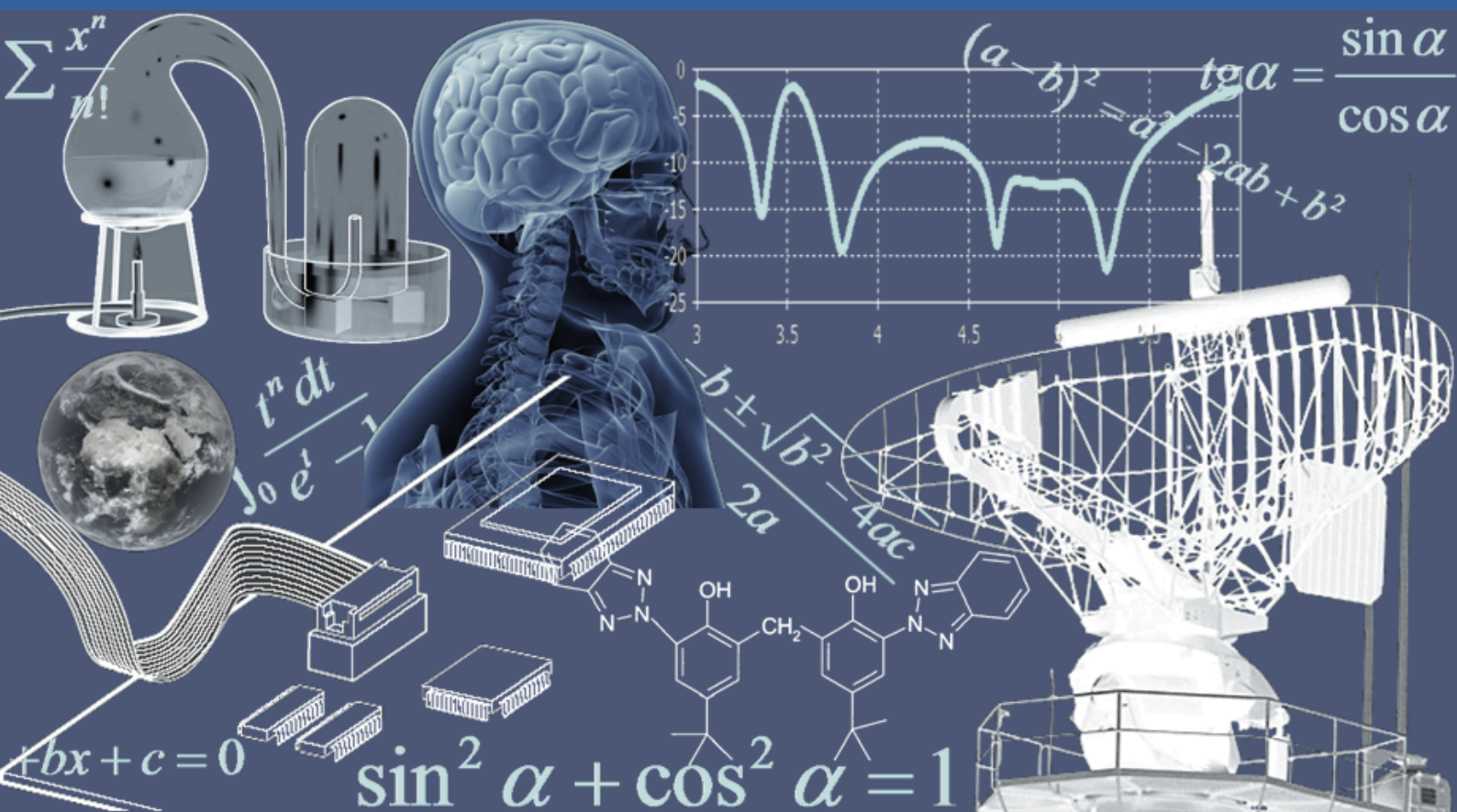


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 27 N. 4 November 2019



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

Table of Contents

Fintech - Digital way of ID Verification and Biometric Verification in 2020 <i>Vivek Dubey</i>	896-901
ETUDE EXPORATOIRE : L'EFFET DES PRATIQUES DE LA GESTION DES CARRIERES SUR LA PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE DES ENTREPRISES MAROCAINES <i>Lamiaa LAOUAMI and Mohammed FARIDI</i>	902-909
Caractéristiques ethnobotaniques et pratiques culturelles de <i>Solanum scabrum</i> Mill., légume-feuilles en domestication dans le département du Plateau au Sud Bénin <i>Arlette Adjatin, Adjahossou Naéssé, Vodouhe Senan, Dandjinou Paulin, Aboudou Razack, Yedomohan Hounnankpon, and Alexandre Dansi</i>	910-923
Qualité des enrobes dans la réhabilitation de route : Cas du tronçon grand Bassam-N'Zikro (Côte d'Ivoire) <i>Goha René Bie, Abé Parfait SOMBO, Séraphin Agré Djomo, Sournan ZIAO, and Zéli Bruno DIGBÉHI</i>	924-933
Coût génétique de la résistance aux insecticides sur le profil salivaire du moustique <i>Culex pipiens quinquefasciatus</i> <i>Innocent Diegbe, Adam Ghankoto, Akadiri YESSOUFOU, Rousseau Djouaka, and Sylvie Cornélie</i>	934-942
Evaluation of contamination risks in Metallic Trace Elements (MTE) in the sediments of Ouémé delta in Benin <i>Rodrique A. M. A. Adechina, Nelly C. Kelome, Christophe KAKI, Jéchonias B. Hounkpe, and Nambinina R. F. Randriana</i>	943-954
Effets d'engrais organique liquide (NPK 5-9-18) et minéral (NPK 12-11-18) sur la matière organique du sol et du rendement de la tomate au Sud et au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire <i>ANGUI Téhua Kouassi Pascal, KOTAIX Acka Jacques Alain, Sidiky BAKAYOKO, KASSIN Koffi Emmanuel, N'GORAN Kouadio Emmanuel, KOUAME N'Dri Norbert, KONE Boaké, PIERRE Claver Zilé Kouassi, and Bassirou BONFOH</i>	955-964
Effets du Conseil à l'Exploitation Familiale (CEF) sur les performances économiques de production cotonnière dans la commune de Banikoara au Nord-Benin <i>Moudachirou AYENA, Rosaine Nérice YEGBEMEY, and Jacob Afouda YABI</i>	965-978
Trade Liberalization and Economic Performance in the ECOWAS Zone: A Granger Causality Analysis <i>Lesfran Sam Wanilo Aghahoungba and Barthélémy Biao</i>	979-988
EPIDEMIOLOGICAL PROFILE OF THE CANCER AT THE REGIONAL HOSPITAL OF NGAOUNDERE (CAMEROON) <i>D. Ngaroua, Dah'Ngwa Dieudonné, Djibrilla Yaouba, and Eloundou N. Joseph</i>	989-996
DYNAMIQUE DES STRATÉGIES CONCURRENTIELLES DES GRANDES FIRMES : LE CAS DU GROUPE CHIMIQUE TUNISIEN <i>Arem SAY and Karima DHAOUADI</i>	997-1007
Effet combiné des fumiers d'étable et des cendres de bois de chauffe sur les rendements de Maïs Mudishi3 planté dans une jachère herbeuse à Yangambi <i>K. MABILO, A. KAYUMBA, K.M. BANTODISA, K. KOMBOZI, D. BADJOKO, E. LINGOMO, K. NGENDJA, L. M'PIRA, S. BATIBONDA, and L. KAYAWA</i>	1008-1013
Income Inequality, Environmental Degradation and Economic Development Nexus in Nigeria: Reassessing the Kuznets Hypothesis <i>Friday Bassey Agala and Felix Awara Eke</i>	1014-1023
Impact de la répartition spatiale de la pluviométrie et de l'occupation du sol sur la recharge des aquifères du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire <i>Alexis Kassi Kouamé, Christian Gnangui Adon, Michel Amani KOUASSI, Aimé KOUDOU, and Fernand Koffi KOUAME</i>	1024-1036
Crowdfunding in Morocco <i>Mohamed Amine KORCHI, Driss DAQUL, and Hafid Barka</i>	1037-1057

