demand in both cities, but still faces various constraints, notably the price, income, availability and quality. The results of this study show the importance of this product and make it possible to identify the consumer choice criteria and their constraints. This is enough to guide researchers and producers towards the constant search for improvement, the possibilities of its promotion and the intensification of production.

KEYWORDS: fresh cheese, mashanza, consumption, constraints, Bukavu, Goma.

RESUME: La présente étude analyse les facteurs à la base de la consommation du «mashanza » dans les villes de Bukavu et de Goma, à l'est de la RD. Congo. Une enquête a été réalisée sur 300 ménages dans les quartiers pauvres, moyes et huppés. Les résultats révèlent que la quantité de « mashanza » la plus consommée par semaine par ménage est de 1 kg pour des ménages ayant en moyenne 7,6 $\pm$ 3,6 membres. Les marchés, les revendeurs ambulants et fixes assurent l'essentiel de l'approvisionnement du « mashanza ». Les facteurs expliquant plus la demande au niveau de deux villes sont: le revenu, les repères culturelles, la qualité, la disponibilité, la proximité du point de vente, un prix du produit abordable. Lors de l'achat, les critères sont le goût, l'apparence, la provenance, la confiance envers le vendeur, l'hygiène, le prix abordable, la durée de conservation ou la combinaison de plusieurs critères en même temps. Ainsi, quels que soient la catégorie socio-professionnelle, le niveau de revenu et l'appartenance tribale, le « mashanza » connaît une demande élevée dans les 2 villes, mais reste confronté à diverses contraintes, notamment le prix, le revenu, la disponibilité et la qualité. Les résultats de cette étude montrent l'importance de ce produit et permettent d'identifier les critères de choix des consommateurs et leurs contraintes. Ce qui est suffisant pour guider les chercheurs et les producteurs vers la recherche constante de son amélioration, les possibilités de sa promotion et de l'intensification de la production.

MOTS-CLEFS: fromage frais, mashanza, consommation, contraintes, Bukavu, Goma.

1 INTRODUCTION

La croissance des revenus et des populations dans les pays émergents, la modification des habitudes alimentaires ainsi que l'urbanisation grandissante entraînent une augmentation rapide de la demande mondiale en viande, en lait et en œufs [1], [2]. Dans les pays en développement, ces différentes productions contribuent à relever le défi de la sécurité alimentaire auquel les villes sont confrontées [3]. Le lait et les dérivés laitiers sont une source appréciable des nutriments d'une valeur appréciable pour toutes les couches de la population et les plus fragiles (femmes enceintes, enfants et vieillards) [4]; la composition pondérale en glucides, lipides et protéines est équilibrée avec un choix intéressant en sels, vitamines et enzymes [5]. Quoiqu'en Afrique, la consommation de lait local semble fortement liée au revenu des ménages [6].

Le fromage est un aliment de haute qualité nutritionnelle compte tenu de sa richesse en protéines de bonne qualité, en calcium et en vitamines [7]. Dans des pays où le déficit en protéines est souvent important et où le lait se conserve mal, le fromage constitue une alternative économique et alimentaire intéressante [8] permettant d'allonger la durée de vie du lait [9].

Le fromage frais «mashanza», originaire du Sud-Kivu [10] est produit à partir du lait entier de vache et caractérisé par sa couleur blanche, un goût légèrement acide, une texture douce; il est consommé seul ou accompagné de féculents [11].

La forte urbanisation des villes de Bukavu et de Goma joue certainement un rôle important dans la consommation des produits lactés, particulièrement du « mashanza ». Mais le circuit de commercialisation est mal connu, il en est de même des facteurs déterminant la consommation et des contraintes y relatives. De plus, peu d'études ont été consacrées à ce produit et à tant d'autres produits traditionnels.

La Réf [12] ont souligné l'importance de maîtriser la dynamique de la consommation de produits laitiers en ville et en zone rurale, d'évaluer l'ampleur des segments ou niches de marché dans lesquels la production locale peut être valorisée, et de mieux connaître les exigences des consommateurs en terme de qualité étant donné l'importance économique et culturelle des produits traditionnels. Comme le suggèrent la Réf [13], pour mieux comprendre le comportement des consommateurs face aux produits laitiers, il est nécessaire de maîtriser les différents liens entre le consommateur et le produit et le consommateur et le point de vente.

Ainsi, la présente étude vise à étudier les facteurs à la base de la demande du « mashanza » par les ménages de Bukavu et Goma. Et de manière spécifique: (i) analyser les attitudes, les perceptions et les préférences des consommateurs face au fromage frais « mashanza », (ii) étudier les critères retenus lors de la consommation et de l'achat du « mashanza », (iii) et enfin analyser les contraintes liées à la consommation du « mashanza ».

2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 ZONES D'ÉTUDE

La ville de Bukavu, située à l'Est de la République Démocratique du Congo et chef-lieu de la province du Sud-Kivu, est située sur la rive Sud-Ouest du lac Kivu à 2°31' de latitude Sud et à 2°58' de longitude Est [14]. D'une superficie de 44,9 km², elle est subdivisée en trois communes, à savoir Bagira (23,30 km²), Ibanda (11,52 km²) et Kadutu (10km²) [15]. La ville de Bukavu regorge une population évaluée à 870554 individus répartis dans les communes de la manière suivante: pour Bagira: 2150888 individus, pour Ibanda 297560 individus et pour Kadutu 358306 individus [16]. Les ethnies et les tribus dominantes qui peuplent la ville sont les Bashi, Barega, Bahavu, Bafiliro, Babembe, Bavira, Banande, Batembo, Batwa, etc...cependant, les Bashi et les Barega sont les plus dominantes.

La ville de Goma est située à l'Est de la RDC à 1500 m d'altitude dans la vallée du Rift, Goma est le chef-lieu de la province du Nord-Kivu. Elle possède une superficie de 75,72km². La ville est subdivisée en deux communes: Goma (33,45 km²) et Karisimbi (42,27 km²), elles-mêmes subdivisées en 18 quartiers ([17]; [18]). En 2014, la population totale dans les deux communes de la ville de Goma était estimée à 972999 dont 558001 habitants dans la commune de Karisimbi contre 414998 dans celle de Goma [19]. La population de la ville de Goma est diversifiée et comprend plusieurs tribus, à savoir: Nande, Hunde, Hutu, Tutsi, Havu, Shi, Nyanga, Rega, Kusu, Tembo,

2.2 ECHANTILLONNAGE

En vue d'implémenter cette étude, un questionnaire d'enquête a été élaboré et soumis aux chefs des ménages. L'enquête a été conduite de mai à juin 2017 par les personnes maîtrisant le milieu. Le nombre de ménages est de 300 dont 150 à Bukavu et 150 à Goma et choisis comme suit:

- (1) Bukavu: à Kadutu les quartiers suivants étaient enquêtés: Cimpunda, Mosala, Kasali et Nkafu; dans la commune de Bagira tous les quartiers étaient enquêtés notamment Nyakavogo, Lumumba et Kasha et de même pour la commune d'Ibanga, les quartiers Nyalukemba, Ndendere et Panzi.
- (2) Goma: dans le quartier Ndosho, Katoyi, Majengo, Murara, Kahembe, Mabanga Nord, Virunga, Bujovu et Mugunga; et pour la commune de Karisimbi, Keshero, Himbi (1et2), Katindo, Mikenno, Lac Vert, Les Volcans et Mapendo.

La répartition des enquêteurs dans différents quartiers et avenues a permis un maillage adéquat de toutes les agglomérations, portant sur trois catégories de ménages, formant trois classes de la communauté urbaine: huppée, moyenne et défavorisée. Seuls les ménages consommant le fromage « mashanza », ont été retenus dans l'étude. Pour récolter les données, un questionnaire d'enquête comprenant des questions ouvertes, fermées et cafétérias a été élaboré et administré par interview. Le questionnaire comprenait 3 types de question: celles en rapport avec les caractéristiques des enquêtés ainsi que celles en rapport avec la consommation et l'approvisionnement du « mashanza ».

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données issues de l'enquête ont été saisies et analysées par les logiciels SPSS 16 et Excel®) en vue de déterminer les statistiques de base correspondant aux caractéristiques socioéconomiques des ménages enquêtés ainsi que leurs comportements et attitudes face à la consommation de « mashanza ».

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PROFIL SOCIO-ÉCONOMIQUE DES ENQUÊTÉS

De la structure de l'échantillon, il ressort que les femmes représentent 56% contre 44% d'hommes dans les 2 villes. Les mariés sont majoritaires (61,7%) suivis des célibataires (33,7%), des veufs (4%), enfin 0,7% correspond à la proportion des enquêtés qui ne se sont pas prononcés sur le statut civil. Parmi les enquêtés, les Shi sont majoritaires à Bukavu et à Goma, correspondant à 58,3% du total des enquêtés, dont 37,3% à Bukavu, 21% à Goma. Ils sont suivis des Havu (9,3%), Lega (7%), Nande (5,3%), Hunde (3,7%), Bembe (3%), Fuliru (1%) et d'autres tribus (10,7%). Cependant, à part les Shi, d'autres tribus sont plus représentées dans les entités d'origine comme par exemple les Nande et les Hunde à Goma.

Quant au niveau d'instruction, 14,3% d'enquêtés ont fréquenté l'école primaire; 58,7%, l'école secondaire; 18% les études supérieures ou universitaires tandis que 9% des enquêtés sont sans étude, ou ont réalisé d'autres types de formation.

Les chefs de ménage appartiennent aux catégories socio-professionnelles variées. Les professions prédominantes sont: artisans, commerçants et chefs d'entreprise (17,7%); profession libérale (9,7%), profession intellectuelle et artistique (5%), techniciens (11,3%), employés (5%), ouvriers (2,3%), cadres (2,3%), agriculteurs (1,7%), retraités (0,3%). Les chefs de ménage ne possédant aucune activité professionnelle représentent 39% de l'ensemble des enquêtés, soit 22,6% à Goma, 16,3% à Bukavu. Ceux qui appartiennent à d'autres professions représentent 5,3% de l'ensemble des enquêtés. On note une prédominance des individus sans activités professionnelles estimés à 37,4% du total des enquêtés. Le taux de non réponse est de 0,3%.

En effet, la quasi-totalité de la population vit par l'auto emploi [20]. C'est dans la catégorie des ménages dont le chef est inactif, chômeur ou retraité que la pauvreté sévit le plus [21]. Par ailleurs, la vulnérabilité à la pauvreté des ménages est influencée par le niveau d'instruction du chef du ménage [20]

Les chefs de ménage disposent d'un revenu mensuel allant de moins de 100\$ pour 32,7% d'enquêtés, de 100-250\$ pour 40,7%, de 251-500\$ pour 9,7%, de 500\$ et plus pour 6%. Cependant, 11% des enquêtés n'ont pas spécifié leur niveau de revenu.

3.2 CONSOMMATION DU « MASHANZA » DANS LES DEUX VILLES

3.2.1 MODALITÉS DE CONSOMMATION DU « MASHANZA »

Le tableau 1 donne les informations relatives aux modalités de consommation du « mashanza ».

Tableau 1. Modalités de consommation du « mashanza » à Bukavu et Goma

Variable	Modalité	Bukavu			Goma		Total
		Ibanda	Bagira	Kadutu	Karisimbi	Goma	
Lieu de consommation	A la maison	12,0	16,7	18,3	20,3	27,3	94,7
	En dehors de la maison	2,0	0,3	0,7	0,0	2,3	5,3
Moment de consommation	Matin	0,3	0,7	0,0	1,0	1,0	3,0
	Midi	0,7	0,0	0,0	3,0	1,3	5,0
	Soir	6,7	10,7	5,3	6,7	14,7	44,0
	A n'importe quelle heure	6,3	5,7	13,7	9,7	12,7	48,0
Aliment principal	Oui	3,0	11,3	6,3	5,7	10,0	36,3
	Non	11,0	5,7	12,7	14,7	19,7	63,7
Quantité consommée par repas par ménage	1/4 Kg	1,3	8,3	6,3	10,3	5,3	31,7
	1/3 Kg	0,0	1,0	0,3	0,3	3,0	4,7
	1/2 Kg	1,3	5,3	5,0	6,7	3,3	21,7
	1 Kg	2,0	1,3	3,3	0,7	5,3	12,7
	1,5 Kg	0,3	0,0	0,7	0,3	1,3	2,7
	2 Kg	0,7	0,0	1,0	0,7	0,3	2,7
	Autre	8,3	1,0	2,3	1,3	11,0	24,0
Fréquence de consommation	Moins d'une fois/mois	4,0	3,0	5,7	4,7	6,0	23,3
	1 à 3 fois par mois	5,7	4,7	6,0	6,0	8,0	30,3
	1 fois par semaine	2,3	5,3	2,0	1,7	6,0	17,3
	2 à 4 fois par semaine	1,3	3,3	4,7	7,3	8,3	25,0
	5 à 6 fois par semaine	0,3	0,3	0,7	0,3	0,7	2,3
	1 fois par jour	0,0	0,0	0,0	0,3	0,7	1,0
	Autre	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,7
Accompagnement	Non réponse	10,0	5,7	13,0	15,1	19,7	63,5
	Foufou	1,0	0,0	0,3	2,3	3,0	6,7
	Patate douce	0,7	3,3	1,3	1,7	3,0	10,0
	Foufou et patate douce	1,7	8,0	4,3	1,0	3,0	18,1
	Autre	0,3	0,0	0,0	0,3	1,0	1,7
Catégorie consommant une grande quantité	Enfants	6,3	5,0	7,0	8,3	14,7	41,3
	Adolescents	0,0	1,7	0,0	0,3	0,3	2,3
	Adultes	7,3	10,0	10,3	11,3	13,7	52,7
	Personnes de 3 ^{ème} âge	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
	Non réponse	0,3	0,3	0,7	0,3	1,0	2,7

Les résultats montrent que les enquêtés consomment le « mashanza » essentiellement dans leurs ménages (à domicile) pour 94,7% d'entre eux contre 5,3%, en dehors de la maison (dans d'autres ménages ou dans les fêtes). En effet, le « mashanza » est présent dans presque toutes les cérémonies pour les ethnies ayant cette denrée comme aliment traditionnel. Ainsi, Pale (2006) distingue deux types de consommation: une hors foyer et une autre au foyer. Ainsi, on le consomme soit à tout moment de la journée (48% des enquêtés), soit le soir (44%). Peu d'entre eux consomment le « mashanza » le matin ou à midi, ils représentent respectivement 3 et 5%, peut-être parce qu'il est plus probable de réunir tous les membres du ménage le soir.

La majorité des enquêtés (63,7%) ne le consomment pas comme aliment principal et cela dans les 2 villes. Comme accompagnement, 6,7% de l'ensemble des enquêtés consomment le « mashanza » avec du foufou (pâte à base de la farine de manioc, de maïs, de sorgho, ou composite); 10%, avec la patate douce; 18,1% avec le foufou et la patate douce et 1,7% recourent à d'autres accompagnements tandis que 63,5% n'ont pas précisé l'aliment d'accompagnement.

S'agissant de la catégorie des personnes consommant une grande quantité de « mashanza », on note la démarcation des adultes (52,7%) et des enfants (41,3%) comme consommateurs de première importance comparés aux adolescents et aux personnes de 3^{ème} âge. La fermentation du lait élimine le lactose, rendant ainsi le lait plus assimilable à chacun sans préjudice [22].

3.2.2 QUANTITÉ CONSOMMÉE ET FRÉQUENCE DE CONSOMMATION SELON LE REVENU ET LA TRIBU

La quantité de « mashanza » consommée par repas varie de 0 à 3 Kg par semaine pour des ménages ayant en moyenne $7,56 \pm 3,59$ membres, avec un minimum de 1 et un maximum de 22.

Les tableaux 2 et suivants donnent les quantités consommées et les fréquences de consommation du « mashanza » en rapport avec le revenu et la tribu des personnes enquêtées.

Tableau 2. *Quantité de « mashanza » consommée par semaine par les enquêtés (en %) selon leurs revenu*

Classe de revenu	Quantité consommée par semaine									Total en %
	0 kg	0.25 kg	0.5kg	0.75 kg	1 kg	1.25 kg	1.5 kg	2 kg	3 kg	
Non défini	4,0	0,0	0,7	0,0	5,3	0,0	0,0	0,3	0,7	11,0
Moins de 100\$	14,0	0,0	3,0	1,3	13,7	0,0	0,0	0,7	0,0	32,7
100-250\$	17,0	0,7	1,0	0,3	16,0	0,3	0,3	3,3	1,7	40,7
251-500\$	4,0	0,0	0,3	0,0	4,3	0,0	0,0	1,0	0,0	9,7
Plus de 500\$	1,3	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,3	0,7	6,0
Total %	40,3	0,7	5,0	1,7	43,0	0,3	0,3	5,7	3,0	100,0

Tableau 3. *Tableau 3: Fréquence de consommation du « mashanza » par les enquêtés selon leurs revenus*

Classe de revenu	Moins d'une fois/ mois	1 à 3 fois par mois	1 fois/semaine	2 à 4 fois/semaine	5 à 6 fois/semaine	1 fois par jour	Autre	Total
Non défini	2,7	3,3	2,3	2,7	0,0	0,0	0,0	11,0
Moins de 100\$	9,0	10,0	6,3	7,0	0,3	0,0	0,0	32,7
100-250\$	8,3	11,7	6,0	11,7	1,7	0,7	0,7	40,7
251-500\$	2,0	3,3	2,3	2,0	0,0	0,0	0,0	9,7
Plus de 500\$	1,0	2,0	0,3	2,0	0,3	0,3	0,0	6,0
Total %	23,0	30,3	17,3	25,3	2,3	1,0	0,7	100,0

Tableau 4. *Tableau 4: Quantité de « mashanza » consommée par semaine par les enquêtés selon leurs tribus*

Tribu		Quantité consommée par semaine en kg									Total
		0 kg	0.25 kg	0.5 kg	0.75 kg	1 kg	1.25 kg	1.5 kg	2 kg	3 kg	
Shi	%	18,0	0,3	4,0	1,7	29,0	0,3	0,0	4,3	1,7	59,3
Autres	%	5,7	0,3	0,7	0,0	3,3	0,0	0,0	0,3	0,3	10,7
Sans réponse	%	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Lega	%	2,3	0,0	0,3	0,0	4,0	0,0	0,0	0,3	0,0	7,0
Fuliru	%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Bembe	%	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
Nande	%	3,7	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,3	0,3	5,3
Hunde	%	2,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,7
Havu	%	7,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,3	0,3	0,3	9,3
Total	N	121	2	15	5	129	1	1	17	9	300
	%	40,3	0,67	5	1,67	43	0,3	0,3	5,67	3	100

Tableau 5. Fréquence de consommation du « mashanza » par les enquêtés selon leurs tribus

Tribu		Fréquence de consommation du « mashanza »							Total
		Moins d'une fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 fois par semaine	2 à 4 fois par semaine	5 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	Autre	
Shi	%	11,7	18,3	11,3	16,3	0,7	0,3	0,7	59,3
Autres	%	3,0	3,0	2,0	2,0	0,7	0,0	0,0	10,7
Sans réponse	%	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,7
Lega	%	2,0	1,3	1,3	1,3	0,7	0,3	0,0	7,0
Fuliru	%	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0
Bembe	%	1,3	1,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	3,0
Nande	%	0,7	2,7	1,3	0,7	0,0	0,0	0,0	5,3
Hunde	%	1,3	0,7	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	3,7
Havu	%	2,7	3,3	1,0	2,3	0,0	0,0	0,0	9,3
Total	N	69	91	52	76	7	3	2	300
	%	23	30,3	17,3	25,3	2,3	1	0,7	100

D'après les résultats, on remarque que la quantité de « mashanza » la plus consommée par semaine par ménage est de 1 kg pour 43% d'enquêtés dont 13,7% ayant un revenu mensuel de moins de 100\$ et 16% ayant un revenu compris entre 100 et 250\$. 40% d'enquêtés consomment rarement le « mashanza » (0 Kg/ semaine pour toute les classes de revenu). Par ailleurs, concernant la fréquence de consommation, ceux qui consomment le « mashanza » moins d'une fois le mois (23%), 1 fois par semaine (17,3%), 1 à 3 fois le mois, et 2 à 4 fois par semaine sont les plus nombreux et répartis dans les différentes classes de revenu. Par contre, ceux disposant d'un revenu de moins de 100\$ (32,7%) consomment le produit à des fréquences de moins d'une fois le mois à 5 à 6 fois la semaine, ceux ayant un revenu de 100-250\$ (40,7%), le consomment à des fréquences variables avec un gros effectif pour les fréquences suivantes: moins d'une fois le mois, 1 à 3 fois le mois, 1 fois la semaine et 5 à 6 fois la semaine. Ainsi, les deux classes de revenu, avec un effectif important, comportent des individus consommant une plus grande quantité de « mashanza » par semaine avec des fréquences beaucoup plus élevées. Des portions supérieures à 1 kg sont consommées dans certains ménages avec un taux faible. La tendance est la même dans les 2 villes.

La Réf [16] a trouvé des fréquences de consommation de 4 à 12 fois par mois pour $\frac{3}{4}$ des ménages enquêtés. Selon Réf [6], les consommateurs peuvent être classés par rapport à la fréquence de consommation en non-consommateurs absolus de lait et de produits laitiers, consommateurs occasionnels, consommateurs réguliers, mais à faible niveau (2 à 5 fois/mois) et consommateurs réguliers à un fort niveau (plusieurs fois/semaine).

La tribu « Shi » est plus représentée parmi les enquêtés, suivie des Havu et des Lega. La tendance est la même en ce qui concerne les quantités et les fréquences de consommation.

Ainsi, l'acceptabilité des produits alimentaires varie avec l'aliment lui-même, le choix philosophique ou religieux de la personne et du contexte socioculturel du groupe de population [23]. Et concernant les fromages, ces auteurs montrent que leur consommation est très variable en fonction de la région, du niveau de vie et du sexe.

3.3 APPROVISIONNEMENT DU « MASHANZA »

3.3.1 MODALITÉS D'APPROVISIONNEMENT DU « MASHANZA »

Le tableau 6 donne les modalités d'approvisionnement du « mashanza » par les enquêtés.

Tableau 6. Modalités d'approvisionnement du « mashanza » par les enquêtés à Bukavu et Goma

Approvisionnement du "« mashanza »"			Bukavu			Goma		Total
Variables	Modalités		Ibanda	Bagira	Kadutu	Karisimbi	Goma	
		Effectif	42	51	57	61	89	300
Mode d'approvisionnement	Achat	%	11,7	15,7	17,7	19,7	27,3	92,0
	Familier	%	1,0	0,3	0,3	0,3	0,0	2,0
	Achat et familial	%	1,0	1,0	0,7	0,3	2,0	5,0
	Production propre	%	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,7
	Autre	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
	Total	%	14,0	17,0	19,0	20,3	29,7	100,0
Ravitaillement en stock	Oui	%	3,7	2,7	4,7	20,0	29,3	60,3
	Non	%	10,3	14,3	14,3	0,3	0,3	39,7
Point d'approvisionnement	Marché	%	3,0	8,3	7,7	2,7	4,3	26,0
	Supermarché	%	1,3	0,0	0,3	0,7	2,0	4,3
	Boutique	%	0,3	0,0	0,7	0,3	1,0	2,3
	À la ferme	%	0,0	0,3	1,3	0,0	0,7	2,3
	Producteur	%	1,7	0,3	1,0	0,3	0,3	3,7
	Revendeur ambulant	%	2,7	1,3	3,7	13,7	18,7	40,0
	Procuration gratuite	%	1,0	0,3	0,0	0,0	0,3	1,7
	Autre	%	0,7	0,0	0,0	1,3	0,7	2,7
Conservation	Non réponse	%	4,0	10,3	4,7	6,3	9,3	34,7
	Réfrigérateur	%	0,7	0,0	1,3	0,0	0,7	2,7
	Congélateur	%	2,7	0,7	1,0	3,7	6,0	14,0
	Milieu ambiant	%	6,7	6,0	11,7	8,7	13,7	46,7
	Emballage plastique dans eau froide	%	0,0	0,0	0,3	1,7	0,0	2,0
Prix d'achat de la mesure	2-3\$	%	6,3	5,0	8,7	3,0	10,7	33,7
	Moins de 1\$	%	2,7	2,3	5,7	12,0	14,0	36,7
	1-2\$	%	2,3	6,7	1,3	4,7	4,0	19,0
	3-4\$	%	0,7	2,3	1,0	0,7	0,3	5,0
	4-5\$	%	2,0	0,3	1,7	0,0	0,3	4,3
	Plus de 5\$	%	0,0	0,3	0,7	0,0	0,3	1,3

L'acquisition par achat s'est avérée prédominante (92% d'enquêtés) contre d'autres formes d'acquisition telles que don d'un familial (2%), par achat ou le don par un familial (5%), la production propre (0,7%). Toutefois, on constate que la plupart d'enquêtés se ravitaillent en stock (60,3%) contre 39,7% qui ne le font pas. L'acquisition du « mashanza » est possible au marché (26%), au supermarché (4,3%), à la boutique du quartier (2,3%), à la ferme (2,3%), auprès d'un fermier résidant en ville (3,7%), auprès des revendeurs ambulants (4%), ou gratuitement (1,7%) ou encore par toute autre moyen (2,7%). Toutefois, à Goma, la majorité semble s'approvisionner auprès des revendeurs ambulants.

Le « mashanza » est conservé au réfrigérateur par 2,7% d'enquêtés, au congélateur (14%), dans un milieu ambiant (46,7%), dans un emballage en plastique plongé dans l'eau froide (2%). Néanmoins, le taux de non réponse est élevé (34,7%). La durée de conservation dépendrait des modes de conservation utilisés. On constate, ainsi que peu d'enquêtés disposent des moyens de conservation adéquat, sans doute compte tenu d'une fourniture irrégulière ou inexistante de l'énergie ou du faible niveau de revenu.

Selon la mesure employée qui peut être soit le kg, la boîte de « Guigoz », le « Namaha », la louche; les prix sont variables et ce de moins d'1\$ (36,7%), de 1 à 2\$ (19%), de 2 à 3\$ (33,7%), de 3 à 4\$ (5%) et de plus de 5\$ (1,3%). La perception du prix est la suivante: très faible pour 5% d'enquêtés, faible pour 3%, moyen pour 25,3%; élevé pour 34,3% et très élevé pour 32,3%.