Fintech - Digital way of ID Verification and Biometric Verification in 2020

Vivek Dubey

Insights and Data, Capgemini, Glasgow, United Kingdom

Copyright © 2019 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, an attempt is being made to analyze and explain fintech in detail. Fintech companies occupy an increasingly relevant position within the current business fabric. Fintech is a type of biometric method. It provides financial services that facilitate our daily lives through technological disruption. The arrival of the technology industry to financial services has implied the emergence of thousands of startups, which through technological platforms offer a wide range of products or services to their consumers quickly and easily, fostering alliances with traditional banking and opening new challenges for the industry. a continuous expansion of these technologies is being observed related this innovation. Therefore, main emphasis in this paper is laid on its evaluation and emergence till 2020.

KEYWORDS: Biometrics, Fintech, 2020, technologies, innovation, Digital Banking.

1 INTRODUCTION

Biometrics is often mentioned as an option to make authentication methods more secure. In practice, the expectations of biometrics as a replacement for passwords often proved to be a bit too high: the password has been declared dead many times. However, the use of second-factor authentication, such as SMS and other One Time Password authentication tools, has recently taken flight, with a name for large-scale consumer applications. Biometrics has also been on the rise in the consumer domain in recent years: think of the fingerprint reader on new iPhones, face recognition on Android devices, and voice recognition in the ING mobile banking app.

Biometric recognition can be applied in two ways (13):

- **Verification** (1: 1 matching): where the biometric data of a person is compared with the biometric data in the database of the same person. This is to verify whether the person is who he claims to be.
- **Identification** (1: N matching): In it, the biometric data of a person is compared with all biometric data in the database. This is to find the person in the database or to exclude them from being included in the database (negative identification).

Some popular biometric features are:

- **Face:** location and distance between facial features such as eyes, nose, lips, chin, and global shape are used for recognition.
- **Fingerprint:** the spatial distribution of ridges, valleys, and branches on the finger and sweat pores are used for recognition.
- **Iris:** the stripes, pits, and grooves of the colored ring in the eye are used for recognition.
- **Palmprint:** the wrinkles (papillary lines) on the inside of the palm are used for recognition.
- **Hand geometry:** hand features such as finger length, thickness, circumference, and spread are used for recognition.
- **Voice:** physiological characteristics such as shape, size of vocal cords, lips, nasal cavities, mouth, and behavioral characteristics of a spoken word are used for recognition.
- **Writing/keystroke:** characteristics in form, speed, acceleration, pressure, and order during the written word are used for recognition.

- **DNA:** the deoxyribonucleic acid present in every cell of the human body is used for recognition.
- **Blood vessel patterns:** the patterns of blood vessels under the skin are used for recognition.

A biometric signal must be recorded in terms of process and linked to identity to create a reference template in a database (registration). FinTech injected one-click onboarding and payment solutions from anyplace and anytime in the world. The comfort of use and rapidity of technology that is user identification process by any scanned government ID and verification through selfie has made the life of people comfortable.

The financial services industry is undergoing one of the deepest stages of transformation reminded of it. In the last few years, there have been endless technological companies with very disruptive value proposals within the financial products and services environment. These companies make up the already well-known Fintech sector, whose name comes from the union of the terms Finance and Technology.

A current issue is a **present and the future of FinTech and banking**, who are beginning to take advantage of the new opportunities offered by the market and the current demand of consumers of financial services. Many changes are removing **the economy, finances, and the ICT sector**. The growing digitalization of these sectors in both business and personal fields; the minimum cost of mass data storage with the trend towards *data*-driven. The incredible capacity of the evolution of technology. And the development of the **blockchain** and the smart contracts that are revolutionizing the payments sector.

On the **user's** side of **financial services**, there is a demand for increasingly specific and efficient services, as well as simple and intuitive, with a major claim of adaptation of services to mobile devices.

All these circumstances and the rupture of the oligopoly of banking in the offer of financial services, with the entry of *FinTech* and the big technology companies *BigTech*, are fueling competitiveness in the sector. Banks are making real investment, development, and technological innovation efforts, partnering with these new agents operating in the sector, or turning their strategies around.

The **bank** has been found not only with the challenge of developing digital technologies to deliver financial services increasingly high "zero points" numbering. Above all, it has had to devise new business models to take full advantage of those opportunities. This is what the market situation and the users themselves demand, whether they are companies, organizations, or citizens.