3.3.2 POINTS D'APPROVISIONNEMENT

Le tableau 7 donne les points de vente habituellement fréquentés par les différentes catégories socio-professionnelles.

Tableau 7. Points de vente fréquentés par les différentes catégories socio-professionnelles

Catégorie socio-professionnelle		Point de vente									Total
		Revendeur fixe	Marché	Supermarché	Boutique	Ferme	Producteur	Revendeur Ambulant	Procuration Gratuite	Autre	
Agriculteur exploitant	%	0,33	0,33	0	0	0,33	0,33	0,33	0	0	1,67
Retraité	%	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0,33
Autres	%	1,33	1,33	0,33	0	0	0,67	1,33	0	0,67	5,67
Artisan, commerçant et chef d'entreprise	%	3,33	4,67	0,67	0,33	0	0,33	7,67	0,33	0,33	17,67
Cadre	%	0,67	0,33	0	0	0	0,33	1	0	0	2,33
Profession intellectuelle et artistique	%	1,67	1	0,67	0	0	0,33	1	0,33	0	5
Profession libérale	%	1,33	2,33	0	0	0,33	1	4	0,33	0,33	9,67
Employé	%	1,33	0,67	0,33	0	0,67	0	2	0	0	5
Technicien	%	2	4	0,67	0,67	0	0,33	3	0	0,67	11,33
Ouvrier	%	0,33	0,33	0	0	0,33	0	1	0,33	0	2,33
Sans activité professionnelle	%	4,67	10,67	1,67	1,33	0,67	0,33	18,67	0,33	0,67	39
Total	N	51	78	13	7	7	11	120	5	8	300
	%	17	26	4,33	2,33	2,33	3,67	40	1,67	2,67	100

Les marchés, les revendeurs ambulants et fixes assurent l'essentiel de l'approvisionnement du « mashanza » auprès des personnes interrogées représentant 83% des enquêtés. Les autres modes d'acquisition sont insignifiants. Par ailleurs, les personnes sans activité professionnelle (39%), les artisans, en général (17,7%), les employés (11,3%), ceux qui ont une profession libérale (9,7%), ... s'approvisionnent indifféremment dans différents points de vente avec une préférence auprès du marché, des revendeurs fixes ou ambulants. Il faudrait noter, cependant que plusieurs fermiers possèdent des points de vente en ville où le « mashanza » est écoulé rapidement.

3.4 CRITERES DE CHOIX DES CONSOMMATEURS ET CONTRAINTES LIEES A LA CONSOMMATION DU « MASHANZA »

3.4.1 CRITÈRES DE CHOIX DES CONSOMMATEURS

Les individus enquêtés tiennent compte de certains critères lorsqu'ils achètent le « mashanza » comme repris sur la figure 1. Les motivations diffèrent selon la localisation. Les critères choisis sont le goût (29,3% à Bukavu contre 5,7 % à Goma), l'apparence ou l'aspect (6% à Bukavu contre 19,7% à Goma), la provenance (11% à Bukavu contre 5,7% à Goma); la confiance envers le vendeur (1% à Bukavu contre 11 % à Goma); l'hygiène (1% à Bukavu contre 3,7% à Goma); le prix abordable (0,3% à Bukavu contre 2,7% à Goma); la durée de conservation (0% à Bukavu contre 0,7% à Goma); plusieurs critères en même temps (0% à Bukavu contre 4% à Goma); non réponse (1,3% à Bukavu contre 2,3% à Goma).

Selon la Réf [23], les critères de choix des fromages se font rarement en fonction de la valeur nutritionnelle, mais plutôt en fonction du goût, du prix et de la proximité du lieu d'achat. Par rapport à la qualité, il a été démontré que l'achat ou la consommation d'un produit est fonction de ses attributs, parmi lesquels le prix, l'hygiène, la qualité, la disponibilité, le goût, la facilité d'usage, l'emballage et la facilité de conservation [24]. D'après cet auteur, l'hygiène est le premier attribut sur lequel se basent les consommateurs pour acheter les produits, suivi du prix de ce produit au niveau du marché.

La qualité des aliments repose sur trois exigences: organoleptique, nutritionnelle et sanitaire [23]. Toutefois, il a été démontré que la consommation des produits laitiers dépend des facteurs aussi bien socioculturels qu'économiques comme le nombre et l'âge des membres du ménage, les prix des produits laitiers, le revenu, la situation matrimoniale et l'origine ethnique du consommateur [25].

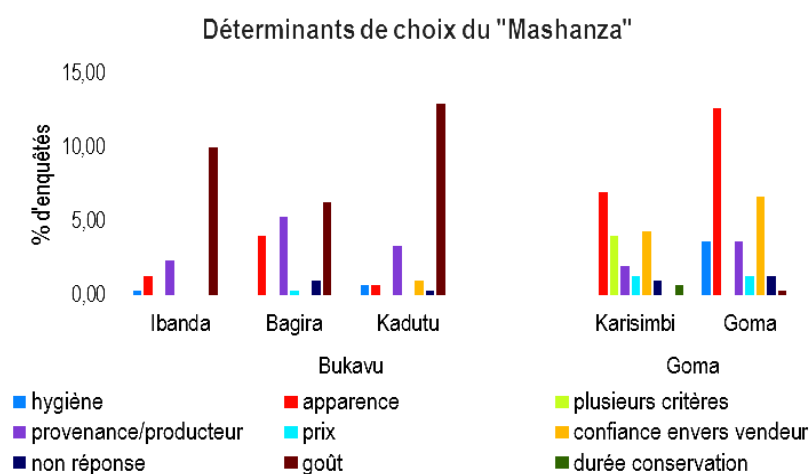


Fig. 1. Déterminants du choix des consommateurs de « mashanza » à Bukavu et Goma

3.4.2 CONTRAINTES LIÉES À LA CONSOMMATION DU « MASHANZA »

L'identification des contraintes relatives à la consommation du « mashanza » illustrée sur la figure 2 montre qu'à Bukavu, le prix élevé est une contrainte importante pour 18% des consommateurs enquêtés tandis que pour 5,7%, c'est le revenu et pour 12%, le prix élevé, le revenu et la disponibilité du « mashanza ». D'autres enquêtés ont cité la qualité (4,3%), les habitudes alimentaires (2%), la non préférence par une catégorie des membres du ménage (1,3%), la provenance (1%) ou d'autres raisons (3,3%). A Goma, par contre, les principales contraintes évoquées sont la disponibilité du produit (14,3%), la provenance (11,3%) et le prix (4,3%); bien qu'une importante proportion d'entre eux (16,3%) n'ait pas pu identifier clairement les contraintes relatives à la consommation du « mashanza ». Enfin, pour d'autres, c'est le revenu (1%) le prix combiné au revenu et à la disponibilité (1,7%) ainsi que la qualité (1%).

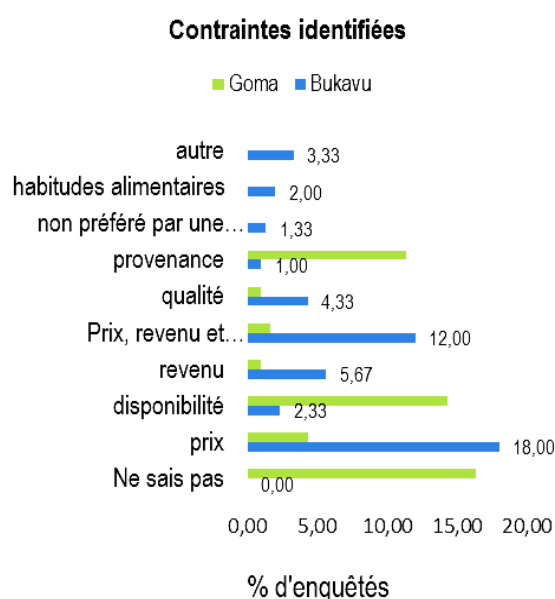


Fig. 2. Contraintes liées à la consommation du mashanza dans les villes de Bukavu et Goma

Le pouvoir d'achat reste la principale raison de non-consommation des produits laitiers en Afrique [26]. Ainsi, une augmentation des revenus appelle une augmentation de la consommation des produits laitiers et inversement [27]. Par ailleurs, la disponibilité des produits laitiers est liée aux circuits de distribution [28] fonction, entre autres des acteurs impliqués, des voies et moyens de communication, des conditions de conservation des produits, ...

Dans une étude sur la consommation des produits laitiers à Tunis, Réf. [13]) ont trouvé que pour la quasi-totalité des ménages, les prix constituent une contrainte à la consommation avec comme conséquence une consommation plus importante et plus variée chez les catégories socio-économiques les plus aisées. Par conséquent, plus que la qualité, la demande est liée au revenu du consommateur et à son niveau d'instruction, résultant à des niveaux de consommation dérisoires pour les individus des classes sociales démunies [29].

4 CONCLUSION

Les résultats montrent que quels que soient la catégorie socio-professionnelle, le niveau de revenu et l'appartenance tribale, le « mashanza » connaît une demande élevée dans les villes de Bukavu et Goma, mais confrontée à des contraintes dont certaines peuvent être levées à condition de mettre un accent sur la promotion et l'appui du secteur laitier, l'amélioration de la production du « mashanza » et la possibilité d'assurer la conservation de longue durée pour ainsi rendre disponible le produit aux consommateurs tout en assurant la qualité à tout point de vue.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le VLIR pour son appui financier ainsi que Patrick SAFARI, Jean-Charles CIRHUZA et les enquêteurs ayant participé à la collecte des données de l'étude.

REFERENCES

- [1] Duteurtre, G., Corniaux, C. et Boutonnet, J.-P. 2003, Baisse de la consommation des produits laitiers en Afrique subsaharienne: réalité?, Renc. Rech. Ruminants, 10, 323-326p.
- [2] FAO, 2009. L'ombre portée de l'élevage. Impacts environnementaux et options pour leur atténuation. Rome: FAO, 357p. BIBLIOGRAPHY \I 1036.
- [3] Gomgnimbou, A., Nacro, H., Sieza, I., Kiendrebeogo, T., Sedogo, M. et Martinez, J., 2014. La gestion des déjections animales dans la zone périurbaine de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso): structure des élevages, perception de leur impact environnemental et sanitaire, perspectives. Cah Agric (23), 393-402p.
- [4] Diop, E.-H. & Mazouz, A. 1996. Production laitière en Afrique au sud du Sahara: Problématique et stratégie (19-26) In: Reproduction et production laitière. Troisièmes Journées scientifiques du Réseau Biotechnologies animales de l'AUF, Tunis: 316p.
- [5] Jeantet, R., Croguennec, T., et Brulé, G., 2006. Science des aliments. Biochimie – Microbiologie – Procédés – Produits. Stabilisation biologique et physico-chimique, tome 1, Paris: Technique & Documentation, 381p.
- [6] Metzger, R., Centres, J.M., Thomas, L. et Lambert, J.C., 1995, L'approvisionnement des villes africaines en lait et produits laitiers, <http://www.fao.org/docrep/V4870F/V4870F05.htm#2.1.2.%20Les%20%3C%3Econditions%20de%20l%27%3C%3Elevage%20bovin%20en%20Afrique>, (18/6/2017), 101p.
- [7] Vivegnis, J., Dubois, C., Nicolay, L., Mairy, F., Jacob, C., Piraux, E., et Decalonne, J., 1998. Qualité microbiologique des fromages artisanaux fabriqués au lait cru en Région wallonne. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 4 (2), 248-255p.
- [8] Sanogo, M., 1994. Créer une petite fromagerie. Expériences et procédés. GRET, 96p.
- [9] Tchobo, F. P., Ahouannou, C., Amegnoin, A., Mazou, M., Alitonou, G. A., Sohounhloue, D. C. and Soumanou, M. M. (2014). Physico-chemical and microbiological characteristics of dried Waragashi, African Journal of Food Science, 8 (8), 447-455p.
- [10] Prajapati, J.B, 2011. Traditional Dairy Products in Developing Countries. Dairy products: a healthy choice, IDF Dairy summit. <http://www.wds2011.com/Files/media/PrivateSpace/Presentations/IDFDairyProductsAHealthyChoiceSunday/16.00---16.25---JB-Prajapati---Traditional-dairy-rev.pdf>, (8/11/2015), 73p.
- [11] FAO, 1990. The technology of traditional milk products in developing countries. <http://www.fao.org/docrep/003/t0251e/t0251e12.htm>, (29/06/2017), 223p.
- [12] Duteurtre, G., 2003. Normes exogènes et traditions locales: la problématique de la qualité dans les filières laitières africaines. Rapport du séminaire « Lait Sain pour le Sahel », du 24/2 au 1/3/2003, Bamako, HYPERLINK http://agritrop-prod.cirad.fr/517250/1/document_517250.pdf

- http://agritrop-prod.cirad.fr/517250/1/document_517250.pdf, (15/03/2017), 13p.
- [13] Khaldi, R., Haddad, M. et Padilla, M. 2008. Attentes et attitudes des consommateurs urbains face aux produits laitiers: cas de la commune de Tunis. In: Olaizola, A. (ed.), Boutonnet, J.P. (ed.), Bernués, A. (ed.). *Mediterranean livestock production: uncertainties and opportunities*. Zaragoza: CIHEAM / CITA, 365-375p.
- [14] Maonyo, M., Ngotuly, M.T., Baguma, M.J., Ndakala, M.P., Kiza, N.J., Mwangamwanga, I., Muze, K., et Nyaweza, M. Y., 2016, Inventaire préliminaire d'espèces des bois fournissant les bois d'œuvres commercialisés dans la ville de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo, *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 20 (2) 253-258p.
- [15] Anonyme1, 2005. Monographie de la province du Sud-Kivu, Ministère du plan, 179p.
- [16] Bufole, N., 2014, Contribution à la connaissance de la consommation de mashanza dans la ville de Bukavu. «Mémoire: Université Catholique de Bukavu (Bukavu) », inédit, 27p.
- [17] Kujirakwinja, D., 2002. La problématique du lotissement dans la ville de Goma. cas des quartiers Keshero et katoyi. Mémoire: Institut Supérieur de développement Rural (Goma). <http://www.memoireonline.com>, (27/01/2019), 61p.
- [18] Anonyme2, 2005. Monographie de la province du Nord-Kivu, Ministère du plan, 139p.
- [19] Muzusangabo, D., 2017. Contribution à la connaissance de la consommation du «mashanza» dans la ville de Goma, «Mémoire: Université Catholique de Bukavu (Bukavu) », inédit, 74p.
- [20] Anonyme3, 2011. Document de la Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté 2011-2015 de la Province du Sud-Kivu, Ministère du Plan, 104p.
- [21] PNUD, 2009, Pauvreté et conditions de vie des ménages, http://www.cd.undp.org/content/dam/dem_rep_congo/docs/povred/UNDP-CD-Profil-PROVINCE-Sud-Kivu.pdf?download, (15/5/2017), 19p.
- [22] Lemonnier, D. et al. (Mission Scientifique). 1989. Les laits fermentés. Actualité de la recherche. Paris, Syndifrais, John Libbey Eurotext, 285pp.
- [23] Roudaut, H. et Lefrancq, E., 2005. Alimentation théorique, Doin, 303p.
- [24] Pale, E., 2006. Analyse de la consommation du lait et des produits laitiers: cas de la ville de Bobo-Dioulasso: CIRDES-UREEN, 55p.
- [25] Hamadou, S. and Sanon, Y., 2007. Diagnostic de la filière lait au Burkina Faso: état des connaissances scientifiques disponibles et identification des besoins en recherche. Bobo-Dioulasso: CIRDES, MRA, 144p.
- [26] Muhamed, 2016. L'approvisionnement de la ville de Bobo en produits laitiers, CNEARC, Montpellier, France, 80p.
- [27] Meyer, C et Denis, J-P. 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Montpellier: CIRAD, 314p.
- [28] Oudet, M., 2005. La révolution blanche est-elle possible au Burkina Faso et plus largement en Afrique de l'Ouest? MISEREOR, 30p.
- [29] Sraïri, M.T. et Karbab, A. 2010. Consommation de lait et de produits laitiers dans la ville de Rabat (Maroc): effets des facteurs socio-économiques, *Tropicultura*, 28, 4, 211-216p.

Investigating precipitation extremes over West Africa using two regional climate models from 1981 to 2010

Ibrahima Diba¹, Didi S. Regis^{2,3,4}, Salomon Obahoundje^{2,4}, and Mactar Camara¹

¹Département de Physique, Laboratoire d'Océanographie, des Sciences de l'Environnement et du Climat (LOSEC), Université Assane SECK de Ziguinchor, Senegal

²African Centre of Excellence on Climate Change, Biodiversity and Sustainable Development, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴Laboratoire Mixte International LMI-NEXUS, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to analyze and compare the performance of two regional climate models (RegCM4.5 and WRF3.5) in simulating extreme rainfall over West Africa. We performed two simulations respectively at a spatial resolution of 50 km with the RegCM4.5 model at a spatial resolution of 12 km with the WRF3.5 model. These runs cover the period 1981-2010 and the driving fields (lateral boundary conditions) are from the Era-Interim reanalysis. The RegCM4.5 model simulates dry (wet) biases over the Sahel (Guinea Coast) while the WRF3.5 model simulates an opposite bias. This could be explained partly by the fact that the RegCM4.5 (WRF3.5) model underestimates (overestimates) the relative humidity and the monsoon flow over the Guinea Coast compared to the ERA-Interim reanalysis. Results also show that the spatial distribution and the annual cycle of rainfall over West Africa are well simulated by the two regional climate models despite the presence of some biases. The number of rainy days decreases from the southern to the northern Sahel for CHIRPS data and both regional climate models. All datasets show the highest rainfall intensities and the strongest values of the intense rainfall events over the Fouta Jallon highlands, Jos Plateau and Cameroun Mountains. The maxima of the mean 95th percentile of daily rainfall is located over the Guinea zone for CHIRPS datasets and both regional climate models. All datasets show a spatial distribution of the consecutive wet days similar to the number of rainy days with strong values over the orographic regions. When considering the consecutive dry days, all datasets exhibit strong values of this parameter north of 17.5°N (northern Sahel). The shorter consecutive dry days are observed over the area of the maximum precipitation (over the southern Sahel and the orographic regions). In terms of model biases, this study shows substantial differences between the two regional climate models used in this study suggesting the necessity to perform models intercomparison during the present-day before any choice for future projections.

KEYWORDS: Regcm4, WRF, Extreme rainfall, West Africa.

1 INTRODUCTION

Climate change is affecting many climate variables, including rainfall. In addition, few studies have been devoted to daily extreme rainfall events over West Africa due to several difficulties, such as the availability and access to daily weather data [1], [2]. For this reason, regional climate simulations have received much attention in recent years. For more than three decades, regional climate models (RCMs) have emerged as a transitional tool to provide detailed estimates of weather parameters (temperature, precipitation, humidity, wind, etc.) for regional applications. Their dynamic downscaling approach was intended to bridge the gap between the global but coarse estimates of global climate/circulation models (GCMs), which typically had a resolution of 2.5°, and practical requirements such as precipitation estimation for hydrological operations under small increases in greenhouse gas emissions. Over the three decades, RCMs have provided data to inform policy and have contributed to a better understanding of the current climate and the effects of global warming at the regional level, thanks to advances in computational power and exploitation of parallelism in numerical codes that now allow simulations to be run at finer resolutions as well as projections to 2100 [3]. These RCMs can bring significant added value to global reanalysis and GCMs and in particular lead to a better representation of the West African monsoon.

The GMCs models do not solve the sub-grid processes, which cannot be computed explicitly or solved on the model grid. In current global models, parameterization is necessary for convection, cloud cover, energy transfer (radiative or latent heat), or surface, continental

or hydrological processes. The phenomena under mesh are a source of uncertainties. The parameterization of the cloud cover is the main source of bias in the models according to [4]. It should be noted that these shortcomings often stem from a lack of observation and understanding of the processes involved. The choice of parameterizations of the models, and physical schemes, are critical elements and one of the causes of the divergence of outputs from different models. This aspect has been shown with regional models, notably by [5]. In West Africa, where rainfall is limited to only a few months per year except for the coastal regions, a correct representation of the West African monsoon circulation and the associated onset and cessation of the rainy season are of utmost interest for farming management [6]. In recent studies [7], [8] showed that the ability of RCMs in simulating onset and cessation of the rainy season over West Africa strongly depends on how well the models reproduce the northward movement of the monsoon system and its associated features. Since RCMs are nested in a global solution, this tie to large-scale features can pose challenges for regional climate modeling studies [9]. Uncertainties also arise from the sparse observational network and the considerable differences in the derived gridded observation products for the region, against which models are validated and calibrated [10].

In this context, the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) project [11] sponsored by the World Climate Research Programme (WCRP) has equipped the African continent with several climate data from RCMs forced by GCMs of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) that serve as scientific support to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reports. Among these, two types of dynamically downscaled models such as Weather Research Forecast version 3.5 (WRF3.5) and RegCM version 4.5 (RegCM4.5) that have been used in several studies in the West Africa region have attracted our attention.

Regarding the use of the RegCM4.5 model over West Africa, several works have been recorded. Solmon et al. (2012) [12] studied the effect of dust on climate over West Africa using the RegCM model. Browne and Sylla, (2012) [13] performed a model sensitivity study as a function of simulation domain over West Africa and showed that a large domain is needed to capture the variability in rainfall characteristics and summer monsoon circulation using the RegCM model. Adeniyi (2014) [14] indicated that all RegCM model convective schemes give a good spatial representation of rainfall over West Africa. The RegCM4.5 model has recently been used for a study of monsoon characteristics over West Africa during warm years [15] and attempts to investigate a sensitivity study using different convective schemes to identify the best model configuration option [16]. Previous studies on rainfall variations in West Africa indicate a delayed and, in some cases, shortened monsoon season, characterized by a late-onset and early withdrawal [17], [18], [19]. On the one hand, likely, such a change in the West African monsoon cycle will also impact the occurrence of precipitation extremes at seasonal and or sub-seasonal scales as shown by [20] and on the other hand, the timing of the onset of extremes included in the monsoon changes. Therefore, it is important to evaluate the seasonal structure of changes in extremes concerning the RegCM4.5 model in the evolution of the monsoon cycle.

Concerning the use of the WRF model over West Africa, several works have also been recorded and particularly in the prediction and monitoring of regional extreme weather and climate events (cyclones, high winds, storms, etc.) and air quality. The first studies were carried out by [21] using the medium-scale meteorological model MM5 first implemented by [22] at 9 km resolution over two different periods (1991-2000 and 2030-2039) over a relatively small area covering the Volta basin. After the evolution from MM5 to WRF, the new version performance was evaluated by testing the dynamics of the West African monsoon at the beginning of the rainy season for the year 2006 [23] and examining its sensitivity to horizontal resolution and physical patterns in the replication of precipitation over West Africa for the year 2014 [24]. Currently, it is the subject of a large-scale program coordinated by the West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use, abbreviated as WASCAL, focused on research designed to help address the challenge of climate change and thus build resilience in human and environmental systems. Funded by the German Federal Ministry of Education and Research, WASCAL's research activities in Africa are coordinated by its competence center in Ouagadougou, the capital of Burkina Faso, under the leadership of the Center for Development Research at the University of Bonn in Germany. An integral part of the WASCAL Program's core research is the provision of a new set of high-resolution regional climate projections for West Africa [25].

In the context of our study, falling under the problematic "extreme weather and climate phenomena", these two models seemed very useful since they allow us to go down to fine scales.

The objective of this work is to analyze and compare the performance of two regional climate models (RegCM4.5 and WRF3.5) in the representation of extreme precipitation, relative humidity, and winds at different levels over West Africa for the current climate.

This study is structured as follows. In Section 2, the model description, the data and methods, and the definition and types of climate extremes used are presented. Section 3 presents and discusses results followed by the conclusion in Section 4.

2 MODELS DESCRIPTION, DATA AND METHODS

2.1 REGIONAL CLIMATE MODEL (REGCM4) MODEL

We used the fourth generation of the Abdu Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP) regional climate model released version 4.5 (RegCM4.5). This model is extensively described by [26]. Briefly, the RegCM4.5 is a hydrostatic, compressible, sigma-p vertical coordinate model which includes various options of physics parameterizations. All details about the model configuration (the radiative transfer calculations, the land surface scheme, the planetary boundary layer scheme, the large scale precipitation processes scheme) and the experimental design are extensively described in [27]. The simulation domain, as well as the considered sub-domains (Western Sahel,

Central Sahel, Eastern Sahel, and the Guinea region), are represented in Figure 1. The domain was enough large to properly minimize inconsistencies between boundary conditions and the model. The model has been integrated from November 1980 to December 2010.

2.2 WEATHER RESEARCH FORECASTING (WRF) MODEL

The work presented here advances the regional downscaling efforts for the region through the generation of a high-resolution, ensemble regional climate simulation experiment for large areas of continental West Africa and extensive periods of the 21st century at a horizontal resolution of 12 km. Three GCMs are downscaled using the Weather Research and Forecasting Model [28] to narrow down uncertainties and provide estimates on the range of climate change impact on the region. This contribution presents the overall concept of the WASCAL regional climate simulations, as well as detailed information on the experimental design, and provides information on the format and dissemination of the available data. All data are made available to the public at the CERA long-term archive of the German Climate Computing Center (DKRZ) with a subset available at the PANGAEA Data Publisher for Earth & Environmental Science portal (<https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.880512>).

2.3 CHIRPS DATA

Rainfall data from the CHIRPS (Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations [29] version 2.0) produced by the Climate Hazards Group at the University of California was used to validate the two regional climate models and to investigate the changes in precipitation during the period 1981–2010. CHIRPS is a quasi-global rainfall dataset spanning between 50°S–50°N and starting from 1981 to the present. CHIRPS incorporates 0.05° spatial resolution satellite imagery with in-situ station data to create gridded rainfall time series suitable for trend analysis and seasonal drought monitoring. CHIRPS data is available at 5 and 10-day accumulations. CHIRPS are freely available at: <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>. CHIRPS dataset was validated at the river basin level in West Africa [30]. This product was also shown to be strongly correlated to in-situ observations in major climatic zones of the West Africa region [31].