As we already share in the blog, there are many *FinTech* business solutions that have achieved a massive adoption of their services by users and have reached high turnover figures. Their business model is already mature, and they have overcome the challenge faced by these relatively new agents in the financial sector. That their business model is sustainable over time since the margins with which they work are small and need to grow in a way exponential to cover fixed costs.

In order to face both challenges, **banks, and FinTech**, they have convinced the great advantage of working together. That is to grow in competitiveness, generating **new business models** in which jointly offered **technical, financial solutions** adapted to the current needs of users and can Take advantage of all your customers. An example we have already mentioned is the alliance between Bankia and events to offer the SCF **BilliB** solution.

The "FinTech infrastructure" is characterized by agility and flexibility in the development and application of **financial technologies**. Let's see how agile and flexible **technological, financial innovation** is supporting collaboration between *FinTech* companies and banks.

This Academic Note aims to highlight through the "FinTech" concept how innovation, disruption, and digital transformation are impacting the financial sector. We also want to reflect on what the challenges of the concept are and what solutions it poses. Then, the situation of FinTech companies in the world, and in particular in Peru, will be detailed. The Note will end with some final thoughts on this process of transformation in the financial sector.

2 LITERATURE REVIEW

2.1 CHANGES IN THE WORLD AND BANKING

Innovation has become an important factor in developing the competitiveness of countries and companies. Innovation, disruption, and digital transformation are concepts to which they are even turning companies into mature industries. Examples like Airbnb, Uber, PayPal, eBay, Amazon, Alibaba, Netflix, Dropbox, Google, Spotify, between Many other ventures generated radical innovation and disruption to which no sector seems to be foreign (7).

Co-creation, collaboration, community are keywords in the axis of the innovative business culture that creates value for customers and users and also leaves the commonplaces of each industry. The financial sector remained with incremental changes for decades, without radical disruption; However, the digital revolution is transforming the way customers access global financial products and services. The status quo of this industry is it has been altered by the change in the preferences and habits of customers, their most demanding expectations, unfulfilled services, the use of technologies, and the appearance of non-stakeholders conventional (9).

FinTech startups (fusion of Finance and Technology) identify customer problems and solve them with technology; for this reason, they are scalable and innovative value propositions. In addition, they are based on technology, such as artificial intelligence and machine learning, which can capture customers from traditional businesses.

This is why more and more collaborative FinTech cases are seen. FinTech startups adapt to innovative technologies and integrate them into risk management, customer relationship management, and pricing in order to improve service. Today we talk about the FinTech revolution, driven by Smart Data, Artificial Intelligence, and Machine Learning. Advances in areas such as artificial intelligence, big data, and blockchain generate opportunities for called the "FinTech" wave, opening new growth paths and offering greater operational efficiency and productivity.

Startups incorporate Smart Data, and data is the main element within the Fintech revolution since a significant difference with traditional financial institutions is the ability to change and adapt quickly to changes thanks to the generation, aggregation, and analysis of the data.

The use of new technologies, such as artificial intelligence and machine learning, help FinTech develop agile and scalable technological solutions. Which can impact more customers at lower costs, so they can help the financial services industry to reach unattended clients with simpler and faster processes? Machine learning It derives from Artificial Intelligence because it is based on experience to perform a given task better and better. The main objective of every machine learning process is to use facts and evidence validated in reality to be able to create hypotheses and be able to respond to new, unfamiliar situations. This is very powerful if used for projects in markets where banking qualifications traditional do not work, and validations can be created with new behavior-based indicators (6).

The FinTech sector covers a wide range and is increasingly expanding, and the "other" item is left for new and difficult to identify models, expanding the FinTech business. In the study "The Startup View: a Year in Fintech" by PWH and Startupbootcamp FinTech (2017), applicants to the Startupbootcamp program were classified using the same categories as in their 2015 report, which was originally established by the World Economic Forum (2):

1. "Cloud solutions and improved processes": referring to cloud solutions and improved processes that, through new technologies, are helping financial services companies improve processes and achieve efficiency through outsourcing to FinTech providers (5).
2. "Cashless world": they are the payment systems in the world without cash, as startups adopt new payment methods.
3. "Smarter, faster machines": blockchain, (3) machine learning, artificial intelligence are used to increase the reach and reduce computer costs (8).
4. "Shifting customer preferences": Startups create new models for customers to interact with financial services, driving change throughout the industry.
5. "Empowered investors": new technologies are transforming the way institutional and retail investors make investments.
6. "Crowdfunding": the new ways of attracting and investing capital are changing the landscape of capital markets.
7. "Alternative lending": the new ways of assessing solvency and issuing credits are transforming the loan markets (12).
8. "Newmarket platforms": regulation and technological advances in capital markets have led to the emergence of several new commercial platforms.
9. "Emerging payment rails": cryptocurrencies and other new technologies are transforming the way individuals and businesses make payments.

2.2 FINTECH FIGURES

FinTech startup financing doubled in 2018 and reached \$ 12.2 billion, compared to \$ 5.6 billion in 2017, according to PWH's Global FinTech Report (2019). As for the investment, in the year 2015, 22,230 million dollars were invested worldwide, and in the first quarter of 2018, the investment was 5,300 million, which represents an increase of 67% over the same period of the previous year. Still, more is done. The strong growth of this sector is evident when the investment growth figures for the last five years are compared (11).

In the study "Uk FinTech: on the cutting edge" prepared by a researcher (10), the factors that determine the development of FinTech entities in a country are capital, regulation, talent, and demand. The United Kingdom, one of the global leaders in innovation, stands out for the incentive to the FinTech ecosystem. In addition, they have had incentives to attract foreign investors (for example, from Canada, South Korea, and Japan). In the European case, regulators are following the example of the United Kingdom, as they seek to foster an agile and innovation-friendly environment.

In the United Kingdom, during 2018, the Financial Conduct Authority (FCA) launched "Project Innovate" to encourage innovation in the interest of consumers and promote competition in the market. It highlighted a regulatory sandbox where FinTech startups tested products or services by launch to the market, which was interesting because they had the support of regulatory entities. The consequences were learning, reducing the time to innovative market solutions, obtaining feedback for FinTech and financial sector stakeholders, as well as valuable learning and regulatory recommendations. As an example of external incentives of this FinTech ecosystem, it is observed that in July 2016 initiated the "FinTech Bridge," a bilateral agreement with South Korea, for the promotion of investments in FinTech entities for its global expansion to the Asian market and the attraction of Korean investors to its territory.