2.4 ERA-INTERIM REANALYSIS

In the last part of this analysis, we used relative humidity and wind data from Era-Interim reanalysis [32], [33] to explain the changes obtained in mean and rainfall extremes. The ERA-Interim reanalysis analyzed here has a spatial resolution of 0.125° x 0.125°. These reanalysis are global data sets produced by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, [34]) and cover the period from 1st January 1979 to 31st August 2019. They are mesh data available at different spatial resolutions and on 37 pressure levels. The reanalysis data are currently the best way to describe the state of the atmosphere and are extensively used previously over West Africa to validate climate models [12], [18], [20].

2.5 METHODS

We used seven (7) hydro-climatic indices recommended by the World Meteorological Organization [35] Expert Team on Climate Change Detection and Indices summarized in Table 1 [36]. These indices are previously used for several studies over West Africa [27], [31], [37], [38]. Detailed descriptions of the indices and the exact formula for calculating them are available on the Expert Team on Climate Change Detection monitoring and Indices (ETCCDI) web page (http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml)

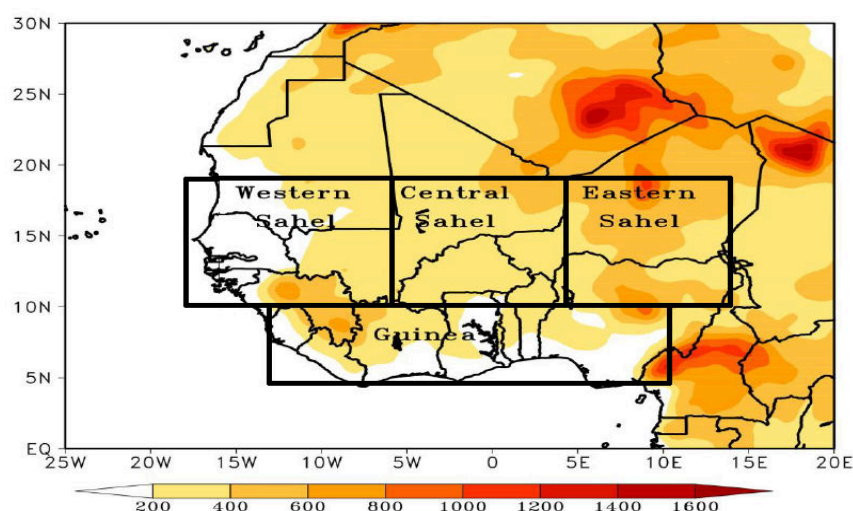


Fig. 1. Topography of the study domain (West Africa) and the considered sub-domains (Western Sahel, Central Sahel, Eastern Sahel, and the Guinea Zone)

Table 1. Definition of climate indices [36]

Indices	Indices abbreviate	Unit
Number of days with daily cumulative precipitation greater than 1 mm (number of wet days: $R > 1$ mm)	R1mm	Days
Simple daily intensity index (precipitation intensity due to the wet days only)	SDII	mm/day
Number of days with daily precipitation greater than or equal to 10 mm (Frequency of intense rainfall events: $R \geq 10$ mm)	R10mm	Days
The maximum of 1-day precipitation accumulations	RX1DAY	mm
Contribution of very wet days; total precipitation > 95th percentile (The value below which 95% of the data are found)	R95P	mm/day
Maximum length of the consecutive wet days with daily rainfall greater than 1 mm (maximum wet spell length)	CWD	Days
Maximum length of the consecutive dry days with daily rainfall below 1 mm (maximum dry spell length)	CDD	Days

3 RESULTS

3.1 MODELS VALIDATION

The RegCM4 simulations analyzed in this study are extensively validated in [27]. In this section, we assessed the performance of the RegCM4 and WRF models in simulating rainfall over West Africa. For this purpose, we compared the summer rainfall (May to September, MJJAS) simulated by the two models with the CHIRPS observations data. represents the mean summer rainfall (May to September from 1981 to 2010) for the CHIRPS climatology and the two regional climate models and their difference with CHIRPS data. CHIRPS observations exhibit a zonal distribution with precipitation decreasing from the South to the North and maxima located over orographic regions: Fouta Jallon Mountains (FJM), Jos Plateau (JP), and Cameroon Highlands (CH) (Figure 2a). The two models well simulated the zonal structure of rainfall as well as the maxima (Figure 2b, c). The RegCM4 model simulates a dry (wet) bias over the Sahel (Guinea Coast) while the WRF model simulates an opposite bias (Figure 2d, e). Moreover, the low biases simulated by the two regional climate models show their good ability to well simulate summer rainfall over West Africa. To go further in the study of the performance of the models over West Africa, we computed and presented in the mean bias and the pattern correlation coefficient (PCC) of the monthly rainfall for the RegCM4 and WRF models with respect to CHIRPS observations data in the four sub-domains shown in The mean bias characterizes the sign of errors (overestimation or underestimation) committed by the two models, while the PCC allows characterizing the linear interdependence of two climate parameters. The RegCM4 model simulates dry bias (annual mean value) over the Sahel (Western, Central, and Eastern) while the WRF model simulates a wet bias (annual mean value) over these three zones (Table 2). The two regional climate models overestimate rainfall over the Guinea zone with 10.56 mm/month for the RegCM4 model and 25.76 mm/month for the WRF model (Table 2). displayed the annual cycle of rainfall over the Sahel (western, central, and eastern) and the Guinea zone from the CHIRPS climatology and the two regional climate models. CHIRPS climatology shows a rainfall peak in August over the Sahel (western, central, and eastern) and a rainy season that starts in April (Figure 3a, b, c). Over the Guinea Coast (Figure 3d); the CHIRPS datasets exhibit a bimodal regime of rainfall with two peaks (two rainy seasons) around June and September. The two regional climate models well simulate the annual cycle of rainfall over the Sahel zones and the Guinea zone with sometimes an overestimation or underestimation. The next step is to assess the performance of the two regional climate models in simulating extreme rainfall over West Africa.

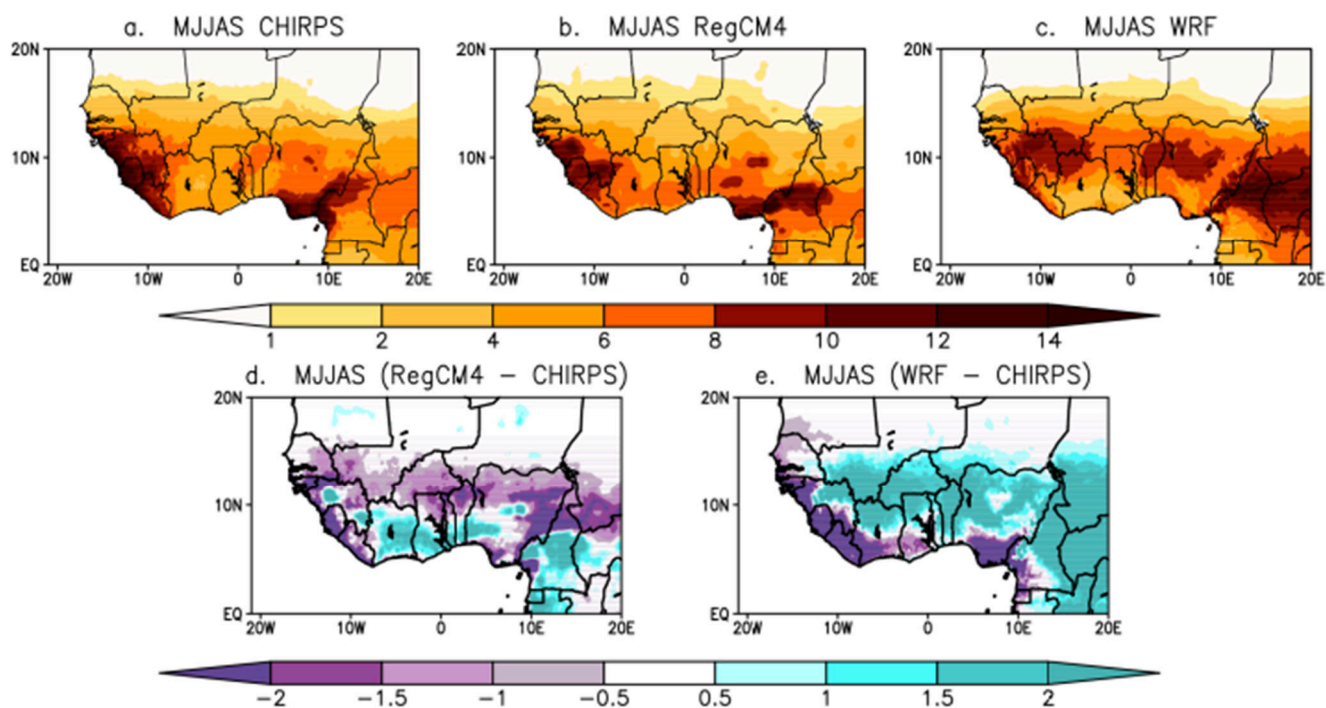


Fig. 2. Mean summer (May to September) rainfall (mm/day) averaged from 1981 to 2010 over West Africa: (a) for CHIRPS climatology, (b) for RegCM4 model, (c) for WRF model, (d) RegCM4 – CHIRPS and (e) WRF – CHIRPS

Table 2. Mean bias (MB) expressed in mm/month and pattern correlation coefficient (PCC) of the monthly rainfall for the RegCM4 and WRF models with respect to CHIRPS observations data

Periods	Western Sahel		Central Sahel		Eastern Sahel		Guinea Zone		West Africa	
	RegCM	WRF	RegCM	WRF	RegCM	WRF	RegCM	WRF	RegCM	WRF
	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	PCC	PCC
January	0.69	0.44	0.57	0.81	0.02	0.19	5.03	42.49	0.77	0.76
February	0.80	1.86	1.30	4.81	0.33	0.79	3.33	44.50	0.83	0.86
March	1.63	6.01	9.21	16.26	6.21	10.21	30.50	69.69	0.78	0.81
April	3.35	5.85	36.17	40.25	31.78	40.40	70.42	78.20	0.91	0.85
May	2.89	3.79	21.61	41.97	25.78	47.87	58.68	67.94	0.91	0.87
June	-2.52	3.21	3.83	54.94	9.18	59.18	19.82	31.8838	0.89	0.81
July	-13.17	26.25	-32.96	67.69	-33.45	45.10	-0.75	-13.49	0.87	0.76
August	-43.36	-2.82	-58.91	34.02	-49.90	13.96	-7.61	-41.27	0.86	0.75
September	-29.55	22.76	-32.37	-6.26	-31.67	-17.84	-33.23	-43.41	0.87	0.80
October	-18.34	3.05	-2.22	2.68	-4.46	1.32	-35.04	-18.04	0.88	0.86
November	0.99	3.80	1.63	2.56	0.55	0.90	9.24	42.97	0.90	0.89
December	0.24	0.86	0.13	0.34	0.08	0.24	6.39	47.70	0.83	0.82
Annual	-8.03	6.26	-4.33	21.67	-3.80	16.86	10.56	25.76	0.93	0.88

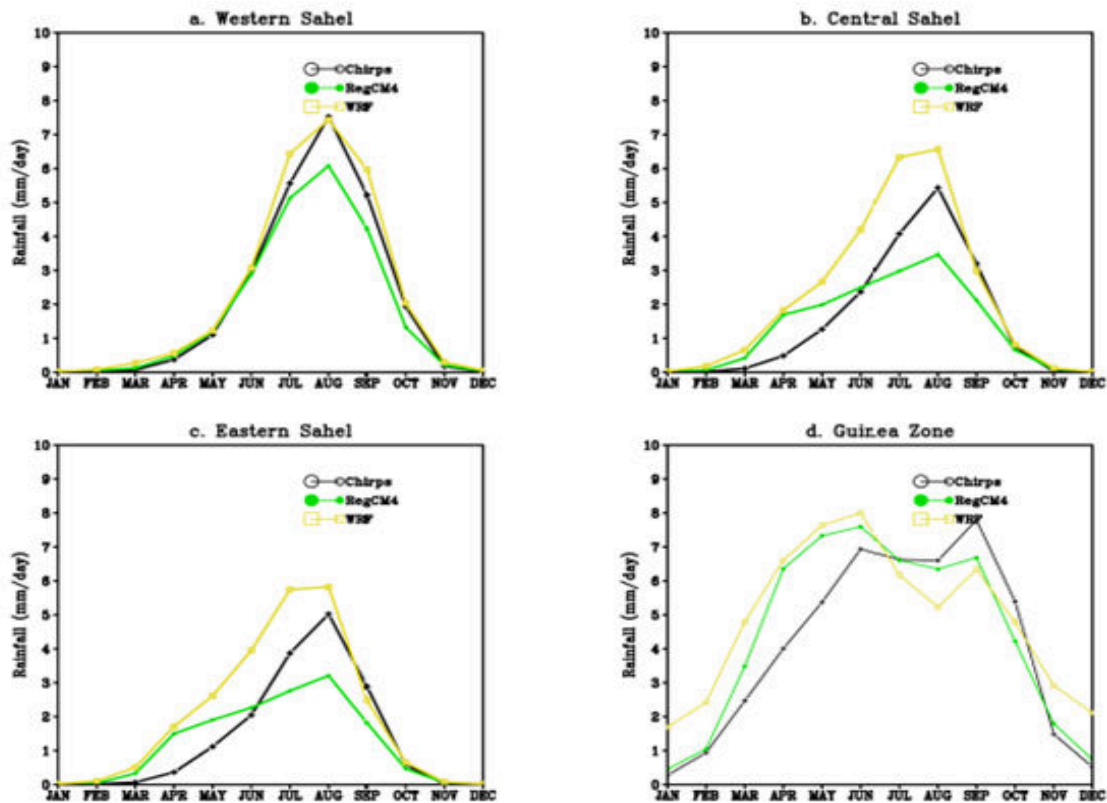


Fig. 3. Annual cycle of monthly precipitation from CHIRPS climatology, RegCM4 model, and WRF model-averaged from 1981 to 2010 over: (a) the western Sahel, (b) the central Sahel, (c) the eastern Sahel, and (d) the Guinea zone

3.2 SPATIAL VARIABILITY OF EXTREME RAINFALL

Climate change and changes in extreme precipitation events will affect West African populations with an increase in their vulnerability [39]. shows the number of rainy days and intense rainfall days averaged during the summer period (May-June-July-August-September) from 1981 to 2010 for the CHIRPS climatology and the two regional climate models. The CHIRPS observations (Figure 4a) show a maximum number of rainy days along the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) especially over the mountainous areas (Fouta Jallon highlands, Jos Plateau, and Cameroun Mountains). The two regional climate models well simulated the spatial distribution of the number of rainfall events with the position of the maxima and the minima (Figure 4b, c). The number of rainfall events decreases from the southern to the northern Sahel for CHIRPS data and both regional climate models. CHIRPS data (Figure 4d) show strong values of the intense rainfall events over the orographic regions (Fouta Jallon highlands, Jos Plateau and Cameroun Mountains). Similar distributions are simulated by the two regional climate models (Figure 4e, f) with the position of the maxima. The spatial distribution of the simple daily intensity index (SDII) which is calculated as the mean intensity of the number of rainy days is displayed in for the CHIRPS data and the two regional climate models. CHIRPS data (Figure 5a) show higher rainfall intensities over the orographic areas (especially over the Guinea highlands) and the minima over the Sahel region. The two regional climate models well simulated the spatial distribution of the rainfall intensities during wet days with the position of the maxima and the minima (Figure 5b, c). In the next step, we diagnose the spatial variability of extreme rainfall events that play an important role in agriculture and flood over West African countries.

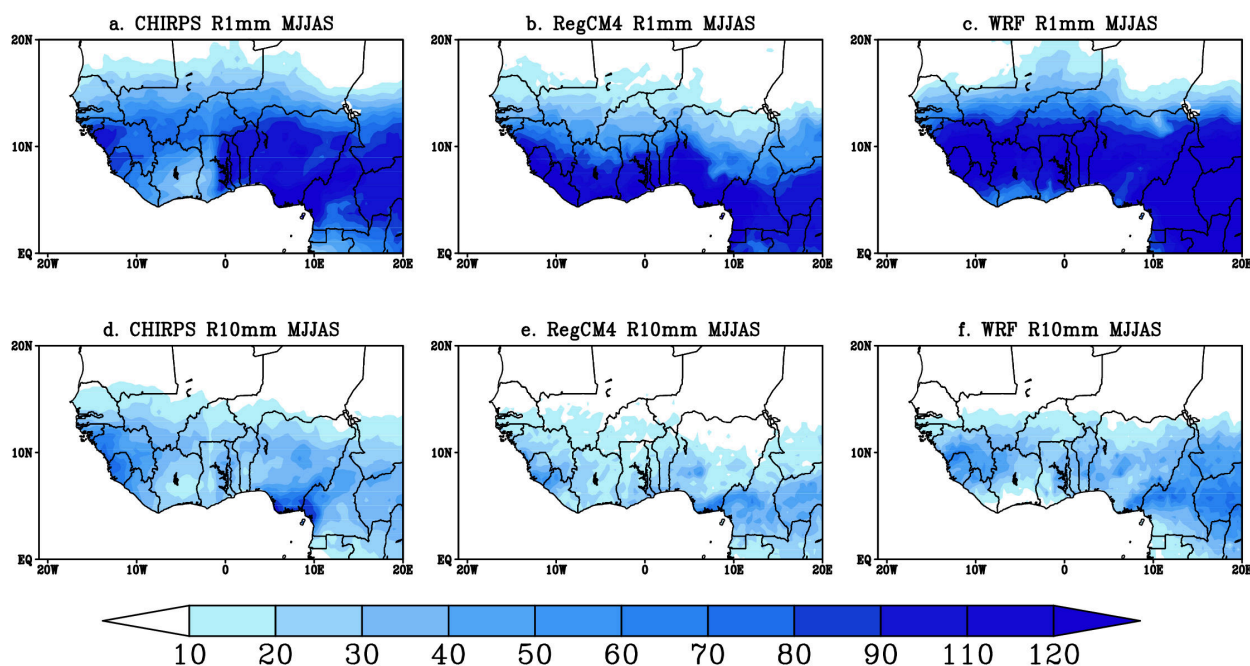


Fig. 4. Number of rainy days and intense rainy days during the summer period (MJJAS) averaged from 1981 to 2010 over West Africa: (a, d) for CHIRPS climatology, (b, e) for RegCM4 model, and (c, f) for WRF model

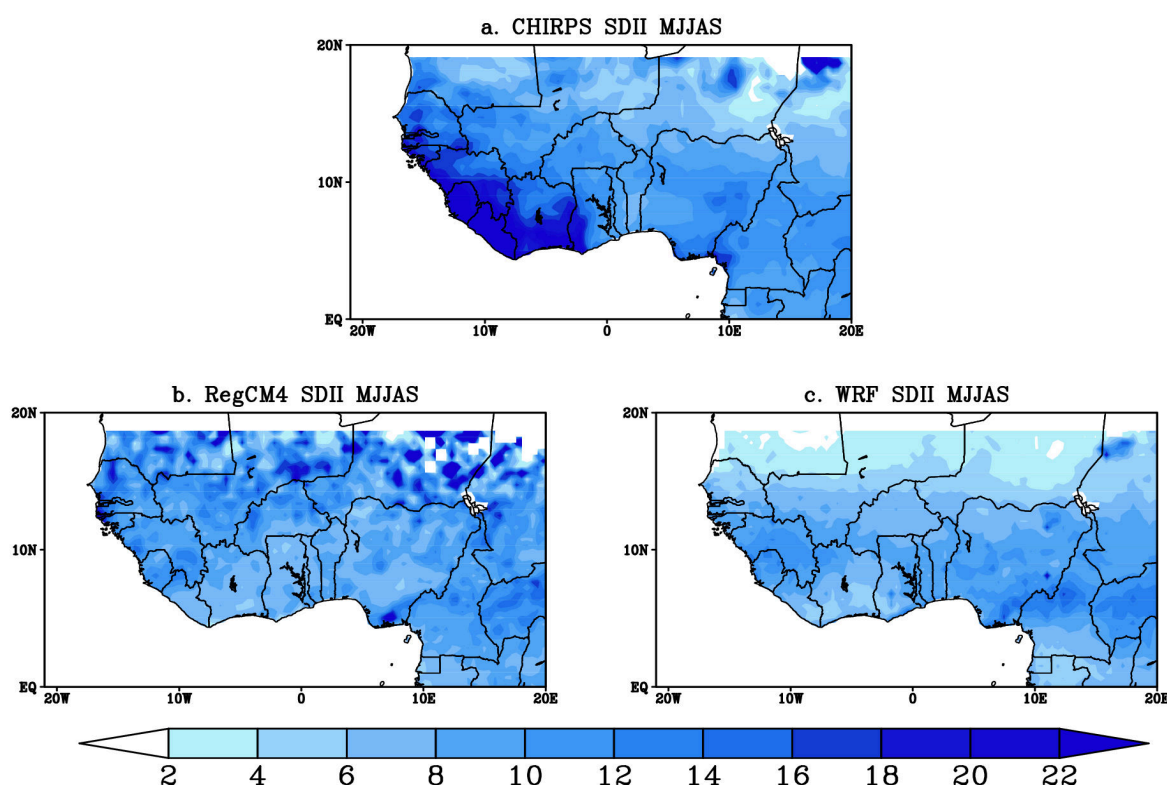


Fig. 5. Mean summer simple daily intensity index (mm/day) averaged from 1981 to 2010 over West Africa: (a) for CHIRPS climatology, (b) for RegCM4 model, and (c) for WRF model

The maximum cumulative precipitation RX1DAY (1-day precipitation accumulations) and the mean 95th percentile which characterize the very wet days are calculated and displayed in These two parameters are a major concern for local populations over West Africa where agriculture production depends mainly on rainfall amount. CHIRPS climatology (Figure 6a) shows a strong 1-day precipitation accumulation

over a latitudinal band between 3°N and 12°N especially over orographic regions (Fouta Jallon Mountains; Jos Plateau and Cameroon highlands). The two regional climate models well simulate the 1-day precipitation accumulations with the position of the maxima and the minima (Figure 6b, c). The CHIRPS datasets (Figure 6d) exhibit a zonal distribution of the mean 95th percentile similar to the mean summer rainfall. The maxima of this index are located south of 15°N (along the Intertropical Convergence Zone) and over the Guinea zone, Jos Plateau, and Cameroon highlands. The RegCM4 and WRF models well simulate this zonal distribution and the maxima and minima (Figure 6e, f).

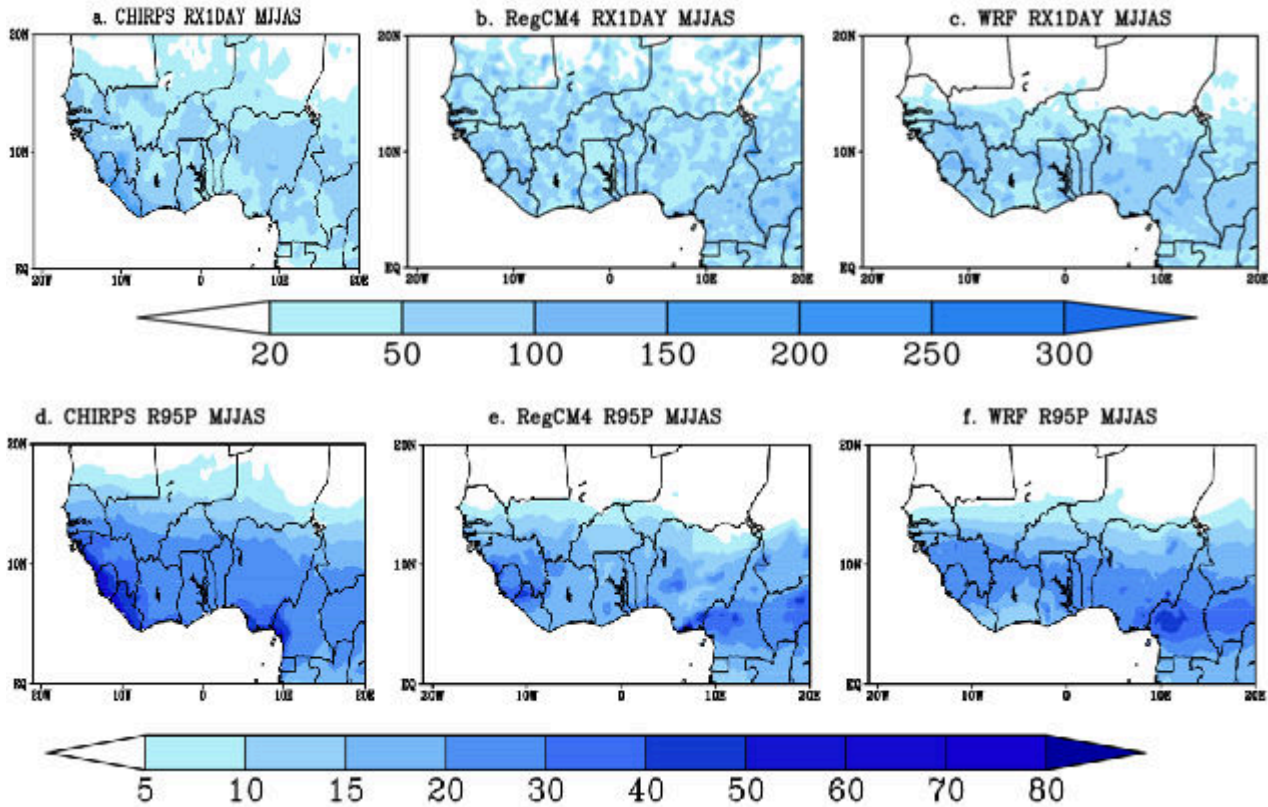


Fig. 6. The maximum 1-day precipitation accumulations (RX1DAY: mm) and the mean MJJAS 95th percentile of daily rainfall events (mm/day) averaged from 1981 to 2010 over West Africa: (a, d) for CHIRPS climatology, (b, e) for RegCM4 model and (c, f) for WRF model

The maximum duration of the consecutive wet days (CWD) and the consecutive dry days (CDD) known to be crucial for agriculture over West Africa are displayed in for the CHIRPS data and the two regional climate models. CHIRPS datasets (Figure 7a) show a spatial distribution of the consecutive wet days similar to the number of rainy days (Figure 7a). The two regional climate models well simulate this distribution with strong values over the orographic regions (Fouta Jallon highlands; Jos Plateau and Cameroon highlands) and the Guinean coast (Figure 7b, c). When considering the CDD, CHIRPS datasets exhibit stronger values of this parameter (Figure 7d) north of 17.5°N (northern Sahel). The shorter consecutive dry days are observed over the area of the maximum precipitation (over the southern Sahel and the orographic regions) (Figure 7d). Similar distributions of the CDD are simulated by the two regional climate models (Figure 7e, f). The consecutive wet (dry) days are favorable (unfavorable) for agriculture over West Africa.

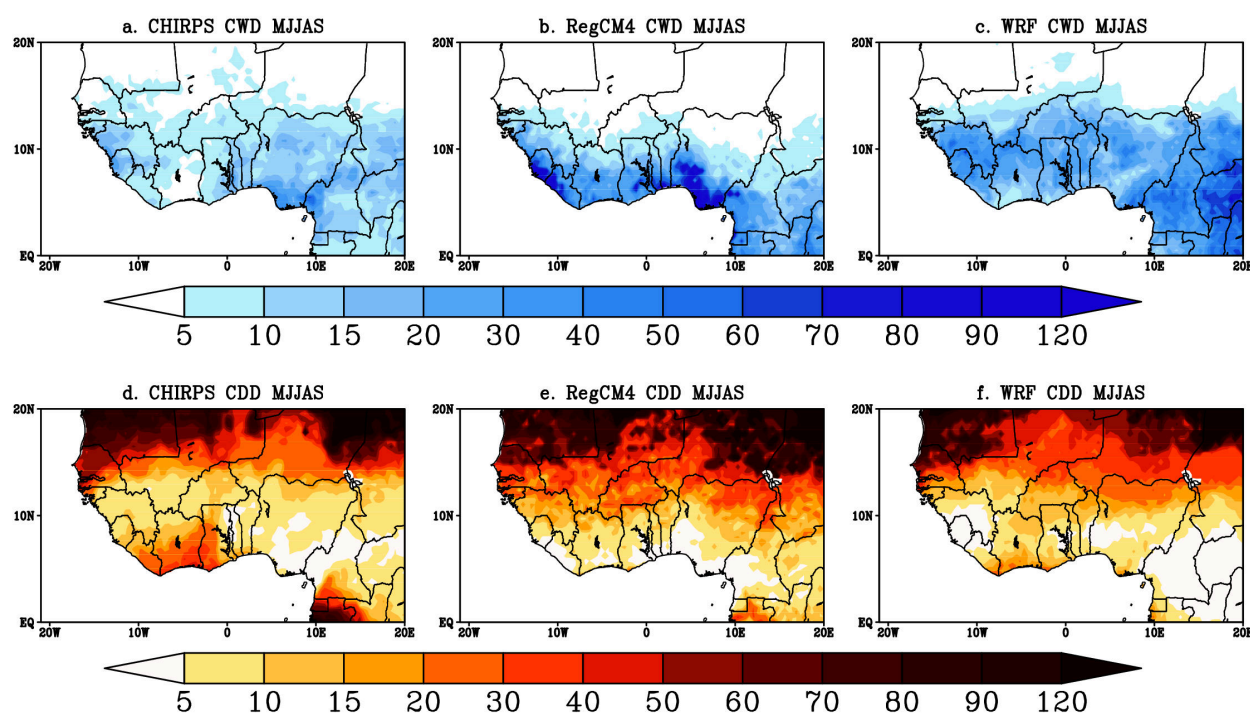


Fig. 7. Maximum length of the consecutive wet days (CWD) and the consecutive dry days (CDD) during the summer period (MJJAS) averaged from 1981 to 2010 over West Africa: (a, d) for CHIRPS climatology, (b, e) for RegCM4 model and (c, f) for WRF model

3.3 SPATIAL VARIABILITY OF SOME ATMOSPHERIC PARAMETERS

To better explain the spatial pattern of model biases and extreme rainfall events, the summer (MJJAS) mean relative humidity (%) integrated into the lower layers (between 1000 and 850 hPa) for the ERA-Interim reanalysis and the two regional climate models is shown in The ERA-Interim reanalysis shows a dipolar structure of this parameter with maxima located in the southern Sahel, over the Guinean coast and the ocean, and the minima in the northern Sahel (Figure 8a). The two regional climate models well simulate the spatial distribution of the relative humidity and the position of the maxima and the minima (Figure 8b, c). The RegCM4 model underestimates this parameter over the Guinea Coast compared to the ERA-Interim reanalysis (Figure 8b). This could explain partly the dry biases (negative value) simulated by this model over the Sahel (Figure 2d). Moreover, the wet biases (positive value) simulated by the WRF model over the Sahel (Figure 2e) could be due partly to the strong relative humidity simulated by this model over the Guinea Coast compared to the ERA-Interim reanalysis and the RegCM4 model (Figure 8a, c). This strong relative humidity is consistent with the rainfall increase over the same region and the Sahel. The wind dynamics are also analyzed to better interpret the synoptic variability associated with precipitation events over the study period. shows the May to September (MJJAS) average wind module at the monsoon level (925 hPa), zonal wind at the African Easterly Jet level (700 hPa), and zonal wind at the Tropical Easterly Jet level (200 hPa) over West Africa. The Era-Interim reanalysis shows a strong monsoon flow over the Guinea Coast and the southern Sahel (Figure 9a). The two regional climate models well simulate the spatial distribution of the monsoon flow at the lower level but underestimate its intensity. Moreover, the RegCM4 model underestimates it more than the WRF model. At 700 hPa, the WRF model simulates a strong African Easterly Jet (AEJ) between 10°N and 15°N compared to the Era-Interim reanalysis and the RegCM4 model (Figure 9d, e, f). At 200 hPa, the Era-Interim reanalysis and the WRF model show the Tropical Easterly Jet (TEJ) core around 5°N while the RegCM4 model simulates it around 7°N (Figure 9g, h, i). There are moderate differences in the atmospheric circulation shown by the Era-Interim reanalysis and simulated by the two regional climate models. These moderate differences in the wind dynamic combined with that of the moisture content of the atmosphere may be partly responsible for the mean rainfall and extreme rainfall changes when considering the two regional climate models.

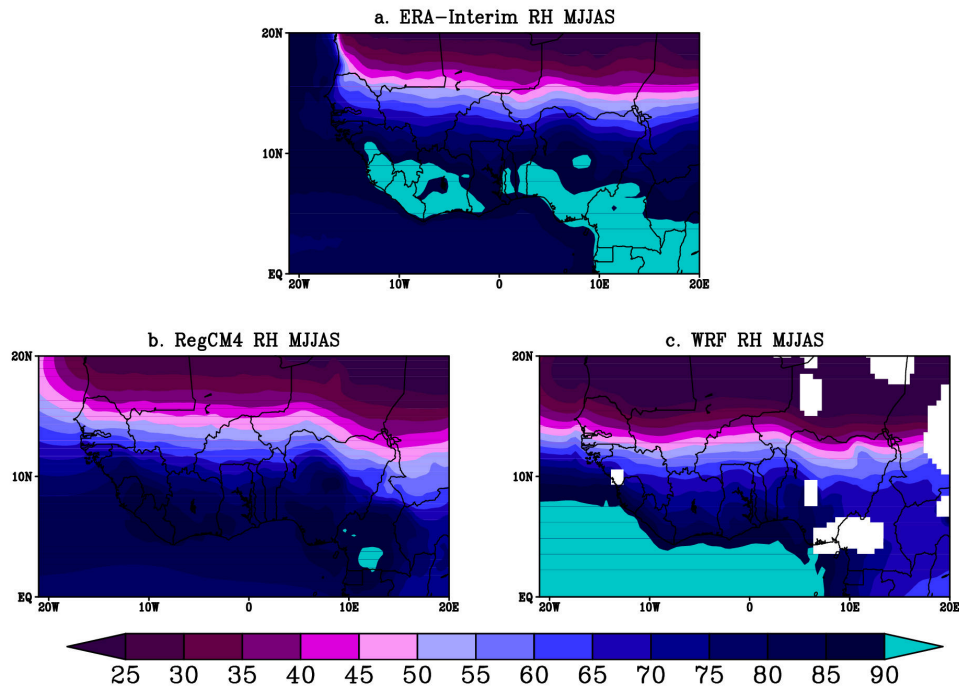


Fig. 8. Relative humidity (%) averaged from 1981 to 2010 over West Africa: (a) for Era-Interim reanalysis, (b) RegCM4 model, and (c) WRF model

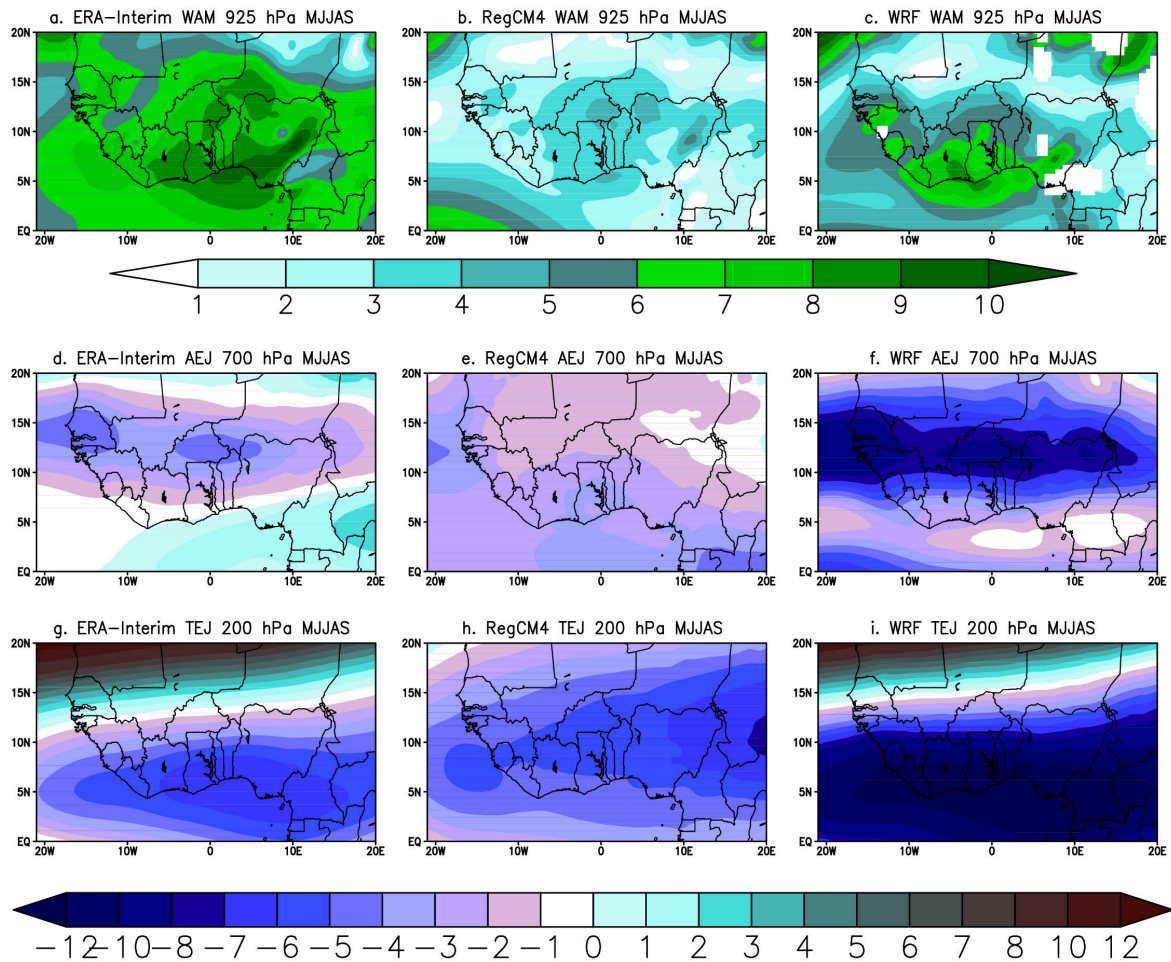


Fig. 9. (a, b, c) Wind module at the low-levels (925 hPa), (d, e, f) averaged MJJAS zonal wind at the mid-levels (700 hPa), (g, h, i) averaged MJJAS zonal wind at the upper-levels (200 hPa) from 1981 to 2010 over West Africa: for Era-Interim reanalysis (left), RegCM4 model (center) and WRF model (right)

4 CONCLUSION

This work presents the results on the spatial variability of seven (7) rainfall extreme indices recommended by the World Meteorological Organization (WMO) using CHIRPS datasets and two regional climate models (RegCM4.5 and WRF3.5) during the period 1981-2010. CHIRPS climatology shows a strong 1-day precipitation accumulation over the latitudinal band between 3°N and 12°N especially over orographic regions (Fouta Jallon Mountains; Jos Plateau and Cameroon highlands). The two regional climate models well simulate the 1-day precipitation accumulations with the position of the maxima and the minima. The number of rainfall events decreases from the southern to the northern Sahel for CHIRPS data and both regional climate models. CHIRPS data show the highest rainfall intensities over the Guinea highlands and the minima over the Sahel region. The two regional climate models well simulated the spatial distribution of the rainfall intensities during wet days with the position of the maxima and the minima. Strong values of the intense rainfall events are obtained over the Fouta Jallon highlands, the Jos Plateau, and the Cameroun Mountains for CHIRPS data and both regional climate models. The CHIRPS datasets exhibit a zonal distribution of the mean 95th percentile of daily rainfall similar to the mean summer rainfall. The maxima of the mean 95th percentile are located south of 15°N (along the Intertropical Convergence Zone) and over the Guinea zone, Jos Plateau, and Cameroon highlands. The RegCM4 and WRF models well simulate this zonal distribution and the maxima and minima. CHIRPS datasets show a spatial distribution of the consecutive wet days similar to the number of rainy days. The two regional climate models well simulate this distribution with strong values over the orographic regions and the Guinean coast. When considering the consecutive dry days (CDD), CHIRPS datasets exhibit strong values of this parameter north of 17.5°N (northern Sahel). The shorter consecutive dry days are observed over the area of the maximum precipitation (over the southern Sahel and the orographic regions). Similar distributions of the CDD are simulated by the two regional climate models. The increase of strong rainfall events may induce dramatic consequences such as flooding. In terms of model biases, this study shows substantial differences between the two regional climate models used in this study suggesting the necessity to perform models intercomparison over the present-day before any choice for future projections. There are moderate differences in the atmospheric circulation shown by the Era-Interim reanalysis and simulated by the two regional climate models. These moderate differences in the wind dynamic combined with that of the moisture content of the atmosphere may be partly responsible for the mean rainfall and extreme rainfall changes when considering the two regional climate models.

Despite the results obtained in this study, additional works are needed to better explain the spatial distribution of the extreme precipitation events over West Africa for the present day but also for the future using climate change scenarios because extreme rainfall and temperature events remain a major concern for West African countries which are known to have a low adaptation capacity.

FUNDING

This work was supported by the “Fond d’Impulsion de la Recherche Scientifique et Technologique” program of MESRI-Senegal.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Assane SECK University of Ziguinchor, the “Fond d’Impulsion de la Recherche Scientifique et Technologique” program of MESRI (Senegal) and the LMI-ECLAIRS2 for their support.

REFERENCES

- [1] Lamptey, B., “An analytical framework for estimating the urban effect on climate”, *International Journal of Climatology*, 30, 72–88, 2009.
- [2] Klutse, N. A. B., Sylla, M. B., Diallo, I., Sarr, A., Dosio, A., Diedhiou, A., Kamga, A., Lamptey, B., Ali, A., Gbobaniyi, O. E., Owusu, K., Lennard, C., Hewitson, B., Nikulin, G., Panitz, H. J. & Büchner, M., “Daily characteristics of West African summer monsoon precipitation in CORDEX simulations” *Theoretical and Applied Climatology*, 123 (1-2), 369-386, 2016.
- [3] Bruyère, C.L., “Regional Climate Research using WRF and MPAS: Overview and Future Development”, 14th Annual WRF Workshop, Boulder, Colorado, USA, June, 2013.
- [4] Randall, D.A., R.A. Wood, S. Bony, R. Colman, T. Fiechter, J. Fyfe, V. Kattsov, A. Pitman, J. Shukla, J. Srinivasan, R.J. Stouffer, A. Sumi and K.E. Taylor, “Climate Models and Their Evaluation. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*”, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
- [5] Cretat, J., B. Pohl, Y. R. and P. D., “Uncertainties in simulating regional climate of Southern Africa : sensitivity to physical parameterizations using WRF”, *Climate Dynamics*, 38 ((3-4)), 613–634, 2012.
- [6] Salack, S., Klein, C., Giannini, A., Sarr, B., Worou, O. N., Belko, N., Bliefernicht, J., and Kunstman, H., “Global warming induced hybrid rainy seasons in the Sahel”, *Environ. Res. Lett.*, 11, 104008, 2016.
- [7] Mounkaila, M. S., Abiodun, B. J., and Bayo Omotosho, J., “Assessing the capability of CORDEX models in simulating onset of rainfall in West Africa”, *Theoretical and Applied Climatology*, 119, 255–272, 2015.

- [8] Klein, C., Heinzeller, D., Bliefernicht, J., and Kunstmann, H., "Variability of West African monsoon patterns generated by a WRF multi-physics ensemble", *Clim. Dynam.*, 45, 2733–2755, 2015.
- [9] Heinzeller, D., Duda, M. G., and Kunstmann, H., "Towards convection-resolving, global atmospheric simulations with the Model for Prediction Across Scales (MPAS) v3.1: an extreme scaling experiment", *Geosci. Model Dev.*, 9, 77–110, 2016.
- [10] Sylla, M. B., Giorgi, F., Coppola, E., and Mariotti, L., "Uncertainties in daily rainfall over Africa: Assessment of gridded observation products and evaluation of a regional climate model simulation", *Int. J. Climatol.*, 33, 1805–1817, 2013.
- [11] Giorgi, F., Jones, C., and Asrar, G. R., "Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework", *WMO Bulletin*, 58, 175–183, 2009.
- [12] Solmon, F., Elguindi, N., & Mallet, M., "Radiative and climatic effects of dust over West Africa, as simulated by a regional climate model", *Climate Research*, 52, 97–113, 2012.
- [13] Browne, N. A. K., & Sylla, M. B., "Regional Climate Model Sensitivity to Domain Size for the Simulation of the West African Summer Monsoon Rainfall", *International Journal of Geophysics*, 17 p, 2012.
- [14] Adeniyi, M. O., "Sensitivity of different convective schemes in RegCM4.0 for simulation of precipitation during the Septembers of 1989 to 1998 over West Africa", *Theor. Appl. Climatol.*, 115, 305–322, 2014.
- [15] Diba, I., Camara, M., & Diedhiou, A., "Investigating West African Monsoon Features in Warm Years Using the Regional Climate", *Atmosphere*, 10 ((1), 23), 1–16, 2019.
- [16] Koné, B., Diedhiou, A., Touré, N. E., Sylla, M. B., Giorgi, F., Anquetin, S., Koba, A. T., "Sensitivity study of the regional climate model RegCM4 to different convective schemes over West Africa", *Earth System Dynamics*, 9, 1261–1278, 2018.
- [17] Biasutti, M., & Sobel, A. H., "Delayed Sahel rainfall and global seasonal cycle in a warmer climate", *Geophys. Res. Lett.*, 36, 1–5, 2009.
- [18] Diallo, I., Sylla, M. B., Giorgi, F., Gaye, A. T., & Camara, M., "Multimodel GCM-RCM Ensemble-Based Projections of Temperature and Precipitation over West Africa for the Early 21st Century", *International Journal of Climatology*, 19, 2012.
- [19] Seth, A., SA Rauscher, M. Biasutti, A. Giannini, S. C. and M. R., "CMIP5 Projected Changes in the Annual Cycle of Precipitation in Monsoon Regions", *Journal of Climate*, 26, 7328–7351, 2013.
- [20] Sylla B. M., Giorgi F., Jeremy S. P., Gibba P., Kebe I., N. M., "Projected Changes in the Annual Cycle of High-Intensity Precipitation Events over West Africa for the Late Twenty-First Century", *Journal of Climate*, 28, 6475–6488, 2015.
- [21] Jung, G., & Kunstmann, H., "High-resolution regional climate modeling for the Volta region of West Africa", *Journal of Geophysical Research*, 112, 1–17, 2007.
- [22] Georg A. Grell, Jimmy Dudhia, D. R. S., "A description of the Fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5)", *NCAR Technical Note NCAR/TN-398+STR*, 121, 1995.
- [23] Emmanouil Flaounas, Bastin Sophie, J. S., "Regional climate modelling of the 2006 West African monsoon : Sensitivity to convection and planetary boundary layer parameterisation using WRF", *Climate Dynamics*, 1–24, 2011.
- [24] Kouadio, K., Bastin, S., Konare, A., & Ajayi, V. O., "Does convection-permitting simulate better rainfall distribution and extreme over Guinean coast and surroundings?", *Climate Dynamics*, 1–24, 2018.
- [25] Heinzeller, D., Dieng, D., Smiatek, G., Olusegun, C., Klein, C., Hamann, I., Salack, S., Bliefernicht, J., and Kunstmann, H., "The WASCAL high-resolution regional climate simulation ensemble for West Africa: concept, dissemination and assessment", *Earth Syst. Sci. Data*, 10, 815–835, 2018.
- [26] Giorgi F, Coppola E, Solmon F, Mariotti L, Sylla MB, Bix et al., "RegCM4: Model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains", *Climate Research* 52: 7-29, 2012.
- [27] Diba, I., Camara, M. and Sarr, A.B., "Impacts of the Sahel-Sahara Interface Reforestation on West African Climate: Intra-Seasonal Variability and Extreme Precipitation Events", *Advances in Meteorology*, 2016, Article ID: 3262451, 2016.
- [28] Skamarock, W. C., and Coauthors, "A description of the Advanced Research WRF version 3", *NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR*, 125 pp, 2008.
- [29] Funk, C., P. Peterson, M. Landsfeld, D. Pedreros, J. Verdin, S. Shukla, G. Husak, J. Rowland, L. Harrison, A. Hoell & J. Michaelsen, "The climate hazards infrared precipitation with stations—A new environmental record for monitoring extremes", *Sci. Data*, 2, 150066, 2015.
- [30] Obahoundje, S., N'Guessan Bi, V. H., Kouassi, K. L., Youan Ta, M., Amoussou, E., & Diedhiou, A., "Validation of Three Satellite Precipitation Products in Two South-Western African Watersheds: Bandama (Ivory Coast) and Mono (Togo)", *Atmospheric and Climate Sciences*, 10 (04), 597, 2020.
- [31] Didi S.R., Ly, M., Kouadio, K., Bichet, A., Diedhiou, A., Coulibaly, H., S., P., Kouadio, K., C., Coulibaly, T., J., H., Obahoundje, S., Savane, I., "Using the CHIRPS Dataset to Investigate Historical Changes in Precipitation Extremes in West Africa", *Climate* 8 (84): pp. 1–28, 2020.
- [32] Simmons AS, Uppala D, Kobayashi S, "ERA-Interim: new ECMWF reanalysis products from 1989 onwards", *ECMWF Newsletter* 110: 29-35, 2007.
- [33] Uppala S, Dee D, Kobayashi S, Berrisford P, Simmons A, "Towards a climate data assimilation system: status update of ERA-Interim", *ECMWF Newsletter* 115: 12-8, 2008.
- [34] Dee and co-authors, "The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society* 137: 553-597, 2011.
- [35] WMO, "The global climate 2001-2010: A decade of climate extremes, Abstract report. WMO-No. 1119", World Meteorological Organization (WMO), Geneva, Switzerland, 2013.

- [36] Peterson, T.C.; Folland, C.; Gruza, G.; Hogg, W.; Mokssit, A.; Plummer, N., "Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Reporters 1998-2001", WMO: Geneva, Switzerland, 2001.
- [37] Ly, Mouhamed Traore, Seydou B., Alhassane Agali, and Sarr Benoit, "Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel", *J. Weather Clim. Extrem.*1 (2013), 19–25, 2013.
- [38] Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G.C., Jones, P., Tank, A.K., Peterson, T.C., Trewin, B., Zwiers, F.W., "Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data", *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change* 2 (6), 851–870, 2011.
- [39] IPCC, "Summary for Policymakers. Climate Change, 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

POLYMORPHISM OF BLOOD SYSTEMS ABO AND RH (D) IN A BLOOD DONORS POPULATION OF THE KORHOGO NATIONAL BLOOD TRANSFUSION CENTRE

Loukou N'Goran Etienne¹, N'Goran K. Edouard¹, Yao Kouadio René Patrice², Yassongui Mamadou Sekongo², Koua Ago Bénédicte¹, Zede Elisée², and Yapi-Gnaore Chia Valentine³

¹Unité de Formation et de Recherche en Sciences Biologiques, Biochimie-Génétique, Université Peleforo Gon-Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

²Centre National de Transfusion Sanguine, Centre Hospitalier Régionale, Korhogo, Côte d'Ivoire

³Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en zone Subhumide (CIRDES), Bobo Dioulasso, Burkina Faso

Copyright © 2022 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: A study was carried out on 632 consenting donors at the National Blood Transfusion Centre (CNTS) of the Regional Hospital of Korhogo Northern in Côte d'Ivoire to contribute to a better supply of human blood to health facilities through knowledge of the genetic frequencies of the ABO and Rhesus systems. Individual donor interviews were used to collect socio-cultural data, and the Beth-Vincent blood test and the Simonin serum test were used to perform manual blood grouping. The research showed that there are more men (92.25 %) than women (7.57 %), with approximately 1 woman for every 12 men. The average age of the donors was 33 years. The Gour ethnic group was the most common (61.06 %), followed by the Mandé (26.36 %). The phenotypic frequencies [O], [B], [A], and [AB] of the ABO system were observed in proportions of 46.52 %, 28.80 %, 19.62 %, and 5.06 %, respectively. The Rh (D) factor was 92.72 % for [Rh (D) +] and 07.28 % for [Rh (D) -] respectively. Sociological factors had no effect on the distribution of blood groups. The O allele is the most common (0.682) in this population, followed by the B and A alleles, which have frequencies of 0.186 and 0.132, respectively. The Rh (D) + allele predominated, with a frequency of 0.74 compared to 0.26 for the Rh (d) allele. According to the Hardy-Weinberg law, these various genetic structures are in panmictic equilibrium.

KEYWORDS: ABO/Rh systems, genetic frequencies, blood donors, Korhogo.