In Spain, 130 million euros have been invested. In the United Kingdom, investment in FinTech entities exceeds 650 million euros, with revenues of more than 6,600 million pounds and generates employment for more than 60,000 people (Association of Fintech, 2017). Israel is another global focus of the FinTech sector. According to researchers (4), in 2015, Israel a total investment of 408 million dollars, 53 rounds of investment that form a total of 430 FinTech companies as well as 14 global centers of innovation and development.

In Peru, EmpeñeUP of the Universidad del Pacífico has identified 22 FinTech startups, of which the third part has started operations. In addition, in March 2017, the Fintech Peru Association was formed in order to promote the union of startups in innovation and financial technology in the country in order to build a FinTech community and become a reference in the development of Peru and Latin America. The challenge for this nascent cluster is to create spaces to promote FinTech knowledge so that together, they can work on an agenda that drives a more innovative, inclusive, dynamic, and solid financial system.

The emerging startup segment has demands embodied in local or regional FinTech associations, where a regulatory and consensual framework of good practices, advice, and revitalization of the financial sector is requested. In the older FinTech outbreaks, pilot projects have been developed to understand and develop a comprehensive regulatory framework for the phenomenon

FinTech and safe for all parties. This need for regulation of FinTech also comes from traditional financial institutions (1). However, as we present in this article, banks and FinTech not only compete but can also generate synergies and collaboration. Currently, partnership initiatives increase. For example, there is an initiative to bring together local Fintech associations in an Ibero-American Alliance. In order to generate synergies between the experiences of each country and promote the development of the FinTech and InsurTech ecosystem at an international level.

2.3 THE REPLACEMENT OF LEGACY BANKING SYSTEMS

Banks have legacy systems of obsolete technologies, which are complex technological infrastructures to manage and maintain in 2020. They do not facilitate innovation in financial products or services oriented to the real needs of current market customers.

The *FinTech* can help banks to leverage the cloud to reduce costs in providing financial services and deliver innovative financial tools to their customers, which adapt flexibly to the needs they have and how they use them. For example, **BilliB**, as an SCF tool, is a *cloud* solution that allows for scaled integration in companies, being able to choose their degree of automation from different options. In addition, its services are offered under a "success" model (success *fee*) in which there is no registration fee or fixed costs, only a small monthly percentage of the benefit obtained by the **discount for early payment** of invoices is charged to the customer to suppliers.

2.4 CENTRALIZATION OR N DISPARATE CUSTOMER DATA AND SERVICES

The *Fintech* takes advantage of the programming in the cloud and new technological tools such as Artificial Intelligence and *Machine Learning*, for advanced management of large customer information with banks, hitherto untapped, in order to offer some financial products and an operation that suits your needs.

2.5 BANKING AS A PLATFORM OPEN TO THIRD PARTIES - *OPEN BANKING*

Since the revised Payment Services Directive (PSD2) was approved in 2015, collaboration platforms have been created where banks and *FinTech* can work together, offering innovative products and services, complementary to those already offered by banks.

Indeed, PSD2 allowed third-party access to bank customer information (obviously, with their permission), through application programming interfaces known as APIs (*Application Programming Interface*).

Many banks are generating **collaborative ecosystems** through these platforms (APIs), allowing *FinTech* companies, developers, and other companies to integrate with the banking infrastructure and access their customers' accounts.

3 CONCLUSION

The *FinTech* disruption is here to stay and is expanding, and the future of the financial services industry will continue to be transformed. Take into account the forces of the transformation that affects the industry is vital to generate strategies according to the new challenges.

Many questions arise, some of which are answered in the newspaper act of the markets. Can banking and *FinTech* work collaboratively and generate impact and financial inclusion? Is the startup of business collaboration between the major financial service providers and *FinTech* startups viable? Are classic companies prepared to be more open to failure, learn quickly, and differentiate themselves with innovation and disruptive transformation challenges? Is there a unique collaboration model? How to measure the success of relationships with *FinTech* companies? Can the traditional Key Performance Indicator (KPI) approach be inappropriate for *FinTech* startups? And in relation to traditional banking, how long can it take to integrate a collaborative relationship between *FinTech* startups and banking institutions to consolidate?

In short, it is already a reality the creation of diverse and new collaborative business models of *FinTech* and banks, with which they can **grow in competitiveness and profitability**. *FinTech* has exponentially enhanced the reachability, acceptability and demonstrating the efficiency of digital onboarding of customers and end to end payment solutions with the digital channel of choice through biometric assistance. With this, a **new era** has begun in the deployment of **functionalities and digitisation of financial services** to offer to customers.

ACKNOWLEDGMENT

Dr. Prashant Dubey, Assistant Professor, Indira Institute of Management, Pune, India for providing guidance on financial banking operational working challenges and technology acceptance

REFERENCES

- [1] Arner, Douglas W., Janos Barberis, and Ross P. Buckley. "150 years of Fintech: An evolutionary analysis." *Jassa* 3 (2016): 22.
- [2] Britchenko, Igor, Alla Ivashchenko, Mykhailo Dyba, Yevheniia Polishchuk, Yuliia Sybirianska, and Yuri Vasylyshen. "Fintech platforms in SME's financing: EU experience and ways of their application in Ukraine." (2018).
- [3] Burger, C., A. Kuhlmann, P. Richard, and J. Weinmann. "Blockchain in the energy transition. A survey among decision-makers in the German energy industry." *DENA German Energy Agency* (2016).
- [4] Fenwick, Mark, Joseph A. McCahery, and Erik PM Vermeulen. "Fintech and the financing of SMEs and entrepreneurs: From crowdfunding to marketplace lending." In *The Economics of Crowdfunding*, pp. 103-129. Palgrave Macmillan, Cham, 2018.
- [5] Fisher, Oliver, Nicholas Watson, Laura Porcu, Darren Bacon, Martin Rigley, and Rachel L. Gomes. "Cloud manufacturing as a sustainable process manufacturing route." *Journal of manufacturing systems* 47 (2018): 53-68.
- [6] Gawke, Jason C., Marjan J. Gorgievski, and Arnold B. Bakker. "Measuring intrapreneurship at the individual level: Development and validation of the Employee Intrapreneurship Scale (EIS)." *European Management Journal* (2019).
- [7] Gu, Chao, Cyril Monnet, Ed Nosal, and Randall Wright. *On the Instability of Banking and Financial Intermediation*. No. WP1901. 2019.
- [8] Lemieux, Victoria Louise. "Trusting records: is Blockchain technology the answer?." *Records Management Journal* 26, no. 2 (2016): 110-139.
- [9] Milne, Alistair. "Competition policy and the financial technology revolution in banking." (2016).