1 INTRODUCTION

In science and pathology, the ABO system and the Rhesus Rh (D) factor are of critical importance, particularly in transfusion medicine, medical immunology, and human genetics [1]. The study of these systems revealed the existence of genetic variation in human populations at an early stage [2]. The ABO system and the Rhesus factor Rh (D) were used to establish blood compatibility between two people, as well as various other factors [3]. Almost every country in the world studies the genetic structure of the ABO and Rhesus Rh (D) blood systems in order to deal with big epidemics, natural disasters, and particular anemic infectious diseases. Genetic mutations, human reproductive patterns, natural selection, and migration are all linked to this distribution [1]. The ABO system and the Rhesus factor have uncertain phenotypic, allelic, and genotypic frequencies in Côte d'Ivoire. Outside of the hospital, the need for blood transfusions and blood products has risen over time. A study is being conducted at the National Blood Transfusion Centre (CNTS) in Korhogo in order to contribute to the understanding of the genetic structure of the ABO and Rhesus systems in populations from various geographical areas of Côte d'Ivoire in order to build a credible database.

The purpose of this study is to examine ABO and Rhesus system polymorphism in the Korhogo National Blood Transfusion Centre's blood donor population. There will be new statistics on phenotypic, allelic, and genotypic frequency. These data will be compared to those from other Côte d'Ivoire regions as well as the rest of the West African sub-region.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

The research study was conducted at the Korhogo Regional Hospital Centre's National Blood Transfusion Centre (CNTS) (CHR). Korhogo is the seat of the Poro region's departmental government (Figure 1). It is bordered on the north by the Bagoué area and on the south by the Tchologo region [4], and it has a tropical Sudanese climate. Poro has a population of 763,852 people and covers an area of 12,500 km² [4].

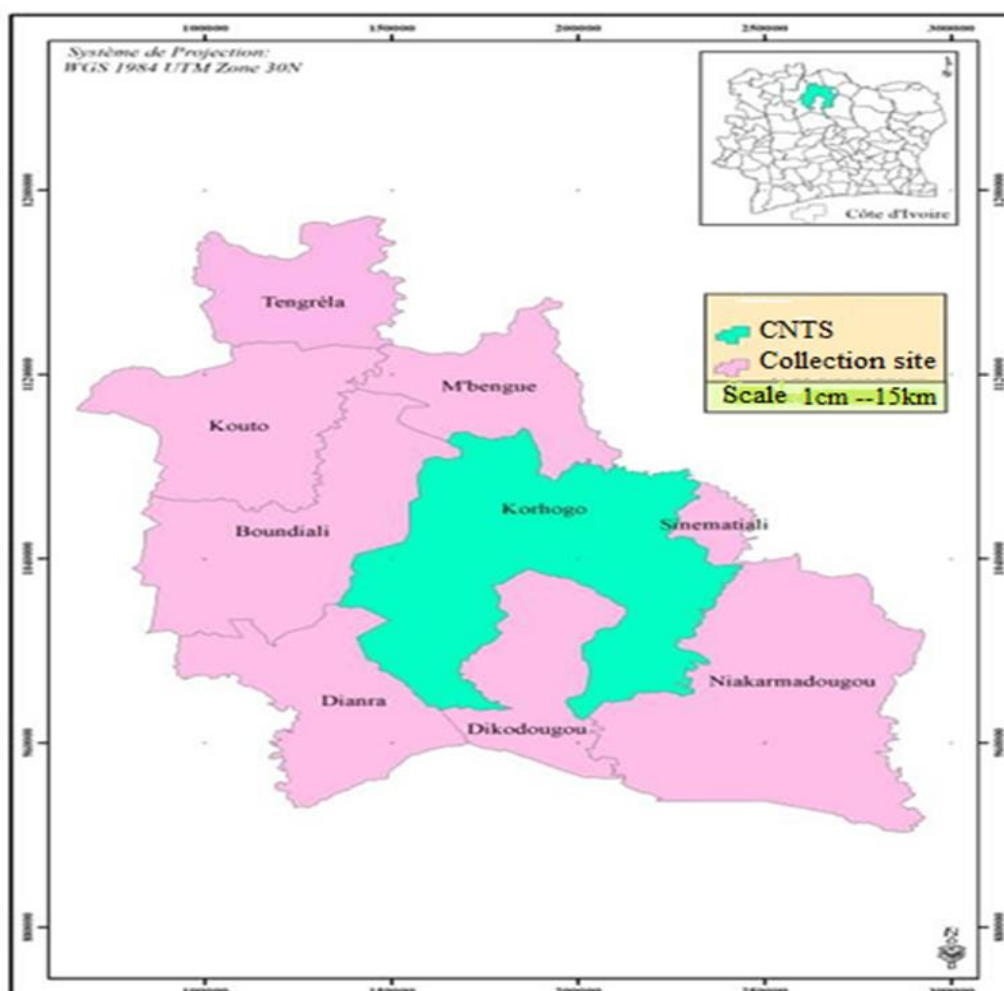


Fig. 1. Poro Region and its several departments (INS, 2014)

2.2 SELECTION OF DONORS AND BLOOD COLLECTION

Blood was obtained from 632 participants who agreed to an interview and were randomly selected from the CNTS blood donor database in Korhogo, municipality. A questionnaire was given to them to collect sociological data such as the donor's name, sex, age, religion, and ethnic group.

The puncture surface is sterilized after the tourniquet is applied to the forearm, and correct phlebotomy of a peripheral vein is performed. A 21G needle is used to collect around 5 ml of blood from dry or heparinized tubes.

2.3 BLOOD GROUPING FOR THE ABO SYSTEM AND RHESUS FACTOR

On the blood donors, two manual grouping approaches were used at the same time. The first was the Beth-Vincent or globular test, which used the Anti-A, Anti-B, and Anti-AB serum tests to search for antigens on the surface of red blood cells. The second was the Simonin (serum test), which uses A, B, and O test red cells to look for antibodies in plasma [5]. Any mismatch between the globular and serum tests prevented the donor's blood from being validated. The results were interpreted as follows: net agglutination indicates a positive reaction, whereas the absence of agglutination indicates a negative reaction (Figure 2).

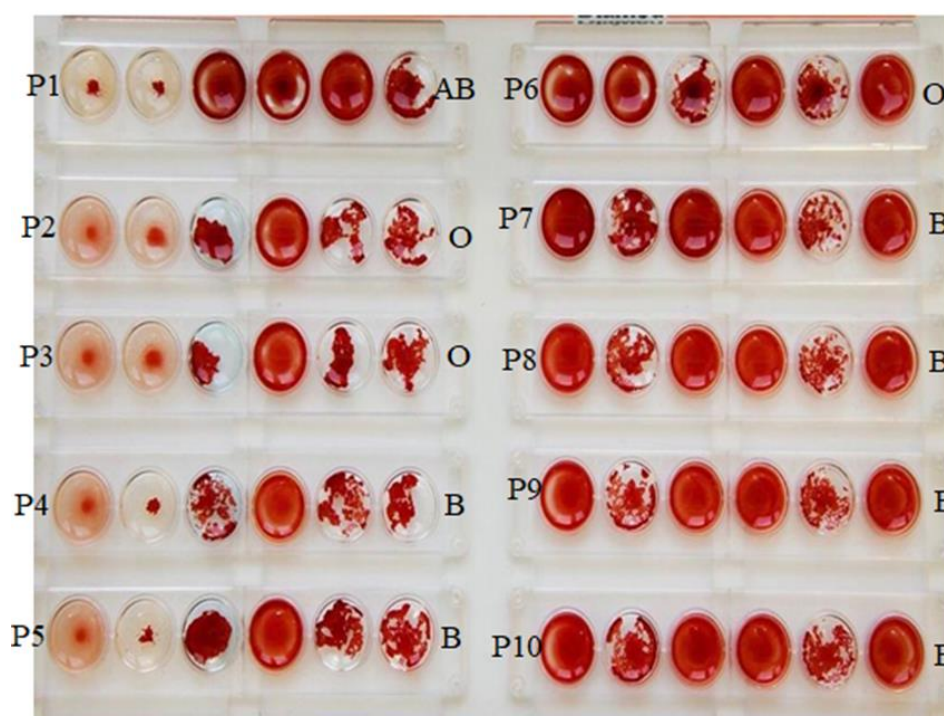


Fig. 2. Beth-Vincent and Simonin tests

The Anti-D test serum was used by Beth-Vincent to look for D antigen on the surface of red blood cells. Agglutination indicates that the D antigen is present on the subject's red blood cells, and the subject is labeled [Rh⁺] (Figure 2). When there is no agglutination, the weak Rhesus is searched to confirm or refute the outcome. This test involves washing the subject's red cells with physiological water and testing them in a hemolysis tube with Anti-D test serum. The presence of agglutination in the tube indicates that the subject is [RhD⁺], whereas the absence of agglutination indicates that the donor is [RhD⁻].

2.4 DATA COLLECTION

Individual interviews with the 632 blood donors collected socio-cultural information (gender, age, religion, and ethnic group). The ABO and Rhesus grouping results were used to compile data on blood groups [A], [B], or [O] and their Rhesus factor [RhD⁺] or [RhD⁻].

2.5 DATA ANALYSIS

Basic statistical analysis (mean, standard deviation, frequency) was performed on socio-cultural and grouping data, followed by Chi-square tests. The phenotypic, allelic, and genotypic frequencies of ABO and Rhesus blood systems were determined using the Bernstein, Landsteiner-Weiner, and Hardy-Weinberg formulae [6, 7].

2.5.1 ALLELE FREQUENCIES OF A, B, O, RH+ AND RH-

The frequencies of the alleles A, B, and O were deduced using the Bernstein formulae listed below. Let [A], [B], and [O] be the different phenotypes, and p, q, and r be the respective frequencies of A, B, and O alleles.

In a panmictic population of infinite size, in the absence of mutation and selection, the genotype frequency will be the development of $(p + q + r)^2$, p, q, and r being the allele frequencies in equilibrium where $p + q + r = 1$.

A allele frequency $p' = 1 - ([O] + [B])^{1/2}$,

Allele frequency B $q' = 1 - ([O] + [A])^{1/2}$,

Allele frequency O $r' = ([O])^{1/2}$.

The theoretical frequencies calculated from phenotypic data are the allele frequencies p' , q' , and r' . The deviation correction value D is defined as $D = 1 - (p' + q' + r')$.

Following that, the allelic frequencies are adjusted using the following formulas:

$$p = (1 + D/2) p'$$

$$q = (1 + D/2) q'$$

$$r = (1 + D/2) (r' + D/2)$$

If $D = 0$ then $p = p'$; $q = q'$ and $r = r'$

The frequencies of Rh+ (D) and Rh- (d) alleles were calculated using the Landsteiner and Wiener formulas:

$$s = 1 - (Rh)^{1/2}; t = (Rh)^{1/2}$$

2.5.2 GENOTYPIC FREQUENCIES

Genotypic frequencies were estimated using the calculated allelic frequencies and adjusted with the Hardy-Weinberg formulae: $(p + q + r)^2 = p^2 + 2pq + q^2 + 2pr + 2qr + r^2 = 1$

$$AA = p^2; BB = q^2; OO = r^2; AB = 2pq; AO = 2pr; BO = 2qr.$$

2.5.3 CHECKING THE POPULATION AT PANMICTIC EQUILIBRIUM

To ensure that the sample followed Hardy Weinberg's law, Pearson's Chi-square (2) tests ($P < 0.05$) were performed between the observed and expected values.

Person Chi-square tests on the phenotypic variables were used to test two hypotheses (H_0 and H_1) to ensure the panmictic equilibrium of the sample used.

H_0 = the Hardy-Weinberg population of blood donors at Korhogo's National Blood Transfusion Centre follows the Hardy-Weinberg law.

H_1 = the blood donor population of Korhogo's National Blood Transfusion Centre does not adhere to the Hardy-Weinberg law.

3 RESULT

3.1 DISTRIBUTION OF SOCIO-CULTURAL DATA

Men outnumbered women in the donor population studied, accounting for 92.25 % vs 7.57 %. The majority of the donors (48.10 %) were between the ages of 18 and 30. They were followed by adults aged 31-50 years (46.04 %) and donors aged 51 and up (46.04 %) (Table 1). 71.82 % of these donors are Muslims. Akan, Gur, Mandé, and Krou made up 7.57 %, 61.06 %, 26.36 %, and 0.57 % of donors, respectively (Table 1).

Table 1. Distribution of CNTS donors in Korhogo according to sociological variables

Variables	Modality	Number observed	Percentage (%)	Test χ^2
Gender	Men	583	92.25	P = 0.0001 ***
	Women	49	07.75	
Ethnic group	Gour	404	63.92	P = 0.0001 ***
	Akan	50	07.91	
	Mandé	173	27.37	
	Krou	5	00.79	
Religion	Muslim	446	70.57	P = 0.0001 ***
	Christiane	157	24.84	
	Animist	29	04.59	
Age group	Adults	291	46.04	P = 0.0001 ***
	Young	304	48.10	
	Old	37	05.86	

*** The test is highly significant with $P < 0.001$

3.2 PHENOTYPIC DISTRIBUTION OF BLOOD SYSTEMS IN DONORS

3.2.1 ABO SYSTEM AND RHESUS FACTOR

The study sample included people of the ABO system's four (4) different phenotypic groups. Blood group [O] had the highest proportion of donors with 46.52 %, followed by blood groups [B], [A], and [AB] with 28.80 %, 19.62 %, and 5.06 %, respectively (Figure 3). This repair is unaffected by other variables such as ethnicity or gender (Table 2). The [O] phenotype appears to be more common in men (46.65 %) and women (44.90 percent), but this difference is not statistically significant (Table 2). The two phenotypes were represented in the donor population in unequal proportions, with the positive rhesus ([RhD⁺]) accounting for 92.72 % and the negative rhesus ([RhD⁻]) accounting for only 07.28 % (Figure 4).

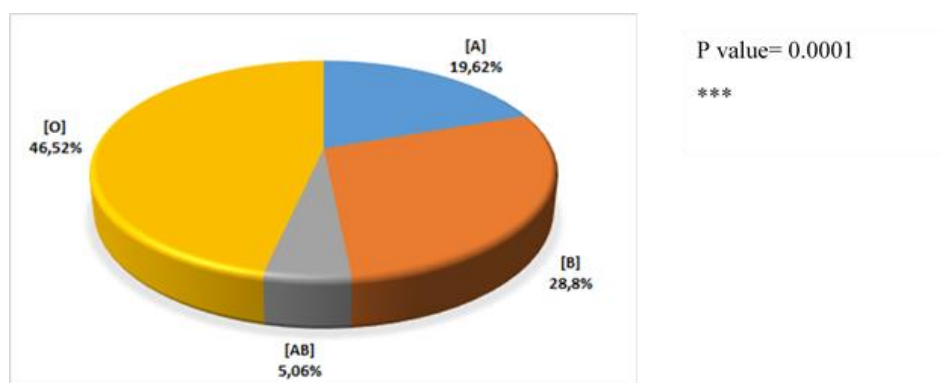


Fig. 3. Proportions of ABO blood groups in donor population



Fig. 4. Proportions of Rhesus Rh (D) factors in donor population

This distribution was unaffected by the donor's ethnicity, religion, or gender (Table 2). Nonetheless, men had a Rh⁺ positive rate of 92.97 %, while women had a rate of 89.80 % (Table 2).

Pearson's chi-square test ($P < 0.05$) revealed that no variables influenced the blood group distribution in the donor population (Table 3).

3.2.2 RELATIONSHIP BETWEEN THE ABO SYSTEM AND THE RHESUS FACTOR

Rhesus (D) factor positivity is prevalent (92.68 %) in the Korhogo CNTS donor population. There were more rhesus-positive than rhesus-negative people regardless of donor group (Table 4), but this distribution was unchanged by blood groups according to the Pearson Chi-square test ($P < 0.05$).

3.3 A, B, O, RH+ AND RH- ALLELE FREQUENCIES

Alleles A, B, and O were found in the sample at frequencies of 0.186, 0.132, and 0.682, respectively. In this donor population, the O allele was relatively common (68.2 %) (Table 5). The frequencies of the Rh⁺ and Rh⁻ alleles were 0.73 and 0.27, respectively. This population had a high rate of the Rh⁺ allele (Table 5).

Table 2. Phenotypic distribution of the ABO system and the Rhesus factor of blood donors of the Korhogo CNTS

		Groupes ABO				Facteur Rh	
		A	AB	B	O	Rh+	Rh-
Gender	Men	19.73	5.15	28.47	46.65	92.97	07.03
	Women	18.37	4.08	32.65	44.90	89.80	10.20
Religion	Muslim	24.03	04.65	31.78	39.53	93.02	06.98
	Christiane	18.60	05.00	27.80	48.60	92.80	07.20
	Animist	00.00	33.33	66.67	00.00	66.67	33.33
Ethnic group	Gour	14.00	02.00	32.00	52.00	92.00	08.00
	Akan	19.80	05.45	27.47	47.28	92.72	07.28
	Mandé	40.00	00.00	40.00	20.00	100.0	00.00
	Krou	20.23	05.20	30.64	43.93	92.49	07.51
Age group	Adults	24.20	02.55	31.85	41.40	94.27	5.73
	Young	17.71	5.83	27.58	48.88	92.38	07.62
	Old	24.14	06.90	31.03	37.93	89.66	10.34
Total		19.62	5.06	28.80	46.52	92.72	07.28

Table 3. Effects of sociocultural variables on blood group distribution among blood donors of the Korhogo ($P < 0.05$)

System	Variables	χ^2 test	P value	Significance
ABO	Religion	8.882	0.228	NS
	Age group	3.278	0.579	NS
	Ethnic	3.071	0.795	NS
	Gender	0.023	0.930	NS
Rh (D)	Religion	1.039	0.595	NS
	Age group	0.955	0.620	NS
	Ethnic	0.451	0.929	NS
	Gender	0.674	0.412	NS

NS = Non-Significant at 5%

Table 4. Distribution of Rhesus factor proportions according to ABO blood types

Groups	[Rh ⁻]	[Rh ⁺]	Total	Chi-square test
[A]	5,65 %	94,35 %	100 %	P = 0,350
[AB]	3,12 %	96,88 %	100 %	
[B]	6,04 %	93,96 %	100 %	
[O]	9,18 %	90,82 %	100 %	NS
Total	7,28 %	92,72 %	100 %	

NS: Non-Significant at 5 %

Table 5. Allelic frequencies of the ABO system and Rhesus factor of blood donors

Alleles	Theoretical frequencies	Calculated frequencies
A	$p = 1 - ([O] + [A])^{1/2}$	0,186
B	$q = 1 - ([O] + [B])^{1/2}$	0,132
O	$r = ([O])^{1/2}$	0,682
Total	632	1
Rh ⁺ (D)	$s = 1 - (Rh^-)^{1/2}$	0,74
Rh ⁻ (d)	$t = (Rh^-)^{1/2}$	0,26
Total	632	1

3.4 ABO AND RH (D) BLOOD SYSTEM GENOTYPIC FREQUENCIES

The allelic frequencies of each blood system were used to estimate the expected frequencies. lists the various genotypes and their frequencies. The OO genotype has a frequency of 0.465, which is 0.035, 0.254, 0.017, 0.180, and 0.049 higher than the AA, AO, BB, BO, and AB genotypes.

For the Rhesus factor, the genotypes Rh+Rh+, Rh+Rh-, and Rh-Rh- are reflected by frequencies of 0.533, 0.073, and 0.394, respectively. The number of donors of these various genotypes was also estimated (Table 6).

Table 6. Genotype frequency distributions of the ABO system of blood donors

Genotypes	Theoretical frequencies	Calculated frequencies	Calculated numbers
ABO system			
AA	p^2	0.035	22
AO	$2pr$	0.254	160
BB	q^2	0.017	11
BO	$2qr$	0.180	114
OO	r^2	0.465	295
AB	$2pq$	0.049	31
Total	1	1	632
Rhesus factor			
Rh ⁺ Rh ⁺	s^2	0.533	337
Rh ⁺ Rh ⁻	t^2	0.073	46
Rh ⁻ Rh ⁻	$2st$	0.394	249
Total	1	1	632

p, q, r, s and t represent respectively the allelic frequencies of A, B, O, Rh + and Rh-

3.5 PANMIXIA

Both blood systems accepted the hypothesis that this population follows Hardy-law. Weinberg's (Table 7).

Table 7. Distribution of blood donors ABO phenotypic numbers

Phenotypes	Theoretical numbers	Calculated numbers	Observed numbers	Chi-square calculated
ABO system				
[A]	(P^2+2pr)	182	182	0.000
[B]	(q^2+2qr)	125	125	0.000
[AB]	$(2pq)$	31	31	0.000
[O]	(r^2)	294	294	0.000
Total	1	632	632	0.000
Rhesus factor				
[Rh+]	$s^2 + 2st$	582	586	0.043
[Rh-]	t^2	50	46	0.320
Total	1	632	632	0.363

ABO system $\alpha = 0.05$ $df_1 = 6-3 = 3$ $\chi^2_{cal_1} = 0.000$ $\chi^2_{read_1} = 7.82$

Rhesus Factor $\alpha = 0.05$ $df_2 = 3-2 = 1$ $\chi^2_{cal_2} = 0.363$ $\chi^2_{read_2} = 3.84$

$\chi^2_{cal} < \chi^2_{read}$ then H_0 is accepted and H_1 rejected.

4 DISCUSSION

Men outmatched women in this Korhogo blood donor population. This result is due to the characteristics repair of the Ivorian population, which shows a predominance of men, according to the 2014 general census [4]. Furthermore, the highly active maternity situation of women aged 31 to 50 could explain this result. To begin, a population dominated by young people can explain the high frequency (48.10 %) of young people. In fact, according to the most recent general census in Côte d'Ivoire [4], young people under the age of 35 account for 77.30 % of the Ivorian population. The tendency of adults (31 to 60 years old) to donate blood in order to save lives and benefit from a health check-up provided by the CNTS justifies their interest in giving blood. Donors over the age of 60 have a low frequency because they are a smaller proportion of the population and rarely exceed 3 % [4]. These people have health issues as well, and the age limit for donating blood is 65 years [8]. A study on blood donors by age group in Guinea, which shares a border with Côte d'Ivoire, revealed similar results. The same order of predominance of the age groups 18-30, 31-50, and over 50 was observed, with frequencies of 45.5 %, 42 %, and 12.5 % respectively [9]. According to religion, the repair of blood donors revealed that the Muslim religion is dominant in this area, with a rate of 70.57 %. This rate is due to the study area (Poro Region in northern Côte d'Ivoire), where the majority of the population practices Islam [10]. The Christian religion has a presence of 23.79 %, which is justified by the presence of some halogen peoples in this region as well as the interest of some natives in practicing this religion. With a frequency of 4.39 percent, animists are few in number. In fact, this is one of the ancestors of the population studied's first and earliest religions [10]. It is declining because the presence of new religions established in the study area is having a significant impact on it. This was also observed by the Atef Omas Foundation [11]. Gour is the most commonly represented ethnic group regardless of blood group (61.06 %). Indeed, Sénoufo and its various subgroups comprise the large Gour ethnic group (Lobi, Camara, Nafara, Djamala). Furthermore, Korhogo is the capital of the Sénoufo (indigenous) Gour region. Dulat *et al.* [12] discovered a high presence of Senufo in this Poro region in a similar study in Côte d'Ivoire.

The phenotypic distribution of ABO among donors in this population was 46.52 %; 28.80 %; 19.62 %; and 5.06 % for groups O, B, A, and AB, respectively. According to the chi-square test results, this distribution resembles the normal distribution of a natural population in Hardy-Weinberg equilibrium. Korhogo blood donors would come from a non-inbred population. Group O has the highest representation (64.51 %), while group AB has the lowest (5.15 %). Many other studies have found this order of predominance, such as Alla [13] in Côte d'Ivoire, who found 49 % group O, 24 % group B, 22 % group A, and 5 % group AB. The phenotypic distribution of blood donors from groups O, B, A, and AB in Abidjan revealed a similarity with frequencies of 50.97 %, 23.18 %, 21.73 percent, and 4.12 %, respectively [14]. Oumou [15] observed the same thing in Mali, with frequencies of 45.70 % group O, 24.50 % group B, 24 % group A, and 5.80 % group AB. Similar studies in most West African countries reveal the same distributions. In Guinea, for example, blood groups O, B, A, and AB are distributed at 48.88 %, 23.86 %, 22.54 %, and 4.72 %, respectively [9]. In Burkina Faso, the distribution was 51 percent group O, 23 % group B, 19 % group A, and 7 % group AB [16]. According to Anifowoshe *et al.* [17], these proportions are similar to those found in Nigeria (52.93 %; 22.77 %; 20.64 %; and 3.66 %).

The distribution of ABO system antigens in Côte d'Ivoire differs from that of European countries. In France, for example, group A is the most common, accounting for 45 % of the population, followed by group O (43 %), group B (9 %), and group AB ([18], [13]). Mainfray [19] discovered a 44 % predominance of group A in Brittany, followed by 42 % of group O, 10 % of B, and 4 % of AB. In Switzerland, the A phenotype is the most prominent (47.12 %) in a Swiss military population, followed by groups O, B, and AB, which have proportions of 39.5 %, 9.1 %, and 4.1 %, respectively [20]. The human population of different regions of the globe, as well as different migratory flows, would influence this repair, which varies from continent to continent. The phenotypic distribution at the Rhesus factor level reveals that the majority of this population is D antigen or Rhesus positive (Rh⁺). Other similar studies have yielded similar results of 92.95 % Rh (D⁺) and 7.05 % Rh negative ([14], [16], [1], [19]). The results of this study differ from those of Oukaci [21], who discovered more people (30.36 %) with negative rhesus in the population of the Algerian Wilaya of Bejaa. Korhogo's population is more likely to avoid haematological anti-D accidents than the Wilaya of Bejaa's population. The genotypic and phenotypic frequencies of the ABO systems and Rhesus factors do not differ significantly by sex, region of origin, or ethnic group. They are similar to the various studies conducted by Loua *et al.* [9] in Guinea, where sociological variables had no effect on the genetic distribution of the ABO system.