- [10] Nicoletti, Bernardo. "Financial Services and Fintech." In *The Future of FinTech*, pp. 3-29. Palgrave Macmillan, Cham, 2017.
- [11] Phillips, Olayanju. "The Leapfrog Model: Venture Capital as a Cure to Africa's Funding Paralysis." *Available at SSRN 3366908* (2019).
- [12] Reddy, Srinivas K., and Werner Reinartz. "Digital transformation and value creation: Sea change ahead." *GfK Marketing Intelligence Review* 9, no. 1 (2017): 10-17.
- [13] Wu, Shun-Chi, Peng-Tzu Chen, A. Lee Swindlehurst, and Pei-Lun Hung. "Cancelable biometric recognition with ECGs: Subspace-based approaches." *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 14, no. 5 (2018): 1323-1336.

ETUDE EXPLORATOIRE : L'EFFET DES PRATIQUES DE LA GESTION DES CARRIERES SUR LA PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE DES ENTREPRISES MAROCAINES

[EXPLORATORY STUDY : THE EFFECT OF CAREER MANAGEMENT PRACTICES ON THE ORGANIZATIONAL PERFORMANCE OF MOROCCAN COMPANIES]

Lamiaa LAOUAMI¹ and Mohammed FARIDI²

¹Doctorante, ENCG-SETTAT, Université Hassan 1er, Maroc

²Enseignant chercheur, ENCG-SETTAT, Université Hassan 1er, Maroc

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article focuses on the concept of "human resources contingency" which supports the strategic alignment of human resources to the organization to improve organizational performance. An exploratory qualitative study was conducted with a sample of 20 Moroccan companies operating in the financial sector to contextualize the concept. The inferred results suggest that opinions are mixed concerning internal contingency factors.

KEYWORDS: Career management, Human Resources Management, Contingency, Organizational performance.

RÉSUMÉ: Cet article met l'accent sur le concept de « contingence des ressources humaines » qui appui l'alignement stratégique des ressources humaines en fonction de l'organisation afin d'améliorer la performance organisationnelle. Une étude qualitative exploratoire a été menée auprès d'un échantillon de 20 entreprises marocaines exerçant dans le secteur financier pour contextualiser le concept. Les résultats déduits avancent que les opinions sont contrastées par rapport facteurs de contingence interne.

MOTS-CLEFS: Gestion des carrières, Gestion des Ressources Humaines, Contingence, Performance organisationnelle.

1 INTRODUCTION

La fonction RH s'est beaucoup développée ces dernières décennies, et joue un rôle très important dans l'organisation. Nous ne sommes plus dans cette perception où la fonction RH est un simple département qui se contente de la gestion ordinaire comme l'établissement des fiches de paie, du recrutement, ou même du licenciement, mais plutôt une fonction à caractère stratégique qui vise l'encadrement et le management du potentiel humain par le biais de la formation, la GPEC, la mise en place d'un système de rémunération incitative et la gestion des carrières.

Selon Pfeffer (1994), le problème pour l'organisation à garder une position durable dépend généralement de leur impuissance à attirer et fidéliser son personnel. C'est pour cela que la Gestion des Ressources Humaines est considérée comme une fonction indispensable pour le maintien et l'accroissement de la performance organisationnelle (Arthur 1994). Parmi les différentes activités de la gestion des ressources humaines, la gestion des carrières est considérée comme des pratiques hautement performantes (Pfeffer 1984, Delery et Doty, 1996). Cependant, les pratiques relatives à la gestion des carrières doivent être adéquates à un bon nombre de facteurs contextuels de l'organisation (Gerhart 2000).

La théorie de la contingence stipule que les meilleures pratiques de la gestion des ressources humaines ne sont pas les mêmes dans toutes les organisations car ils sont relevées dans des contextes différents (Fossum et Parker, 1983; Dyer, 1984). Cela veut dire que ce qui est une bonne pratique pour une organisation appartenant à un environnement spécifique n'est pas toujours l'optimum pour une organisation travaillant dans autre environnement.

Selon les chercheurs de ce courant, les performances élevées sont atteintes en présence de structures adéquates aux contraintes du contexte. Pour eux, les facteurs de contingence sont différents, certains auteurs comme Burns, Stalker, Lawrence et Lorch, considèrent que l'environnement externe de l'organisation (évolution du marché, innovation technologique, etc.) est le générateur de contingences, alors que d'autres comme Chandler et Penrose, prouvent que les pratiques de la Gestion des Ressources Humaines doivent être alignées sur la stratégie de développement de l'organisation.

Conscient du rôle contingent de la stratégie sur le lien entre les pratiques de la gestion des ressources humaines et la performance organisationnelle dans les organisations appartenant au même environnement, nous avons mené une étude qualitative auprès de vingt grandes entreprises exerçant au secteur financier pour répondre à nos interrogations formulés comme suit: Quelles sont les bonnes pratiques de gestion des carrières adoptées au sein des entreprises marocaines? A Quel degré ces pratiques sont alignées sur la stratégie Rh interne adoptée? Est-ce que les bonnes pratiques de gestion des carrières peuvent améliorer la performance organisationnelle?

Cet article s'articule autour de deux sections:

Dans un premier lieu, nous exposons le cadre théorique de notre étude. Et en deuxième lieu nous présentons les éléments méthodologiques et les résultats de notre étude exploratoire. A l'issue de cette section, la discussion des résultats sera exposée.

2 CADRE CONCEPTUEL

L'intérêt de cette partie est de présenter une synthèse de la littérature sur la contingence des ressources humaines et la performance organisationnelle

2.1 PERSPECTIVES DE LA CONTINGENCE DES RESSOURCES HUMAINES

La théorie de la contingence se différencie par rapport aux autres théories avancées (universaliste et configurationnelle) par le fait, qu'elle ajoute au modèle une variable complémentaire comme l'ont évoqué Delery et Doty (1996) afin d'accroître l'efficacité organisationnelle. Il faut que les pratiques de la gestion des ressources humaines soient contingentes avec la stratégie d'affaires de l'organisation. Mais à cause de l'accessibilité et la disponibilité des technologies et aux capitaux à n'importe quelle moment et n'importe où, les entreprises sont obligées de tourner vers les capacités organisationnelles dont elles disposent (Dyer et Reeves, 1995). Selon (KHatri, 2000), les entreprises doivent avantager leurs forces internes pour produire des stratégies adaptées et durables. Selon le même auteur, les anciens modèles sont inconvenables pour résister aux changements de l'environnement actuel marqué par la complexité et la variation.

La mutation de la gestion des ressources humaines traditionnelle vers une gestion stratégique des ressources humaines, c'est-à-dire, nous ne sommes plus dans le temps où la gestion des ressources humaines est appliquée semblablement d'une organisation à l'autre, a transformé les ressources humaines en un outil important pour atteindre l'avantage compétitif. La théorie de la contingence des ressources humaines suggère de s'appuyer sur les bonnes pratiques RH qui supporte la stratégie d'affaire de l'organisation. En effet, les ressources humaines sont des éléments inimitables par les compétiteurs (Gill et Meyer, 2008).

La perspective de la contingence appuie l'alignement stratégique des pratiques des ressources humaines en fonction de l'organisation. Pour cette approche, ce sont les pratiques cohérentes avec l'organisation qui impacteront l'efficacité de l'organisation. Les chercheurs (Dean et Lepak, 1996 ; Delery et Doty, 1996 ; Youndt et Snell, 1996 ; Kerr, 1985 ; Lengnick-Hall et Lengnick-Hall, 1988 ; Miller, 1989 ; Niniger, 1980 ; Rhodes, 1988 ; Siocum et al., 1985 ; Van de Ven et Drazin, 1985) ont déterminé comme variable contingente la stratégie d'affaire, car elle est d'une grande influence sur l'utilisation des différentes pratiques de ressources humaines à l'interne de l'organisation. A cet effet, cette variable sera retenue comme facteur de recherche dans le modèle de contingence.

D'autres chercheurs se différencient des approches stratégiques traditionnelles, en affirmant que chaque organisation dispose de facultés leur permettant de développer ses propres stratégies internes. Des auteurs comme Cooke (1994), Kochan et Osterman (1994), ont démontré que lorsque les pratiques de GRH sont utilisés pour appuyer des stratégies de

développement organisationnel (organisation du travail, gestion de la qualité et la culture d'entreprise) ont une grande valeur ajoutée.

2.1.1 ORGANISATION DU TRAVAIL

Comme a été décrit par les chercheurs (Cohen et Bailey 1997), les nouveaux modes d'organisation du travail comme l'autonomie des équipes ont pour effet de changer les structures de communication et de pouvoir au sein des organisations. D'autres chercheurs (Banker, Field, Schroeder, et Sin ha, 1996 ; Cable et Fitzroy, 1980 ; Cooke, 1994 ; Cotton, 1993 ; Cutcher-Gershenfeld, 1991, Eaton, Voos, et Kim, 1997 et Levine et Tyson en 1990) indiquent que le fait qu'une organisation regroupe son personnel en équipes de travail augmentera sa performance organisationnelle. Car en adoptant un tel type d'organisation de travail, cela accroîtra la motivation des employés, ce qui impactera positivement la qualité de leur travail.

2.1.2 GESTION DE LA QUALITE

La gestion de la qualité exige aux organisations à faire développer leurs systèmes d'évaluation de la performance en pensant à récompenser le groupe plutôt que l'individu (Olian et Rynes, 1995). L'étude menée par Fosam, Grimsley, Wisher (1998) sur la gestion du système de rémunération, propose que la justice procédurale, la transparence et la qualité de communication soient des éléments conditionnels pour le succès de la démarche de la gestion de la qualité.

2.1.3 CULTURE D'ENTREPRISE

Hampden Turner (1992) « la culture d'une organisation définit un comportement approprié, relie et motive les individus, et impose certaines solutions là où il y a ambiguïté. Elle gouverne la façon dont une entreprise traite l'information, ses relations internes et ses valeurs ». Certaines études menées sur la rémunération appuient l'idée que la culture participative semble être la stratégie interne la plus déterminante dans les choix de politiques de rémunération. Poole et Jenkins (1991) affirment que la participation des employés a un rôle modérateur dans la relation entre les régimes collectifs de rémunération et l'efficacité organisationnelle.

3 MODÈLE DE RECHERCHE

Le modèle de recherche que nous avons développé pour répondre à notre questionnement s'articule autour de trois groupes de variables : Les pratiques de la gestion des carrières, la stratégie interne RH et la performance organisationnelle.

3.1 VARIABLES DE LA GESTION DES CARRIÈRES (VARIABLES INDÉPENDANTES)

Les pratiques de la gestion des carrières comportent quatre axes majeurs que nous avons retenus pour notre étude :

- La planification des carrières : sert à planifier les mouvements de main d'œuvre au sein de l'organisation pour garder les meilleures compétences et de compléter les besoins organisationnels futurs. C'est un processus d'adéquation entre les attentes des employés et les besoins organisationnels. Une rareté dans la documentation sur cette variable nous a amené à retenir cette variable pour approfondir notre recherche.
- La rémunération incitative : Vue l'intérêt qu'a suscité cette variable dans les recherches précédentes, bon nombre de chercheurs affirment que celle-ci engendre une augmentation significative de l'efficacité organisationnelle, cela nous amène à reprendre cette variable dans notre modèle de recherche.
- Le développement professionnel par la formation : Le développement professionnel par le biais de la formation : la formation est définie selon Fabi et Patterson (1992) comme « l'ensemble des activités planifiées d'apprentissage développant chez les employés des connaissances, des habiletés et des attitudes propres à maximiser la réalisation des objectifs de l'organisation, et à faciliter l'adaptation à leur environnement socio-professionnel ». Par cette définition, on déduit que la formation est une stratégie à travers laquelle le rendement des employés est augmenté, et donc une amélioration de la performance organisationnelle.
- La communication : Lawler (1986) soulève que la communication est la capacité à employer l'information comme source de pouvoir et d'efficacité, pour la coordination et la collaboration au sein de l'organisation. Plusieurs études ont prouvé un lien significatif entre les pratiques de la communication et la performance organisationnelle.