At the 5% significance level, the frequencies of the A, B, and O alleles in the Korhogo blood donor population were 0.13, 0.19, and 0.68, respectively. The results of the study of this study are consistent with previous research conducted at the Abidjan Blood Transfusion Centre (Côte d'Ivoire) by Ouédraogo *et al.* [14] and confirm the predominance of the O allele, followed by the B allele and the A allele, with proportions of 0.71, 0.15, and 0.14, respectively. In contrast to this finding and that of Ouédraogo *et al.* [14], Tahria [22] found that the A, B, and O alleles had frequencies of 0.24, 0.13, and 0.63 in Algeria. According to Tlamçani [23], the allele frequencies for O, A, and B were 0.71, 0.18, and 0.11, respectively, in Western Morocco. These findings indicate that the O allele is more common in African human populations than in Europe, where allele A is more common. The expected genotypes were AA, AO, BB, BO, OO, and AB, with frequencies of 0.02, 0.18, 0.05, 0.23, 0.47, and 0.04 respectively. These frequencies are similar to those obtained by Ouédraogo *et al.* [14] in Abidjan. Tahria's [23] observations, however, differed from those in Korhogo. The variation in the frequencies of the A, B, and O alleles in each country is what distinguishes them.

5 CONCLUSION

The genetic frequencies (phenotypic, allelic, and genotypic) of donors in the Poro region have been determined through the study of ABO and Rh (D) blood system polymorphism. Although there are minor differences, the distribution of these gene frequencies is similar to that found in other regions of Côte d'Ivoire.

These findings will aid in the strengthening of regional blood system databases in order to improve the supply of blood and blood products. These two systems' genetic structure is similar to that of West African countries, allowing for integrated management of sub-regional blood structures.

This distribution differs from that of Caucasian populations in Europe, indicating a structuring in relation to different geographical regions of the world.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the National Blood Transfusion Centre for allowing blood to be collected from donors and for agreeing to determine donor groups in its laboratory at the Regional Hospital Centre of Korhogo. In addition, students and researchers from Peleforo Gon-Coulibaly University contribute.

INTERESTS CONFLICT

Because all of the authors contributed equally to the design, execution, completion of work, and framing of the manuscript, there is no conflict of interest to be declared.

REFERENCES

- [1] Ziani S, & Sahnoune ME. Analyse comparative de la distribution des fréquences génotypiques et alléliques des systèmes sanguins ABO et Rhésus dans différentes localités d'Algérie. Mémoire de master. Université Abder Rahmane Mira de Béjaïa, 78 pages. 2017.
[Online] Available: <http://www.univ-bejaia.dz/xmlui/handle/123456789/4646>.
- [2] Lefrère JJ, Berche P. Karl Landsteiner découvre les groupes sanguins. Transfusion clinique et biologique. 2010 Feb 1; 17 (1): 1-8.
- [3] Kéita SFM. Etude de la répartition des antigènes des systèmes érythrocytaires ABO et Rhésus chez les donneurs reçus au centre national d'appui à la lutte contre la maladie. Thèse en pharmacie. Bamako: faculté de médecine, de pharmacie et d'Odonto-Stomatologie; 2010. 96 pages.
[Online] Available: <http://www.keneya.net/fmpos/theses/2010/pharma/pdf/10P29.pdf>.
- [4] Institut National de Statistique. Recensement General de l'Habitat et de la Population. Rapport d'activité; 2014.
[Online] Available: <https://www.ins.ci/>.
- [5] Sébastien F. Cours d'Immuno-Hématologie: Groupe sanguin. 2018.
[Online] Available: <https://www.ch-carcassonne.fr/imgfr/files/ImmunoHematologieDrFLAVIER2018M2.pdf> 37p.
- [6] Landsteiner K, and Wiener AS. An agglutinable factor in human blood recognized by immune sera for rhesus blood. Proc. Soc. Exp. Biol; 1940. 43, 223.
- [7] Hardy G H. Mendelian proportions in a mixed population. Science; 1908. 28 (706), 49-50.
[Online] Available: <https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/science.28.706.49>.
- [8] SENAT. Relèvement de la limite d'âge en matière de don du sang en France, Journal Officiel Sénat du 03/12/2020 - page 5738.
- [9] Loua A, Lamah M R, Haba NY, Camara M. Fréquence des groupes sanguins ABO et rhésus D dans la population guinéenne. Transfusion clinique et biologique; 2007. 14 (5), 435-439.
[Online] Available: <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2007.12.008>.
- [10] Coulibaly N. L'influence de la culture mandingue à travers le processus d'islamisation de la société senoufo de Côte d'Ivoire, des origines à nos jours. Revue Africaine d'Anthropologie, Nyansa-Pô, n° 10 – 2010.
[Online] Available: http://www.revues-ufhb-ci.org/fichiers/FICHIR_ARTICLE_1456.pdf.
- [11] Fondation Atef Omaïs. La Ville de Korhogo Croyances et Religion à Korhogo. Copyright Fondation ATEF OMAÏS; 2017.
[Online] Available: <http://akwaba.fatom.org/region1/korhogo.php>.
- [12] Dulat C, Rey JL, Trolet C. Répartition ethnique des groupes sanguins en Côte d'Ivoire. Médecine d'Afrique Noire, 1989. N°31.336 e*1. Cote: B, 6 pages. [Online] Available: <https://www.researchgate.net/publication/32981977>.
- [13] Alla KR. Manuel national de transfusion sanguine. Volume I: transfusion des globules rouges chez l'adulte et l'enfant en Côte d'Ivoire. Edition et communication: Achievé d'imprimer sur les presses de Edicom-sarl pour le compte du Centre National de Transfusion Sanguine. Mise en page et couverture: Adiaffi Olivier 07 05 73 99. Dépôt légal éditeur en cours 3ème trimestre 2007. 109 pages.
- [14] Ouédraogo A., Siransy L. Distribution géographique des groupes sanguins ABO et Rhésus en Côte d'Ivoire. Thèse. Université Félix Houphouët-Boigny > Thèses et mémoires UFHB > Mémoires UFHB, Bibliothèque Virtuelle de l'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique. 2010.
[Online] Available: <https://inveniov1.uvci.edu.ci/record/10155>.
- [15] Oumou Traoré. Phénotype érythrocytaires dans les systèmes de groupes sanguins immunogènes chez les donneurs de sang de Bamako. Mémoire pour l'obtention du grade de Docteur en Pharmacie. Diplôme d'Etat; 2002.
[Online] Available: <http://www.keneya.net/fmpos/theses/2002/pharma/pdf/02P43.pdf>.
- [16] Martin KT. Etude des caractéristiques démographiques et hématobiologiques des donneurs de sang de la banque de sang du centre hospitalier national Yalgado Ouedraogo [thèse]. Burkina faso: Université de ouagadougou. 108p; 1998.
[Online] Available: http://bibliovirtuelle.u-naziboni.bf/biblio/opac_css/docnume/unb/FSS-1998-TAI-ETU.pdf.
- [17] Anifowoshe AT, Owolodun OA, Akinseye KM, Iyiola OA, & Oyeyemi BF. Gene frequencies of ABO and Rh blood groups in Nigeria: A review. Egyptian Journal of Medical human genetics, 2017. 18 (3), 205-210.
- [18] Said N, Ahmed FB, Doghri A, Ghazouani E, Layouni S, Gritli N et al. Polymorphisme ABO dans une population de donneurs de sang tunisiens. Transfusion clinique et biologique; 2003 10 (5), 331-334.
[Online] Available: [https://doi.org/10.1016/S1246-7820\(03\)00100-9](https://doi.org/10.1016/S1246-7820(03)00100-9).
- [19] Mainfray A. Recherche de corrélation entre groupes sanguins dans les systèmes ABO-Rhésus et pathologies au CHU Sao Polo, Brésil. Recherche en Soins Infirmiers; 1990. 20, 32p.

- [20] Volken T, Crawford RJ, Amar S, Mosimann E, Tschaggelar A, & Taleghani BM (2017). Blood group distribution in Switzerland-a historical comparison. *Transfusion medicine and hemotherapy*, 44 (4), 210-216.
[Online] Available: <https://doi.org/10.1159/000479191>.
- [21] Oukaci S, and Sahnoune E. Analyse de la variabilité des fréquences génotypiques et alléliques des systèmes sanguins ABO et Rhésus en relation avec le diabète et l'hypertension artérielle dans la population humaine de la wilaya de Béjaïa. 2016.
[Online] Available: <http://www.univ-bejaia.dz/xmlui/handle/123456789/10253>.
- [22] Tahria Deba. Etude du génotype du système ABO dans la population de l’ouest Algérien. Thèse de doctorat des sciences médicales. Université d’Annaba. Faculté de médecine. 2017. 153p.
[Online] Available: <https://theses.univ-oran1.dz/document/1012017003t.pdf>.
- [23] Tlamçani Z. Les fréquences phénotypiques et génotypiques des systèmes ABO, Rh et KELL dans la population marocaine. Mémoire pour l’obtention d’un diplôme national de spécialité en analyses biologiques médicales année; 2011.

Impact of TIKTOK And snackvideo Apps on Social, Psychological, Educational State And on Moral and Ethical Values Among Teenagers and Youth in Pakistan

Afshan Qureshi

Scholar of Sociology, Bahauddin Zakaria, University, Multan, Pakistan

Copyright © 2022 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: By a new trend of Media; a short time video is being made on Tiktok and snackvideo App and having a gigantic effect on social, moral, psychological and educational status among teenagers and youth.

Aims and objectives: Aim of the study was to be determined the causes of using Tiktok and snackvideo Apps and its effect on moral values, academic performance and on psychological status.

Material and Methods: A Qualitative Descriptive Study and used multidimensional data for knowing the effect of Tiktok and snackvideo Apps on behavior, educational status, moral and social values. Non-Probability Sampling was performed on the basis of self-selection.

Result and Conclusion: Based on findings of Current study, it can be concluded that despite performing well on tiktok and snackvideo apps; moral and ethical values, educational skills and psychological status are deteriorated among teenagers and youth day by day.

KEYWORDS: Media, apps, Social, Moral values, psychological state, academic performance, teenagers and youth.

1 INTRODUCTION

Media is playing an indispensable role in shaping teenagers and youth behavior. There are a lot of communicating apps on internet which played well with socialization like Facebook, Twitter, Netflix, Youtube, Instagram, Snapchat, Pubg, We-Chat, Whatsapp etc; like these apps, today, Tiktok and Snackvideo Apps are most popular among teenagers and youth and are used for the purpose of entertainment, for reshaping experience of learning and creative skills and for the motive of making followers and getting fame which propelled them in fake world; having a gigantic impact on moral values, educational grades and on mental health and originate the issue of generation gap.

2 REVIEW OF LITERATURE

Xinglu, et al. (2019), clarified in his article that the explosion of Short Videos sharing Mobile Applications by Tiktok and Snack Video APPS; these are new customs of entertainment, information, allocating ideas and performs, efforts to demonstrate their talents, acting on short clips, singing and rehearsal is done on daily basis. Lots of people are moving ahead to watch live streams and short videos. Jiang (2019), narrated in his article that these apps are based on user's experiences, choices and these apps are fulfilled the requirements of audiences and to accomplish your goals. Neil (2020), explore about these apps which are becoming the platforms of competition; one and all try to give their best and try to reach 300 to 500 million followers. Irfan, et al, (2020) enlightened that now-a-days, these apps are becoming the source of complexes like superiority and inferiority complexes, beauty complex etc among teenagers and youth. Bessinger, et al (2004) tried to explore in their article that media is using a variety of channels for spreading their communicated messages through broad casting to change the behavior of people or youth and it is the most effective way to change the belief patterns, attitude, knowledge and behaviors. There are many apps on media which are used to reach a large audience and helps to expand their messages which have both positive and negative effects. Delaney, et al, (2020) stated that these apps are using for entertainment which consume time, for example, if you are going to use it just for 5 minutes it takes 45 minutes so that's why learning skills are mostly effected students don't focus on their studies and having a huge impact on education and on their exam grades. Qureshi, (2019) throw a light on negative effects of media among our teenagers and youth are generation gap, to tell lie for their personal benefit, bunking of classes, promotion of injustice, exploit other people, aggression, to learn how to play games with others and commit an organized crime, violation and obliterated the norms and values of our culture and adoption of western culture and many more. Gween, et al, (2011) expounded in her article that lots of apps on media leads to amplified aggressive and depressive behavior among teenagers and youth.

3 HISTORY OF TIKTOK AND SNACKVIDEO APPS

	Tiktok	Snackvideo
Chinese Name	Douyin	Kuaishou
Name's Meaning	Shaking Sound	Quick Hand
Type	Public Company	Public Company
Industry	Internet	Internet
Founder Name	Zhang Yiming	Su Hua
Founded	September, 2016	March, 2010
Developers	Bytedance	Bytedance
Headquarter	Beijing, China	Beijing, China
Revenue	\$128 million (January, 2021)	US \$9.1 Billion (2020)
Users	Over 2 Billion	Upto 200 million
Firstly banned these Apps	China	China
Cause of banned	Feminine Behavior Unhealthy Feminie Male Culture (Lack of Masculine Authority)	CCTV Reported on Platform Popularizing Videos of Teenage Mothers
Banned these Apps in other Countries and their cause	1-Us → (1) Donald Trump, Political And Economic Issues (2) Citing Threats To Users Privacy And Security Posed By Its Chinese Ownership 2- India → (1) Privacy Issues (2) Pornography (3) Recent Boarder Issues Between India And China (4) Political Issues (Bycott China → movement in India due to competitive relation between two countries) 3- Indonesia, Bangladesh and Pakistan → thought to be obscene, immoral, vulgur and Encouraging of Pornography	India → (1) Privacy Issues (2) Pornography (3) Recent Boarder Issues Between India And China (4) Political Issues (Bycott China → movement in India due to competitive relation between two countries)

4 PURPOSE OF THE STUDY

Reaching from a few seconds to a few minutes, short videos has the experience of learning and creative skills by granting prosperous instrumental material and comments on material which provide a fake fame for just some seconds and tiktokers feel a spirit of hero and also working on snackvideo App through which leave a bad impact on health of teenagers and youth turn out to be a well-liked figure of learning and sharing creative skills such as acting, singing, drawing, photography, crafting. Short videos in social media platform are reshaping mental health and generation gap is creating between them, moral values are declining day by day which creating depression and aggressive behavior between them.

- 1- To explore the causes of using Tiktok and snackvideo Apps by people.
- 2- To find out the ways of using Tiktok and snackvideo Apps.
- 3- To explore the time of using or uploading videos on Tiktok and snackvideo Apps.
- 4- To analysis the content of dressing style among teenagers and youth on Tiktok and snackvideo Apps just for the purpose of fake fame.
- 5- To see the negative social and moral impacts on teenagers by using Tiktok App and snackvideo App.
- 6- To explore the negative impact on psychological health by using Tiktok App and snackvideo App.
- 7- To analysis the ways how teenagers move forward from Tiktok to Instagram App for getting the purpose of Modeling for fake fame.
- 8- To explore the reactions of commenters on short videos.
- 9- To find out the reaction of Tiktokers and Snackers on comment sections.

5 RESEARCH METHODOLOGY

The researcher used qualitative research designs and use multi-dimensional data for research process. Universe/population of the present study comprised of all those boys and girls who are using Tiktok app and snackvideo App for the purpose of Acting and Modeling. Researcher used non-probability sampling on basis of self-selection and selected those cases who are most familiar under audience.

8 boys and 8 girls were selected to check their moral values from the student of Matric, intermediate and B.S for checking their moral values, (researcher added a case on facebook and give them different tasks on messenger and check through different parameters on his other friend's cases), dressing content and their reactions and behaviors on same theme videos and checked mentally state of these cases on different parameters and also checked their timing to spend on Tiktok App. This study was totally depended on participant and silent observation. It was necessary to select the respondents purely on the basis of special purpose which the researcher had in her mind and also applied all these data on snackvideo App and found same results.

HYPOTHESIS

- 1) Greater intensity of using Tiktok App and snackvideo App, performance on platform and declining moral values among teenagers and youth.
- 2) Greater intensity of using Tiktok App and snackvideo App, performance on platform and the behavior of teenagers will be more affected.
- 3) Greater the intensity of using Tiktok App and snackvideo App and performance on platform; the academic performance of teenagers will be more affected.

6 CASE STUDIES

6.1 PURPOSE OF USING TIKTOK APP AND SNACKVIDEO APP

Mostly teenagers are using Tiktok App and snackvideo App for the purpose of Acting, modeling, dancing, singing, showing beauties, trendy fashion, funny clips, beauty tips, information seeking, to teach different languages, cooking and preaching different religions.

6.2 WAYS OF USING TIKTOK APP AND SNACKVIDEO APP

- 1) To make short clips of movies
- 2) To make slow-motion on different songs
- 3) To use different effects for making their videos more contestable.
- 4) Try to show the concept of ugliness to beauty.
- 5) To make funny clips.
- 6) Mostly teenagers try to use trendy clothes to show off that they are modern.
- 7) Some teenagers use quotations, ahadis, verses and try to preach about a measureable life style according to religions.
- 8) To utilize for the purpose of beauty tips.
- 9) To bring into play for cooking recipes.
- 10) To make use of the purpose of teaching different languages.

6.3 TIMING TO SPEND/MAKING VIDEOS ON TIKTOK APP AND SNACKVIDEO APP

Mostly teenagers make 9 to 15 videos on daily basis on different times. According to some cases, some participant uploaded 3-5 videos on 09.00 to 12.00 A.M., 6-10 videos at the time of 02.00 P.M to 05.00 P.M and 11-15 videos uploaded at 8.00 o'clock to 11.00 Pm.

6.4 AVERAGE AGE OF TIKTOKERS AND SNACKERS

The average age of mostly Tiktokers and Snackers was being about 14 to 25.

6.5 CURRENT EDUCATION STATUS OF TIKTOKERS AND SNACKERS

Mostly Tiktokers and Snackers who are using these apps belong to 6th standard to intermediate and of B.S students.

6.6 DECLINING MORAL VALUES

There are many moral values which are deteriorative by Tiktok and snackvideo Apps among teenagers and youth. Some are under below.

- 1) Do not think before speak.
- 2) Do not comprehend the actual state of life and act like hero or heroine for handling situation. If they couldn't control then they abruptly become aggressive and behave violently.

- 3) Not known the actual meaning of Hollywood and Bollywood songs and dialogues which have worse impact on the actual state of mind of teenagers and youth.
- 4) Generation gap: To stick with these Apps and become isolated and not to spend time with your parents.
- 5) To make fun of others through duets.
- 6) Mostly use unethical words and cheap language (especially for women).
- 7) Do not respect the women.
- 8) Showing the wrong concept of girls or women as a sign of beauty, not a successor and of respect.
- 9) To give abuses to girls and women.
- 10) To make videos on Tiktok and snackvideo Apps while driving just for the purpose to make trendy videos.
- 11) Kids are initiating like actors which is hazardous for their mental growth.
- 12) To show the girls or women as a symbol of deceivers.
- 13) Spread the wrong concept of cheating in love among teenagers.
- 14) Erroneous notion of suicide due to deceive in love among teenagers and youth.
- 15) Worst perception to use alcohol on breakup among teenagers and youth.
- 16) Broaden the term of psycho lovers and cheating and shoot by gun to other person.
- 17) Worst perception of B.F and G.F among teenagers.
- 18) Wrong concept to leak information: if u talks to anyone in case of any topic then it spread in whole group.
- 19) Worst idea of gangster (a member of a gang of violent criminals).
- 20) Nastiest perception shooting by gun among teenagers.
- 21) The circulation of pornography on platform of Tiktok and exposure of children and teenagers to sensitive content.
- 22) Use of smoking to show as a sign of high status or highly standard of life among teenagers.
- 23) Wrong concept of how to cheat in exam.
- 24) Beauty Complex among teenagers and Youth.
- 25) Superiority and Inferiority Complexes among teenagers and youth.

6.7 DRESSING CONTENT

There are many Tiktokers and Snackers who are using Traditional Dressing Content; their purpose to show their tradition, some are using Western Dressing Content and there are many young girls and boys who are going totally against the culture using red jeans and shirts. There are many Tiktokers and Snackers who are wasting their time in changing 15-20 different colors shirts or hoddies in just one 15-30 second video for the purpose of fun and showing trend.

6.8 GENERATION GAP

Mostly teenagers don't spend their time with elders; whenever they became the victim of any intricacy then they always try to acquainted its way out through their age fellows and friends but don't take the opinion from their most experienced elders or teachers. Mostly our age fellows offer the suggestion according to their thinking patterns or experience which create a great reduction between generations. Today, Tiktok and snackvideo Apps are creating the subject of isolation among teenagers. In spare time, they always spend their time with their friends and want to make short videos on these Apps and they have no time for their elders which create a gigantic problem of generation gap among teenagers in our society.

6.9 DECLINING EDUCATIONAL SKILLS

Teenagers and youth are the sign of progress of any country and education is the door of knowledge which goes toward progress; but, mostly our teenagers spoil their time to make videos on Tiktok App, snackvideo App, or any other platform just for the purpose of competition or the fake fame which spoil their time and not so much time devote for studies and also not interested in getting knowledge; so, it is a root cause of declining educational standard or grades among teenagers or youth.

6.10 MOVE TOWARD IN THE WORLD OF INSTAGRAM

There are many teenagers and youth, who move toward from Tiktok App to the world of Instagram. This App is brought into play over 700 million users worldwide and topped in the catalog in terms of negative effects among boys and girls. This app is totally unrealistic; teenagers and youth compare themselves and try to see their image in unrealistic mirror by using largely curated, filtered and photoshopped versions of reality. Girls and boys are using filters just for the purpose of looking perfect. And as like thinking are also moved them in the world of modeling; which create a terrible impact on body image, self-identity, depression and anxiety.

6.11 CELEBRATION ON A FAKE SUCCESS

Whenever teenagers perceive about their followers that are reached 1 million then they understood it fake success to their actual success and then they started to work hard for making more videos and slow-motions and make their target to reach 3 to 4 million followers.

6.12 REACTION OF COMMENTER ON SHORT VIDEOS

There are many commenters on Tiktok App and snackvideo App who watch the videos of their fans and could not apprehend the actual meaning of their videos and make the mole of applauses without knowing the theme of their fake fans' videos that have right or wrong sense. They are also many commenters as like who want to teach their fans the precise distinctions between the right and wrong by their comments on these short videos and some commenters cannot bear some tiktokers' and Snackers fame among viewers or followers and they start to use their comments totally against them just for the case of jealousy and after this they start rivals with each-others.

6.13 REACTION OF TIKTOKERS AND SNACKERS ON COMMENT SECTION

Researcher noticed in mostly cases that some tiktokers and Snackers don't react on negative comments and feel happy on their appreciation and there are many cases are as like that they became personalized on negative comments and try to fight or beat others criticism and always want applauses from viewers.

6.14 NEGATIVE IMPACT OF TIKTOK AND SNACKVIDEO APPS ON PSYCHOLOGICAL HEALTH

Tiktok app and snackvideo app are having a worse impact on psychological health of teenagers and youth. Mostly teenagers and youth are becoming the victim of aggression because of using content of media they watch. It is narrated that mass media is also an agent of socialization and we communicate indirectly with these channels; so, as like erect our habbits and build up our personality. There are many Tiktokers and Snackers who made the videos on trendy songs and on Hollywood and Bollywood dialogues and then they start to implement on actual state of life and understood them like a hero or heroin and they apprehend the actual state of life like a movie when they couldn't handle any situation according to their own will then they start to become aggressive, fight with people, started to break things and try to tease to others just for the purpose to accept their wishes/will. The main problem between teenagers and youth is not to think before speak and this situation is also created problems for them.

Due to these apps; teenagers and youth are becoming the victim of diverse complexes as like beauty, inferiority, superiority etc. Which is moving toward depressive and aggressive behavior rapidly.

6.15 CONCLUSION

Mostly teenagers are using Tiktok and snackvideo App for intend of Modeling, Acting, Dancing, Singing and for many other grounds from 9.00 am to 12.00 pm. Mostly Young children are spending their time on these both apps for fake fame and their educational status are deteriorative. Generation gap is increasing day by day and these apps have a big hand in creating a long distance among children and elders. These both apps have a gigantic problem in decreasing moral and ethical values and having a great impact on psychological condition of teenagers and youth.

7 SUGGESTIONS

- 1- Saying that youth are the future of any country if it spoiled then the future of country would be in dark, so, Tiktok App and snackvideo Apps should be banned from Pakistan because these apps are spoiling our teenagers and youth.
- 2- There is need to be counseling of teenagers which are using Tiktok and snackvideo Apps and understood themselves as a main character or hero/heroin of life events and a successor of a fake world.
- 3- Try to make them apprehend the actual meaning of success.
- 4- Parents should have to take time for their children.
- 5- Parents should have to focus on their children religious activities.
- 6- Parents should have to strictly focus on academic career of their children.
- 7- Parents should stake out that what their children are watching on TV or using on internet if they are watching erroneous things then abruptly forbid them.
- 8- Parents should make a proper time table for their children that after studies they will watch TV or use internet from this to that time and keep a bird eye view that what they are watching or using.

- 9- Parents should try to involve their children in physical activities as like football, basketball or table tennis etc. Or on the basis of their personal interest such as painting or gardening etc. Due to as like activities, the health of children would be improved and they will be secured by erroneous effects of media and on the second hand the health of the children would be improved because we become the victim of many diseases while to spend all time to use TV or internet, so, the tendency of these diseases would be less.