Vu le caractère stratégique des variables retenues pour étudier les pratiques de la gestion des carrières, nous estimons qu'il est important d'étudier l'alignement de celles-ci sur la stratégie interne de l'organisation.

3.2 VARIABLES LIÉES À LA PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE (VARIABLES DÉPENDANTES)

La performance organisationnelle est le résultat obtenu par rapport aux objectifs, à la stratégie de l'organisation et/ou aux attentes des parties prenantes. Dans la littérature deux grands modèles sont proposés :

- Le modèle de Kalika (1988) : il propose pour la mesure de la performance organisationnelle quatre facteurs à savoir ; la qualité de circulation de l'information, les relations entre services, le respect de la structure formelle et la flexibilité de la structure.
- Barrette et Ouelette (2002) : Dans leur étude portée sur la performance organisationnelle et la complémentarité des pratiques de gestion des ressources humaines, ils définissent pour la mesure de la performance organisationnelle trois facteurs, la productivité et l'efficacité (aspect d'efficacité et d'efficacité interne des organisations), le positionnement concurrentiel (continuité et survie), et l'acquisition de la clientèle et la croissance (clients et marché).

Pour notre modèle de recherche, nous adoptons les variables proposées dans le modèle de Barrette et Ouelette (2000).

3.3 VARIABLES DE LA STRATÉGIE RH INTERNE (VARIABLES MODÉRATRICES)

La théorie de la contingence des ressources humaines a évoqué deux formes d'alignement : l'alignement vertical et l'alignement horizontal (Delery et Doty 1996). L'alignement vertical stipule que la stratégie d'affaires (stratégie externe) exige des comportements spécifiques qui sont notamment stimulés par la GRH (Schuler et Jackson, 1987). Quant à l'alignement horizontal, suggère que ce sont les stratégies internes développées par l'organisation qui sont la source d'un avantage concurrentiel. Certaines études ont prouvé que les pratiques de rémunération utilisées pour consolider les stratégies de développement organisationnel (organisation du travail, la gestion de la qualité et la culture d'entreprise) avaient une valeur ajoutée importante (Cooke 1994 ; Kochan et Osterman ; 1994). Nous soutenons la deuxième approche, et nous retenons comme variables contingentes : l'organisation du travail, la gestion de la qualité, et la culture d'entreprise.

4 MÉTHODOLOGIE

Au Maroc, les études sur les pratiques de la gestion des carrières et leurs effets sur la performance organisationnelle ne sont pas à l'ordre du jour. L'idée d'amener une recherche dans une thématique pareille dans le contexte marocain se veut originale. Cela nous a mené à entamer une étude qualitative exploratoire, qui sera considérée comme précurseur de la recherche quantitative, des entretiens semi-directifs ont été menés afin de faciliter et d'enrichir la conception de notre questionnaire.

Le but principal de cette étude est de collecter des informations de nature qualitative et de manière exploratoire nous permettant ainsi, de confirmer ou d'infirmer les dimensions suggérées et en finalité de contextualiser notre cadre conceptuel.

Compte tenu de la nature contextuelle de notre étude qualitative, nous avons élaboré un guide d'entretien dont le but est de cerner les questions clés et objets d'investigation relatifs à notre problématique de recherche. Notre guide d'entretien, qui a pour objectif de faire le point sur les différentes pratiques de gestion des carrières exercées au sein des entreprises marocaines, et d'identifier les indicateurs de performance retenues dans la mesure de la performance organisationnelle, est regroupé sous les thèmes suivants :

- Recensement des pratiques de la gestion des carrières au sein de l'organisation ;
- Etat des lieux de la Stratégie RH interne au sein de l'organisation ;
- Performance organisationnelle

Les entretiens semi-directifs relatifs à notre étude ont été adressés aux directeurs des ressources humaines des entreprises exerçant dans le même domaine qui est le secteur financier au Maroc. Nous avons procédé à la prise de contact par e-mail et par téléphone. Les entretiens sont tenus soit dans les locaux des entreprises ou par téléphone. Ces entretiens que nous avons menés auprès de notre échantillon d'étude sont soumis au principe de la saturation de l'information. Nous avons choisi d'arrêter d'interroger les entreprises marocaines, car nous avons constaté une redondance aux niveaux des réponses collectées, et cela n'est plus enrichissant pour notre modèle de recherche. Pour cette raison, nous nous sommes limités à un échantillon représentatif de 20 grandes entreprises exerçant dans le secteur financier. Le choix de la taille d'entreprise (grande entreprise)

a été motivé par l'existence de département dédié à la fonction RH et donc l'existence des pratiques de GRH au sein de ces organisations.

5 RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1 LA PLANIFICATION DES CARRIERES

L'analyse révèle un constat intéressant. Toutes les entreprises interrogées établissent des plans de carrières pour l'ensemble des employés, le fait de communiquer avec le personnel de l'entreprise est une pratique très courante au sein de ses organisations. Les outils de la Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Carrières sont de grande utilité pour ces entreprises. En effet, les prévisions et les besoins futurs organisationnels sont déjà prévus à l'avance, et ça leurs permettra d'anticiper et de surmonter les contraintes de l'environnement externe.

Il apparait que la pratique de la planification des carrières est une pratique très significative et importante dans l'atteinte des objectifs fixés par les entreprises enquêtées.

5.2 LA REMUNERATION INCITATIVE

La rémunération incitative est considérée dans ces organisations comme un élément ayant pour effet d'augmenter l'efficacité des employés. Les formes de cette pratique qu'on a recensée d'après nos entretiens avec les différentes entreprises sont :

- Le partage des gains de productivité.
- La répartition d'une partie des profits avec les employés.
- Les bonus liés à l'évaluation de la performance individuelle.

Par contre, le partage de l'actionnariat et les pratiques d'achat d'option ne sont pas des formes adoptées par toutes les organisations, il y en a certain qui les gardent pour le top management.