REFERENCES

- [1] Bessinger, R., Katendeb, C. & Gupta, N. 2004. "Multi-media campaign exposure effects on knowledge and use of condoms for STI and HIV/AIDS prevention in Uganda", *Evaluation and Program Planning*; Volume No. 27, PP. 397–407.
- [2] Delaney, C. & Aaron, E. 2020. "TIKTOK: Wasting Time, Has Little to Offer But Distraction", <https://lhslance.org/6fc90>.
- [3] Gween S. O. K. & Kathleen C. P. 2011. "The Impact of Social Media on Children, Adolescents, and Families", *Official Journal of The American Academy and Pediatrics*. Volume No. 127, Issue No. 4, pp. 800 -804 doi: 10.1542/peds.2011-0054.
- [4] Irfan, S., Nasim, I., Majid, M. B., Mahmud, S. M. & Sabir, N. 2020. "TIKTOK Addiction & Its Disorder Among Youth of Pakistan", *Scholedge International Journal of Multidisciplinary And Allied Studies*. ISSN # 2394-336X, 7 (6): 140.
- [5] Jiang Xiao Yu, 2019. "Research on tiktok App Based on User Centric Theory", *Applied Science and Innovative Research*; Vol # 3, Issue # 1. www.scholink.org/ojs/index.php/asir.
- [6] Neil, 2020. "TIKTOK Summarized: Ads, Bloggers, Audience And Promotions", popsters.com/blog/post/tiktok-ads-bloggers-audience.
- [7] Qureshi, A. 2019. "Socio-Psychological Effects of Mass Media on Youth", *International Journal of Innovation and Applied Studies*; Vol # 26, Issue # 1, PP # 73-83.
- [8] Xing Lu & Zhicong Lu, 2019. "Fifteen Seconds of Fame: A Qualitative Study of Douyin, Short Video Sharing Mobile Application in China" *Social Computing and Social Media. Design, Human Behavior and Analytics*. Vol # 11578, PP# 233-244, DOI# 10.1007/978-3-

Conception et réalisation d'un laboratoire téléopérable intégrant des palettes de processus dynamiques accessible via une plateforme mobile

[Design and implementation of a teleoperable laboratory integrating dynamic process palettes accessible via a mobil platform]

Mendjemen Yamedjeu Bertrand, Paune Felix, and Kom Charles Hubert

Laboratoire de Génie Informatique et Automatique, Université de Douala, Cameroon

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this work, we propose a low-cost teleoperable laboratory architecture, in which we integrate a palette of dynamic processes accessible via a mobile platform. In the current health context, our goal is to promote learning in engineering in developing countries via remote laboratories with a low-cost architecture. In this architecture accessible via wifi on a mobile platform, we use an ESP32 microcontroller as master, an ESP-CAM for visual feedback on our processes and several ESP32 microcontrollers as slave depending on the number of processes on our palette. We have chosen the ARDUINO NANO microcontroller to manage each process of the pallet. To test our architecture, we have integrated a process of visualization of the curves of variation of the current and the voltage of the brushless direct current motor according to the speed level. Using experimental methods, the error variations between the values measured with the tachometer and those found by calculation are between 0.00094 and 0.0350. Thus, the PWM setpoint delivered by our architecture is indeed equivalent to the output speed.

KEYWORDS: Remote laboratories, ESP32, dynamic processes, ESP NOW, ARDUINO NANO, Experimental methods.

RESUME: Dans ce travail, nous proposons une architecture de laboratoire téléopérable à faible coût, dans laquelle nous intégrons une palette de processus dynamiques accessible via une plateforme mobile. Dans le contexte sanitaire actuel, notre but est de favoriser les apprentissages en ingénierie dans les pays en voie de développement via des laboratoires distants avec une architecture à faible coût. Dans cette architecture accessible en wifi sur plateforme mobile, nous utilisons un microcontrôleur ESP32 comme maître, un ESP-CAM pour le retour visuel sur nos processus et plusieurs microcontrôleurs ESP32 comme esclave selon le nombre de processus de notre palette. Nous avons choisi le microcontrôleur ARDUINO NANO pour gestion de chaque processus de la palette. Pour éprouver notre architecture, nous avons intégré un processus de visualisation des courbes de variation du courant et de la tension du moteur à courant continu brushless en fonction du niveau de vitesse. A l'aide des méthodes expérimentales, les variations d'erreurs entre les valeurs mesurées avec le tachymètre et celles retrouvées par calcul, sont comprises entre 0,00094 et 0,0350. Ainsi, la consigne PWM délivré par notre architecture est bien équivalente à la vitesse en sortie.

MOTS-CLEFS: Laboratoires distants, ESP32, processus dynamiques, ESP NOW, ARDUINO NANO, Méthodes expérimentales.

1 INTRODUCTION

De nos jours l'utilisation des laboratoires distants ou laboratoire téléopérable en ingénierie, est devenu une norme dans la pédagogie [1], [2]. Nous précisons que le concept de laboratoire distant se divise en deux catégories à savoir le laboratoire

distant réel virtuel et le laboratoire distant réel [3]. Comme exemple de laboratoires distants réel, nous avons le WebLab-DEUSTO de l'université de Deusto, qui est une plateforme qui a favorisé le déploiement plusieurs processus téléopérable distinct [2], [4], [5]. Nous avons également les laboratoires réels proposés par [6], [7] dans le domaine de l'ingénierie industrielle. La pluralité de ces laboratoires distant à amener le laboratoire REMLABNET à concevoir un système de gestion de plusieurs laboratoires distants dont l'architecture repose sur la communication plusieurs serveurs (serveurs de base de données, serveur de mesure, serveur [8], [9]. Dans la même logique, LABNET a également proposé une architecture qui permettrait d'unifier l'accès à plusieurs processus distants réels via un serveur. Au regard de ces différents travaux effectués, nous avons remarqué que tous ces laboratoires qui fédèrent les processus, sollicitent des matériels coûteux et consommant une grande quantité d'énergie électrique. En outre, à l'heure actuelle la pandémie Coronavirus (COVID-19) a obligé les universités à vulgariser les cours et les travaux pratiques en ligne [10], mais malheureusement cette pandémie a affaibli les économies des pays en voie de développement, plus précisément les pays africains [11], [12].

Dans le but de favoriser les apprentissages dans un laboratoire distant dans un contexte économique difficile afin d'offrir une alternative aux institutions éducationnelles des pays en voie de développement, nous proposons une architecture à faible coût dans laquelle nous intégrons une palette de processus dynamiques dans un laboratoire télé opérable. Dans la suite de notre document, nous présentons les outils et les technologies sollicités dans notre travail, ensuite nous procédons à la description de notre architecture suivie de la présentation des résultats obtenus. Nous clôturons notre document par une discussion et des perspectives sur les résultats obtenus.

2 MATERIELS ET METHODES

Nous présentons la conception de notre architecture, la modélisation de notre processus ainsi que les méthodes expérimentales mise en application.

2.1 SYSTEME PROPOSE

Le travail proposé ici, est inspiré des travaux REMLABNET, REMLABNET II, REMLABNET III. Dans l'ensemble, il s'agit de laboratoire télé-opérable permettant à des classes virtuelles d'effectuer des expériences depuis leur PC via des pages web (par exemple REMLABNET traite l'expérience à distance INCLINE pour l'enseignement de la mécanique et la formation des compétences pour l'expérimentation à distance et la construction d'expériences à distance [13]), l'expérience est construite sur le principe client-serveur et machines à états finis [13].

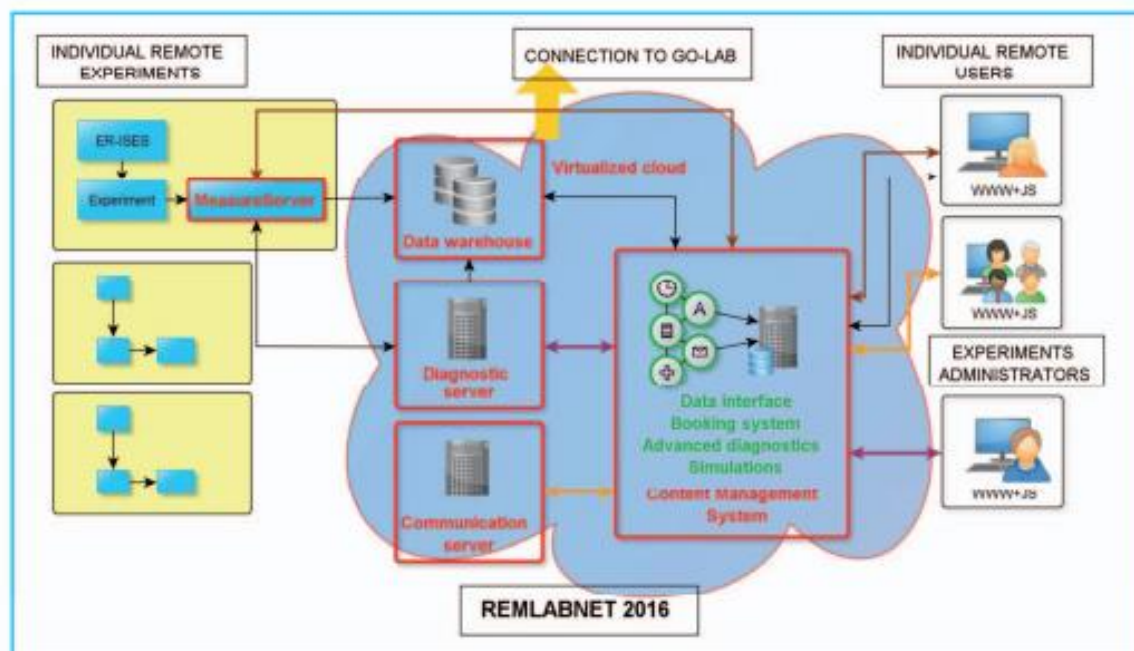


Fig. 1. Fonction mode 1 du REMLABNET INCLINE [13]

Sur cette image nous remarquons la présence de trois serveurs et une base de données, en tenant compte uniquement de ces détails, nous estimons déjà une très grande consommation en ressources énergétiques et en coûts financiers. Dans ce travail, nous allons proposer un laboratoire télé-opérable en local permettant aux étudiants au sein d'un campus universitaire de contrôler des processus. Pour pallier à la grande consommation de ressources citées plus haut, nous proposons un système centré sur l'ESP 32 qui coûte environ 17 \$USD, avec une très faible consommation en énergie électrique. La communication sera basée sur le protocole ESP-NOW, qui est propre à l'ESP 32, mais nous utiliserons un microcontrôleur Arduino Nano pour la gestion des processus et l'ESP CAM pour le retour d'image depuis le laboratoire.

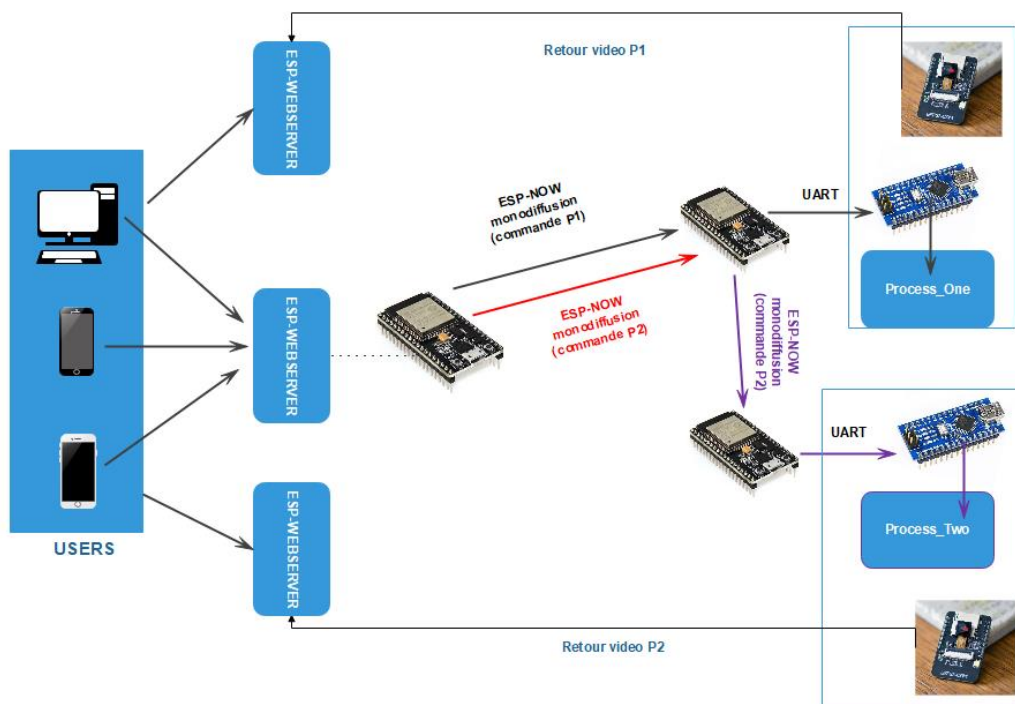


Fig. 2. Architecture du système proposé

2.2 CONCEPTION DE L'ARCHITECTURE

La conception du système est assez simple pour la chaîne allant de l'ESP web serveur vers les cartes ARDUINO responsable de la gestion des processus et les retours vidéo ESP-CAM. L'élément qui influence le choix du matériel est fortement basé sur le prix et la disponibilité dans les magasins locaux.

2.2.1 MODELISATION DU PROCESSUS

Etape importante car, il faudrait choisir un processus qui va permettre à l'étudiant d'obtenir des résultats efficaces en temps réel pour des éventuels recherches. Nous avons choisi le processus suivant: **Visualisation des courbes de variation du courant et de la tension des moteurs à courant continu en fonction du niveau de vitesse: cas d'un moteur brushless**. Le moteur «brushless», moteur sans balais, tire son nom par opposition au moteur à courant continu qui dispose de bobinages sur le rotor et nécessite un collecteur pour alimenter ces bobinages. Le moteur Brushless entre dans la catégorie des machines alternatives synchrones. Dans la figure 3, nous vous proposons un schéma de commande d'un moteur BRUSHLESS.

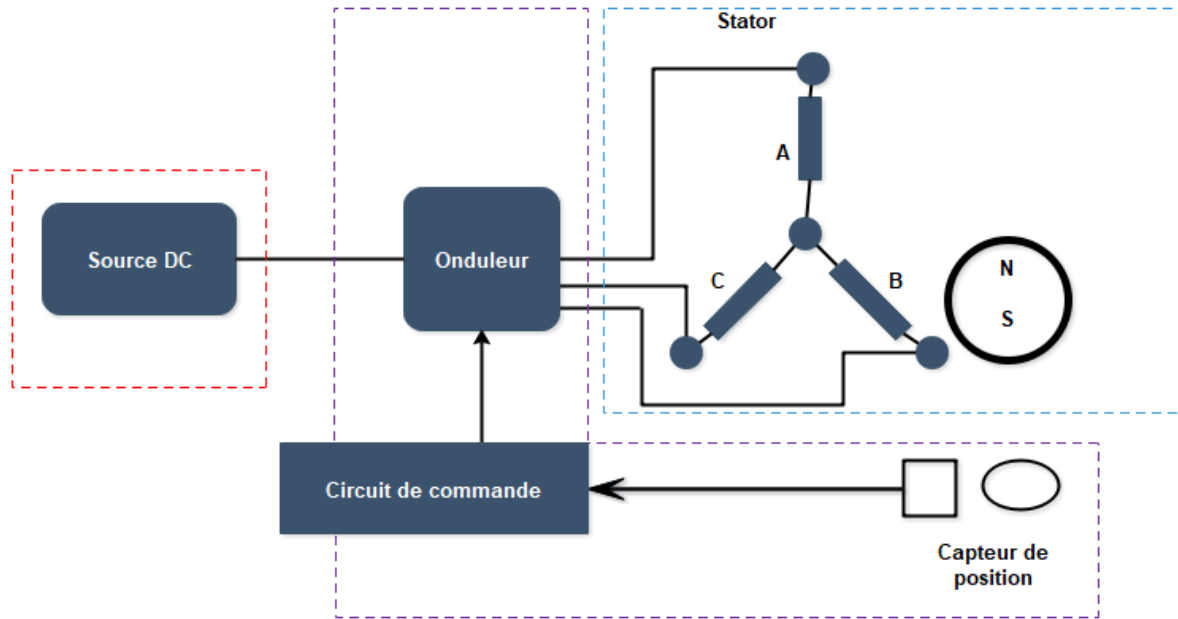


Fig. 3. Schéma de commande d'un moteur BRUSHLESS

Le moteur brushless fonctionne à partir de trois sources de tensions variables, fournies par un onduleur, et permettant de générer un champ magnétique tournant. Le rotor, généralement équipé d'un aimant permanent, tend à suivre le champ magnétique tournant. Les équations électriques régissant le fonctionnement d'un moteur BRUSHLESS sont les suivantes:

$$v_A(t) = R * i_A(t) + L * \frac{di_A(t)}{dt} + e_A(t) \quad (1)$$

$$v_B(t) = R * i_B(t) + L * \frac{di_B(t)}{dt} + e_B(t) \quad (2)$$

$$v_C(t) = R * i_C(t) + L * \frac{di_C(t)}{dt} + e_C(t) \quad (3)$$

Vu que le système est équilibré:

$$i_A(t) + i_B(t) + i_C(t) = 0$$

$$i_C(t) = -(i_A(t) + i_B(t)) \quad (4)$$

(4) dans (3) donne:

$$v_C(t) = -R * (i_A(t) + i_B(t)) - L * \frac{di_A(t)}{dt} - L * \frac{di_B(t)}{dt} + e_C(t) \quad (5)$$

(1), (2) et (5) impliquent:

$$v_{AB} = R * i_A(t) + L * \frac{di_A(t)}{dt} + e_A(t) - R * i_B(t) + L * \frac{di_B(t)}{dt} + e_B(t) \quad (6)$$

$$v_{BC}(t) = R * i_B(t) + L * \frac{di_B(t)}{dt} + e_B(t) + R * (i_A(t) + i_B(t)) + L * \frac{di_A(t)}{dt} + L * \frac{di_B(t)}{dt} - e_C(t) \quad (7)$$

$$v_{BC}(t) = 2 * R * i_B(t) + 2 * L * \frac{di_B(t)}{dt} + e_B(t) + R * (i_A(t)) + L * \frac{di_A(t)}{dt} - e_C(t) \quad (8)$$

(8) implique:

$$R * i_B(t) = \frac{1}{2} \left(-v_{BC}(t) + 2 * L * \frac{di_B(t)}{dt} + e_B(t) + R * (i_A(t)) + L * \frac{di_A(t)}{dt} - e_C(t) \right)$$

$$R * i_B(t) = \frac{1}{2} * v_{BC}(t) - L * \frac{di_B(t)}{dt} - \frac{1}{2} * e_B(t) - \frac{1}{2} * R * (i_A(t)) - \frac{1}{2} * L * \frac{di_A(t)}{dt} + \frac{1}{2} * e_C(t) \quad (9)$$

(9) dans (6) donne:

$$\frac{di_A(t)}{dt} = \frac{2}{3 \cdot L} * v_{AB}(t) - \frac{R}{L} * i_A(t) - \frac{2}{3 \cdot L} e_{AB}(t) + \frac{1}{3 \cdot L} v_{BC}(t) - \frac{1}{3 \cdot L} * e_{BC}(t) \quad (10)$$

(10) dans (8):

$$\frac{di_B(t)}{dt} = \frac{1}{3 \cdot L} * v_{BC}(t) - \frac{R}{L} * i_B(t) - \frac{1}{3 \cdot L} e_{BC}(t) - \frac{1}{3 \cdot L} v_{AB}(t) + \frac{1}{3 \cdot L} * e_{AB}(t) \quad (11)$$

Ainsi (10) et (11) illustrent le fonctionnement du moteur BRUSHLESS sur la commutation des phases A et B comme le montre la figure 4 suivante.

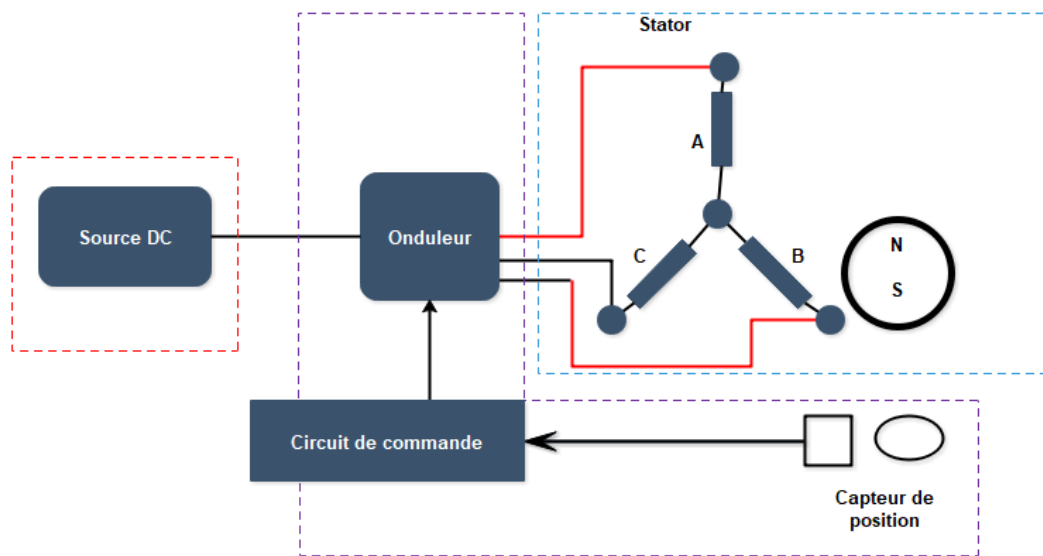


Fig. 4. Commutation sur les phases A et B d'après les formules (10) et (11)

2.3 MATERIELS ET TECHNOLOGIES

2.3.1 LES OUTILS MATERIELS

- **ESP 32**

ESP 32 est au cœur de l'architecture de notre travail. L'ESP 32 est un microcontrôleur bas prix, successeur de l'ESP8266. Conçu et produit en 2016 par la société Espressif située à Shanghai [14]. Cette technologie a prouvé sa capacité dans les solutions de travaux avec Wi-Fi autonome. L'ESP 32 propose une variété de fonctionnalités compatible avec énormément de capteurs pour une large gamme d'applications partant de l'IOT au streaming audio. En conséquence, sa spécification donne un arsenal extrême pour programmeur avec double cœur 240 MHz, 520 Ko de RAM et périphérique comprenant ADC, DAC, I2S, I2C, UART, SPI, GPIO et ne coûte que 10.000 FCFA. Les fonctions générales de l'ESP32 sont illustrées dans le diagramme bloc à la De plus, l'unité de gestion de l'alimentation et le coprocesseur à très faible puissance permettent à ESP32 de fonctionner à moins de 1mA en mode veille profonde. Cette caractéristique fait ESP32 un excellent choix pour les applications à faible puissance [14].

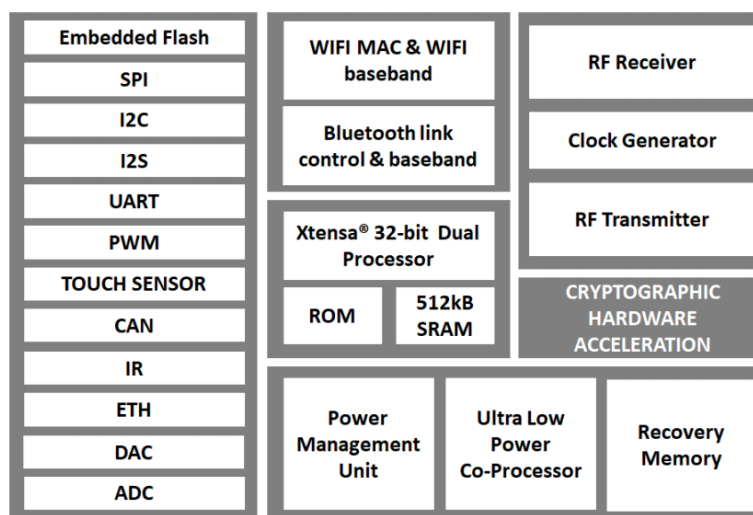


Fig. 5. Diagramme bloc ESP 32 [14]

• ESP 32 CAM

C'est une carte de développement à faible coût avec caméra Wi-Fi. Il permet de créer des projets de caméra IP pour le streaming vidéo avec différentes résolutions. Il prend en charge la caméra OV2640 et la caméra OV7640. La carte dispose d'un flash intégré, d'un processeur 32 bits à faible consommation, d'une vitesse d'horloge de 160 MHz, de plusieurs modes de veille et d'une mémoire SRAM externe intégrée. La carte ESP-32 CAM est largement utilisée dans les projets où la surveillance est nécessaire. Sa connectivité Wi-Fi avec microcontrôleur en tant que processeur offre un avantage dans la visualisation des données en direct sous forme d'image à partir d'une zone distante [14]. Le module ESP-32 CAM doit permettre de générer un serveur Web local à travers lequel les flux vidéo en direct peuvent être observés, mais uniquement dans le réseau local. Pour permettre l'accès à distance, nous pouvons utiliser ngrok, qui est une application multiplateforme qui nous permet d'exposer un réseau local à Internet. [15].

• ARDUINO NANO

Arduino Nano est une petite carte totalement conviviale basé sur l'architecture d'ATmega328P avec un ATmega328 microcontrôleur avec une tension de fonctionnement de 5V. Il utilise un flash type de mémoire 32 Ko dont 2 Ko sont utilisés par le chargeur de démarrage. La vitesse d'horloge du processeur d'Arduino Nano est de 16 MHz. Il contient 16 broches analogiques IN et 22 broches E/S, son PCB la taille est de 18x45 mm avec un poids de seulement 7g. [16]

2.3.2 LES TECHNOLOGIES (PROTOCOLES)

2.3.2.1 ESP NOW

ESP-NOW est une technologie de communication rapide et sans connexion avec transmission de paquets courts. ESP-NOW est idéal pour les éclairages intelligents, les télécommandes, les capteurs et autres applications. ESP-NOW applique la technologie de trame IEEE802.11 Action Vendor, ainsi que la fonction IE développée par Espressif et la technologie de cryptage CCMP, créant ainsi une solution de communication sécurisée et sans connexion [17]. En 2018, un protocole P2P appelé ESP-NOW a été publié pour la première fois pour ESP32. Comme on peut le voir sur la figure 2, la structure globale du protocole ne nécessite aucun routeur ou état de jonction pour un réseau hiérarchique. Au lieu de cela, il permet un P2P ainsi qu'une communication basse consommation entre plusieurs appareils. En comparaison avec le Wi-Fi normal, c'est plus économe en énergie et plus rapide à déployer. À l'intérieur du réseau ESP-NOW, tous les appareils peuvent communiquer par 3 méthodes principales: diffusion, monodiffusion et multidiffusion avec un débit de données de 1 Mbps et plus [p3]. En monodiffusion et la multidiffusion nécessite un couplage initial, une réponse d'accusé de réception et un nombre limité de récepteurs jusqu'à 20, la diffusion est plus efficace pour les applications de conversation en rafale car il n'a pas besoin de jumeler avec d'autres et peut avoir un nombre illimité de receveur. Dans la figure 6, nous vous proposons le schema de fonctionnement de l'ESP NOW.

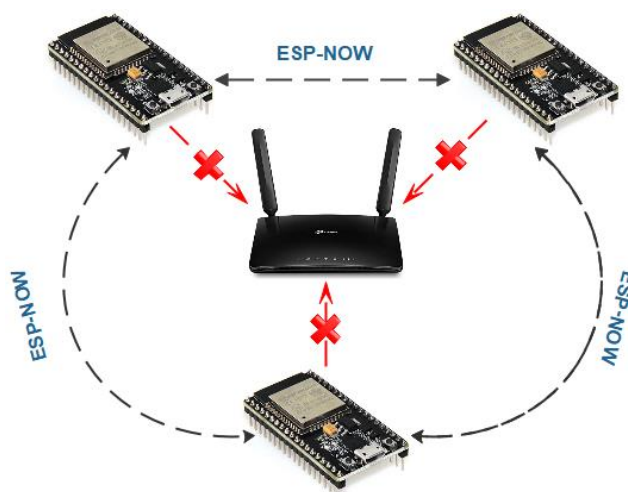


Fig. 6. Schéma de fonctionnement de la technologie ESP NOW

Dans ce projet, la monodiffusion est la principale méthode de la communication. Comme il n'y a pas de connexion avec le routeur Wi-Fi, l'en-tête d'ESP-NOW est extrêmement court. Comme on peut le voir sur le tableau 1, ESP-NOW utilise une trame d'action spécifique au fournisseur pour transmettre les données ESP-NOW [18].

Tableau 1. Format spécifique de trame

MAC HEADER	Category code	Organization Identifier	Random Values	Vendor FCS	Specific content
24 bytes	1 byte	3 bytes	4 bytes	7~255 bytes	4 bytes

ESP-NOW utilise la méthode CCMP, qui est décrite dans IEEE Std. 802.11-2012, pour protéger le cadre d'action spécifique au fournisseur. Le périphérique Wi-Fi conserve une clé principale (PMK) et plusieurs clés principales locales (LMK). Les longueurs de PMK et LMK sont de 16 octets [18]

2.3.2.2 UART

L'UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter ou Emetteur récepteur Asynchrone Universel en français) est un composant clé du sous-système de communication série d'un ordinateur. Dans la plupart des microcontrôleurs, UART est également intégré comme fonctionnalité (il est en fait un protocole de communication). L'UART prend des octets de données et transmet les bits individuels de manière séquentielle. A destination, un deuxième UART réassemble les bits en octets complets. UART est asynchrone donc un signal d'horloge n'est pas requis mais les données transmises à la structure se composent du début et de la fin d'un message. Les deux extrémités de la liaison doivent fonctionner avec le même débit en bauds (vitesse de communication). UART fonctionne normalement à des niveaux TTL (Transistor Transistor Logic) de 3,3 V à 5 V [19].

2.3.3 LES OUTILS LOGICIELS

La mise sur pieds de notre système nécessite un certain nombre de logiciels, il est important de noter que la principale interface de programmation est **Platformio**. Il s'agit d'un package de **Visual studio code** qui permet de programmer les microcontrôleurs. Il embarque de façon basique la bibliothèque **arduino.h**.

2.4 LES METHODES

2.4.1 DESCRIPTION DU SYSTEME PROPOSE

Il s'agit d'un processus dynamique qui va permettre aux étudiants en fonction de la commande du niveau de vitesse envoyé (depuis l'interface utilisateur) de visualiser en temps réel (via le retour vidéo) les courbes de variation du courant et de la tension du moteur à partir d'une plateforme mobile.

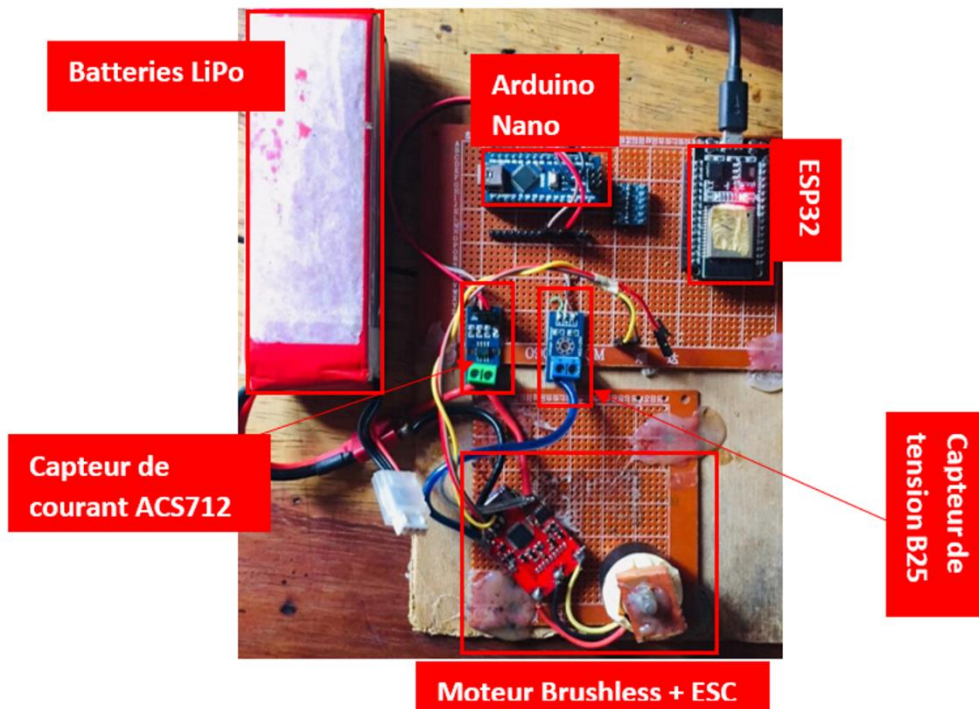


Fig. 7. Schéma électrique de notre système

2.4.1.1 LA COMMANDE D'UN MOTEUR BRUSHLESS

La commande de notre moteur se fera via un microcontrôleur combiné à un ESC (Electronic Speed Control). ESC est un variateur de vitesse des moteurs à courant continu. Le module est compatible avec les moteurs Brushless de type BLDC. Le microcontrôleur génère un signal PWM reconnu par l'ESC qui commande le moteur. Ainsi pour faire tourner le moteur, la valeur du signal PWM généré sera proportionnelle à la valeur de la puissance de fonctionnement du moteur. Le but de cette commande par PWM est de faire varier la vitesse de rotation du moteur qui s'exprime en RPM (Revolutions Per Minuts). La bibliothèque arduino Servo.h avec sa fonction.writeMicroseconds () nous ont permis de facilement générer les PWM vers l'ESC tout en sachant que la plage de valeur va de 1000 à 2000 pour cette fonction.

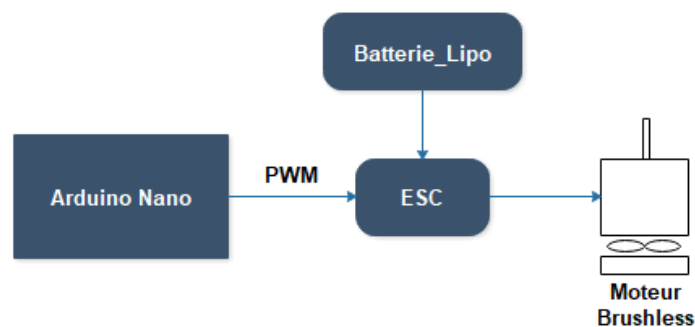


Fig. 8. Schéma de la commande avec PWM

2.4.1.2 LES CAPTEURS DE COURANT ET TENSION

Pour obtenir les valeurs de retour, nous avons utilisé Le capteur B25 qui nous permet de mesurer la tension du moteur, et le capteur de courant ACS712 qui nous a permis de mesurer le courant consommé par le moteur.

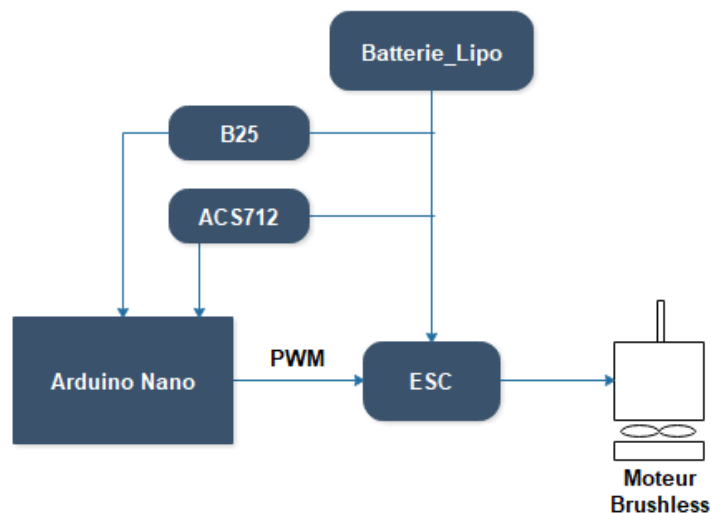


Fig. 9. Schéma de commande avec les capteurs de courant et tension de notre système

2.4.2 DESCRIPTION DE LA METHODE EXPERIMENTALE

Pour mesurer la vitesse de rotation du moteur en sortie et établir la proportion par rapport à la PWM générée, nous procéderons en deux étapes. La première se fera à l'aide d'un tachymètre numérique, la seconde par une méthode expérimentale utilisant une formule.

2.4.2.1 ETAPE 1: UTILISATION DU TACHYMETRE NUMERIQUE

Le **tachymètre** est un instrument de mesure permettant de déterminer la vitesse de déplacement d'un objet en mouvement. Nous avons utilisé le modèle **MULTIMETRIX RPM82**.

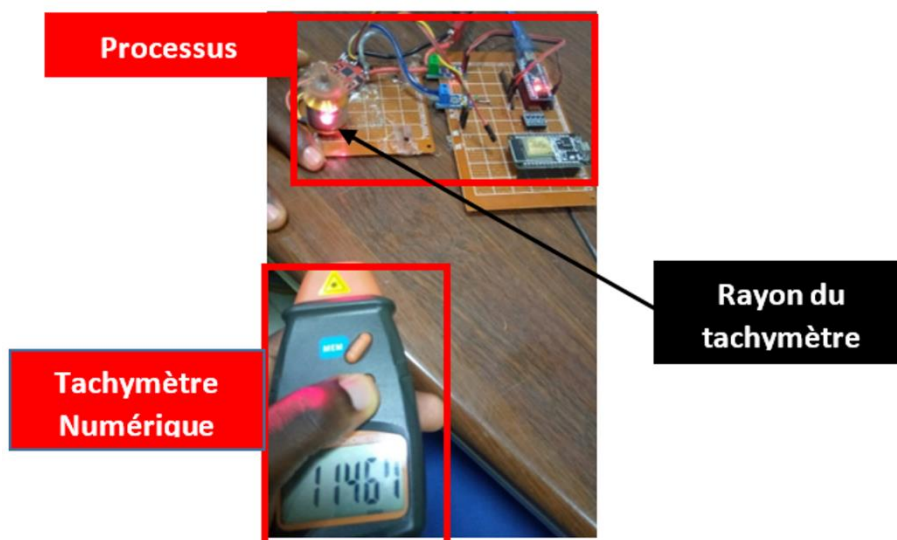


Fig. 10. Mesure de la vitesse grâce au tachymètre numérique

Tableau 2. Mesure tension, courant et vitesse (tachymètre) en fonction des valeurs de PWM

PWM (writeMicroseconds ())	Tension (V)	Courant (A)	Vitesse moteur mesuré avec le tachymètre (RPM)
1100	12.34	0.90	11 240
1200	12.12	1.04	11 942
1300	12.26	1.18	12 305
1400	12.26	1.22	12 592
1 500	12.59	1.18	12 624
1530	12.46	1.65	12 422
1650	12.56	1.26	12 622
1700	12.54	1.18	12 354
1800	12.46	1.85	12 690

2.4.2.2 ETAPE 2: CAS EXPERIMENTAL (UTILISATION DE LA FORMULE)

Partant de la formule:

$$N = Kv * (U - I * Ri) \quad (1)$$

Ou $\left\{ \begin{array}{l} N \text{ est la vitesse de rotation en RPM} \\ Kv \text{ est la constante de vitesse du moteur} \\ I \text{ l'intensité de courant qui traverse le moteur} \\ U \text{ la tension d'alimentation du moteur} \\ Ri \text{ la résistance interne du moteur} \end{array} \right.$

Nous pouvons calculer la vitesse de rotation du moteur, ayant ces différentes informations. Le moteur que nous utilisons étant un A2212/13T de 1000KV, ces informations sont contenues dans [20]. En se référant au tableau 2, nous obtenons le tableau 3.

Tableau 3. Mesure de la vitesse (formule) et évaluation de l'erreur

PWM (writeMicroseconds ())	Tension (V)	Courant (A)	Vitesse moteur mesuré avec le tachymètre (RPM)	Vitesse moteur par calcul (RPM)	Ecart	Erreur en %
1100	12.34	0.90	11 240	11229.4	10.6	0.094
1200	12.12	1.04	11 942	11936.4	5.6	0.046
1300	12.26	1.18	12 305	12153.8	151.2	1.22
1400	12.26	1.22	12 592	12150.2	441.8	3.50
1 500	12.59	1.18	12 624	12 483.8	140.2	1.1
1650	12.56	1.26	12 622	12 444.08	177.92	1.41
1 700	12.54	1.18	12 354	12 433.8	-79.8	0.6
1800	12.46	1.85	12 690	12293.5	396.5	3.12

3 RESULTATS

3.1 PRESENTATION DES INTERFACES

Les figure 11 et 12 nous présente l'interface par lequel l'utilisateur étant l'étudiant qui fait son TP, mais de manière distante, peut se connecter via un téléphone, une tablette ou un PC. Dans le cas présent l'étudiant se connecte sur un smartphone. Ce dernier doit se trouver dans le rayon d'action du wifi de l'ESP 32 serveur. Il se connecte au serveur via une adresse IP éditée dans l'URL de son navigateur que lui donne l'administrateur.



Fig. 11. L'interface de connexion



Fig. 12. Page d'accueil

L'étudiant a ainsi la possibilité de choisir un processus, ainsi après avoir sélectionné le premier processus nous obtenons une interface (figure 13) qui donne la possibilité de choisir une vitesse de rotation d'un moteur et de visualiser sa la courbe de variation du courant consommé (figure 14).

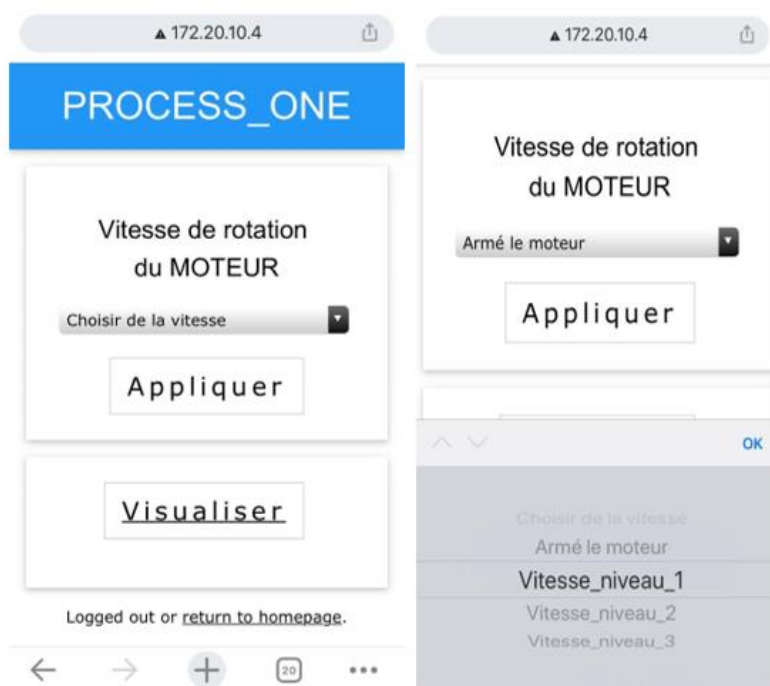


Fig. 13. Interface du processus 1

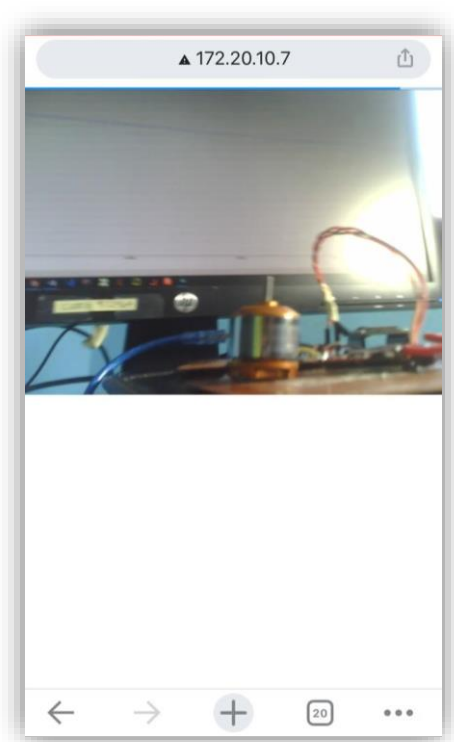


Fig. 14. Visualisation du processus en temps reel sur une interface (courbe de tension)

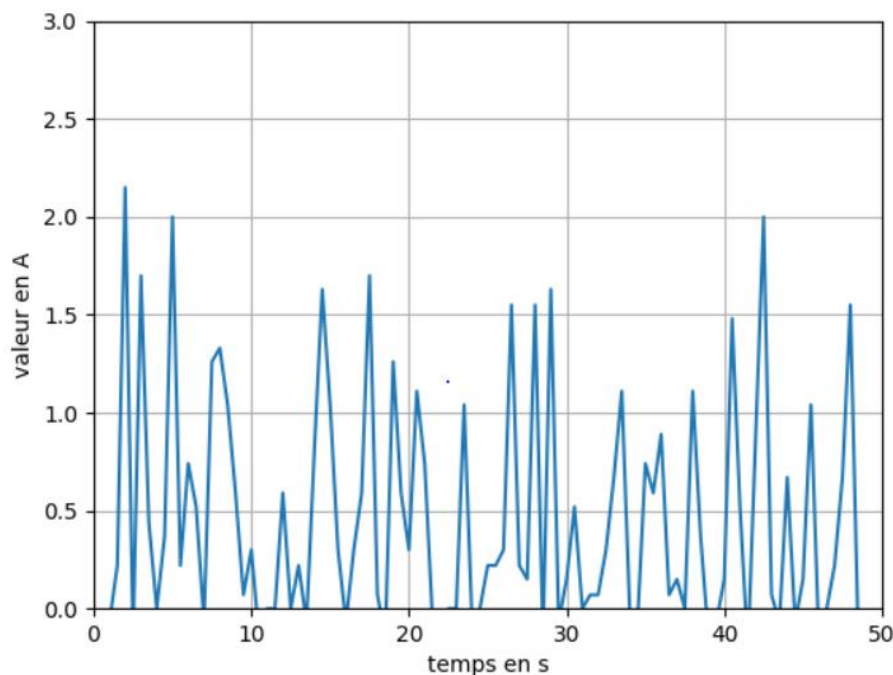


Fig. 15. Courbe de variation du courant en fonction de la vitesse

3.2 BILAN ENERGETIQUE

Tableau 4. Consommation énergétique

Composants	Voltage	Courant max
ESP 32	3,3v et 5v	1200 mA
Arduino Nano	3.3v et 5v	500mA (USB)
ESP 32 cam	3,3v et 5v	310mA

En additionnant les niveaux max de courant nous obtenons **2010mA** ce qui est un gain très important par rapport à l'utilisation d'un serveur.

4 DISCUSSIONS

On remarque que l'écart entre les valeurs mesurées respectivement avec le tachymètre et celle retrouvées par calcul à l'aide de la tension et de l'intensité du courant consommé par le moteur n'est pas très grand, d'où on retrouve de petites variations d'erreurs. N'ayant pas fait ces tests dans les conditions de laboratoire, ces erreurs peuvent être négligés et on peut conclure que la consigne de PWM délivrée par la ARDUINO nano est bien équivalente à la valeur de vitesse en sortie.

4.1 COMMENTAIRES

- Cette architecture que nous proposons est moins couteuse qu'une architecture à base de serveur.
- Cette architecture de laboratoire téléopérable donne la possibilité au pays en voie de développement de favoriser l'accès à distance à des équipements de laboratoire. le plus souvent ces équipements sont en nombre très réduits par rapport aux nombres d'apprenants.
- Notre architecture ne nous donne pas encore la possibilité de stocker les resultats de l'apprentissage pour favoriser la revision de l'apprenant.

5 CONCLUSION

Notre objectif dans cet article était de proposer une architecture de laboratoire téléopérable à faible coût, dans lequel serait intégré plusieurs processus téléopérable via une plateforme mobile. Nous avons testé la commande d'un moteur brushless pour évaluer l'erreur entre la consigne et les valeurs en sortie. Nous avons obtenu des erreurs de faible marge entre 0,00094 et 0,0350. L'exploitation de ces résultats nous amène à conclure qu'il est possible d'exploiter notre architecture pour favoriser l'apprentissage à distance, vu le contexte sanitaire, qui requiert la distance entre les étudiants.

6 REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à l'endroit de:

- **Dr PAUNE félix**, pour son encadrement et ses orientations dans nos travaux
- **Pr KOM Hubert**, pour ses conseils dans les techniques d'analyse de la documentation
- **MINKOULOU Ulrich**, pour son apport inestimable sur le plan technique et sa disponibilité.

REFERENCES

- [1] M. Kalúz, L. Čirka, R. Valo, and M. Fikar, ArPi Lab: A low-cost remote laboratory for control education, vol. 19, no. 3. IFAC, 2014.
- [2] J. Garcia-Zubia et al., "Application and user perceptions of using the WebLab-Deusto-PLD in technical education," Proc. - Front. Educ. Conf. FIE, 2011, doi: 10.1109/FIE.2011.6143127.
- [3] Heinz-Dietrich Wuttke, Karsten Henke ET Nadine Ludwig International, CompSysTech'.Conference on Computer Systems and Technologies - Remote Labs versus Virtual Labs for Teaching Digital System Design", 2005.
- [4] P. Orduña, A. Gómez-Goiri, L. Rodríguez-Gil, J. Diego, D. López-de-Ipiña, and J. Garcia-Zubia, "wCloud: automatic generation of WebLab-Deusto deployments in the Cloud," 2015 12th Int. Conf. Remote Eng. Virtual Instrum., pp. 223–229, 2015.
- [5] J. García-Zubia et al., "An integrated solution for basics digital electronics: Boole-DEUSTO and WebLab-DEUSTO," 2013 10th Int. Conf. Remote Eng. Virtual Instrumentation, REV 2013, pp. 1–5, 2013, doi: 10.1109/REV.2013.6502890.
- [6] P. R. Pradyumna, C. K. S. Tarun, and S. Bhanot, "Remote experimentation of 'no-load tests on a transformer' in electrical engineering," AICERA 2012 - Annu. Int. Conf. Emerg. Res. Areas Innov. Pract. Futur. Trends, no. 1, 2012, doi: 10.1109/AICERA.2012.6306740.
- [7] G. A. Prieto and J. P. Mendoza, "Low cost didactic robotic platform based on Player/Stage software architecture and la fonera hardware," Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz., vol. 8, no. 3, pp. 126–132, 2013, doi: 10.1109/RITA.2013.2273112.
- [8] F. Schauer, M. Krbecek, P. Beno, M. Gerza, L. Palka, and P. Spilakova, "REMLABNET II-Open remote laboratory management system for university and secondary schools research based teaching," Proc. 2015 12th Int. Conf. Remote Eng. Virtual Instrumentation, REV 2015, no. February, pp. 109–112, 2015, doi: 10.1109/REV.2015.7087273.
- [9] F. Schauer et al., "REMLABNET III - Federated remote laboratory management system for university and secondary schools," Proc. 2016 13th Int. Conf. Remote Eng. Virtual Instrumentation, REV 2016, no. February, pp. 238–241, 2016, doi: 10.1109/REV.2016.7444471.
- [10] K. A. A. Gamage, D. I. Wijesuriya, S. Y. Ekanayake, A. E. W. Rennie, C. G. Lambert, and N. Gunawardhana, "Online delivery of teaching and laboratory practices: Continuity of university programmes during COVID-19 pandemic," Educ. Sci., vol. 10, no. 10, pp. 1–9, 2020, doi: 10.3390/educsci10100291.
- [11] S. A. Lone and A. Ahmad, "COVID-19 pandemic—an African perspective," Emerg. Microbes Infect., vol. 9, no. 1, pp. 1300–1308, 2020, doi: 10.1080/22221751.2020.1775132.
- [12] P. Ozili, "COVID-19 in Africa: socio-economic impact, policy response and opportunities," Int. J. Sociol. Soc. Policy, 2020, doi: 10.1108/IJSSP-05-2020-0171.
- [13] F. Schauer, M. Ožvoldová2L. Tkáp «REMLABNET - open remote laboratory management system for e-experiments'» 2015 3rd Experiment International Conference (exp.at'15).
- [14] A. Shukla and R. Diwan, "IOT Based load Automation with Remote Access Surveillance Using ESP 32 CAMand ESP 8266 Module," vol. 25, no. 3, pp. 6904–6914, 2021.
- [15] T. Ahmed, A. T. Bin Nuruddin, A. B. Latif, S. S. Arnob, et R. Rahman, « A Real-Time Controlled Closed Loop IoT Based Home Surveillance System for Android using Firebase », in 2020 6th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR), Singapore, Singapore, avr. 2020, p. 601-606. doi: 10.1109/ICCAR49639.2020.9108016.
- [16] "Arduino - Home," Arduino.cc, 2019. <https://www.arduino.cc>. (consulté le juin 27,2021).
- [17] « ESP-NOW User Guide - Recherche Google ».

https://www.google.com/search?q=ESP-NOW+User+Guide&rlz=1C1RLNS_frCM809CM816&oq=ESP-NOW+User+Guide&aqs=chrome..69i57.1089j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8 (consulté le juin 27, 2021).

- [18] ESP-NOW — ESP- IDF Programming Guide v4.0-dev-11912019, pp.2-4.
- [19] Design and development of daughter board for USB-UART communication between Raspberry Pi and PC, Manisha Sharma; Nidhi Agarwal; S R N Reddy, 15-16 May 2015.
- [20] "A2212/13T 1000KV Moteur brushless – a2itronic." <https://a2itronic.ma/product/moteur-brushless-a2212-1000kv/> (accessed JUN. 11, 2021).