5.3 LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES PAR LA FORMATION

La formation est considérée dans les entreprises interrogées comme une pratique nécessaire permettant de répondre aux besoins actuels et futurs de l'organisation et lui accorde un grand intérêt. D'après notre entretien avec les DRH des différentes entreprises, la formation leur permet de préparer des équipes qui peuvent faire face aux changements notamment par la montée en puissance à l'ère du digital. Donc, disposer d'un plan de formation pour les employés est une activité importante, dont l'étape de l'identification des besoins de formation avant d'organiser les formations est primordiale.

Généralement, tous les employés de ses organisations ont bénéficié pendant leurs parcours au moins une fois d'une formation. Les types de formation diffèrent d'une entreprise à une autre. Toutes les entreprises préconisent les formations qui sont en lien avec leurs métiers, alors que d'autres (16 entreprises interrogées sur 20) développent leurs compétences à travers des cycles de formation en Softs Skills.

5.4 LA COMMUNICATION

Au sein de ces organisations, la communication a un rôle stratégique dans la circulation de l'information soit d'une manière ascendante ou descendante. Les supports de communication oraux (entretiens individuels, réunions), écrits (affichage, journal interne, note de service, boîte à idée, intranet, etc.) sont tous d'une grande utilité.

A travers la communication, la majorité de notre cible s'en sert pour communiquer des informations concernant les décisions stratégiques, de partager les informations financières comme par exemple les rapports annuels, bilans périodiques ou autres concernant l'entreprise, de livrer des informations concernant les nouveaux produits et services offerts par l'entreprise, et divulguer les informations concernant la concurrence (produits compétitifs, les parts de marché, etc.).

Apparemment, la communication est une pratique courante au sein de ces organisations permettant ainsi de diffuser les informations et de recenser les opinions et les idées de leurs collaborateurs.

5.5 L'ORGANISATION DU TRAVAIL

En ce qui concerne l'organisation du travail au sein des entreprises interrogées, nous avons constatées l'existence d'une combinaison de deux types d'équipes de travail :

- Les équipes intégrées à la structure formelle de l'organisation sont organisées sous forme d'équipes semi-autonomes, et caractérisées par un meilleur échange entre les collaborateurs, ce qui augmentera leurs motivations, et ça impactera directement la qualité de leur travail.
- Les équipes de projets regroupant des experts qui contribuent tous à l'achèvement des projets.

La restructuration des postes est aussi une pratique importante. Elle permet d'enrichir et de diversifier une tâche reliée à un poste particulier.

5.6 GESTION DE LA QUALITE

A travers la gestion de la qualité, le tiers des entreprises interrogées utilisent une combinaison de pratiques de qualité totale les plus sophistiquées à travers toute l'entreprise et avec leurs partenaires.

5.7 CULTURE D'ENTREPRISE

Quasiment toutes les entreprises reconnaissent que la culture d'entreprise reflète les valeurs, l'idéologie et les rituels perceptibles dans leurs organisations. Ces entreprises dont la culture est participative, implique les employés dans la prise de décisions.

5.8 PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE

L'enquête a repéré que le niveau de satisfaction du personnel est élevé, et que le nombre de plainte est réduit, car les DRH estiment que leurs employés sont satisfaits par rapport au climat du travail et à la rémunération, ce qui explique le départ réduit des employés. Il faut signaler que l'ensemble du personnel est mobilisé pour atteindre les objectifs fixé par leur organisation. Cela implique une augmentation de la productivité des salariés.

En se basant aussi sur les réponses des DRH des entreprises enquêtées, le degré de satisfaction des clients est important, vu que les produits proposés ont une qualité meilleure.

Pour ce qui est de la rentabilité et la marge de profit, elles sont élevées ainsi que le rendement des actions (toutes les entreprises interrogées sont cotées en bourse)

6 CONCLUSION

Cette enquête avait pour objectif de vérifier l'impact de certaines pratiques de gestion des carrières sur la performance organisationnelle sous l'effet des facteurs contingents de la stratégie Rh interne.

Nous avons constaté que les pratiques de la gestion des carrières diffèrent en fonction de ces facteurs contingents interne malgré que ces organisations font partie du même contexte, et subissent les mêmes pressions de l'environnement externe.

Au Maroc, nous constatons une absence d'étude dans ce sens. Cela nous a poussé à suivre une démarche exploratoire pour mieux cerner l'effet de certaines pratiques de gestion des carrières sur la performance organisationnelle. De là, nous avons mené des entretiens semi directifs auprès d'un échantillon représentatif de 20 entreprises marocaines dans le secteur financier.

Il est important de retenir que les entreprises doivent adopter des pratiques de gestion des carrières alignés à la stratégie RH interne afin d'améliorer leur performance organisationnelle.

Notre étude exploratoire est limitée à un échantillon réduit, du coup ne nous pouvons pas généraliser ces résultats sur l'ensemble de la population. Ceci nous pousse à envisager une étude quantitative confirmatoire pour mieux délimiter cette problématique.

REFERENCES

- [1] Arcand, M. (2000), L'effet des pratiques de gestion des ressources humaines sur l'efficacité des caisses populaires. Metz: Université de Metz
- [2] Assaad, Sylvie G., Pierre J, *Comportement organisationnel : justice organisationnelle, enjeux de carrière et épuisement professionnel*, volume II, 2010, p.149
- [3] Autissier, David, Simonin, Blandine, *Mesurer la performance des ressources humaines*, Editions d'Organisation 2009.
- [4] Barney, J. B. (1991), Firm Resources and Sustained Competitive Advantage, *Journal of Management*, Vol. 17, n°1, p. 99-129.
- [5] Barney, J.B. (1995). Looking Inside for Competitive Advantage, *Academy of Management Executive*, 9:4, p.49-61.
- [6] Bayad, M., Arcand, G., Arcand, M., Allani, N., Gestion Stratégique des Ressources Humaines : Fondements et modèles, *Revue internationale des relations de travail*, Janvier 2004, p.74-93, Volume 2.
- [7] Beer, M., Spector B., Lawrence, P. R., Mills, D. Q., & Walton, R. E. (1984), *Managing Human Assets*, New York: The Free Press. 209 p.
- [8] Beer, Michael, Bert Spector, Paul R. Lawrence, D. Quinn Mills and Richard E. Walton.(1985), *Human Resource Management*. New York: Free Press.
- [9] Besseyre des Horts Charles-Henri, (1988), *Vers une gestion stratégique des ressources humaines*, Paris : Editions d'Organisation.
- [10] Brummet R.L., Flamholz E.G. et Pyle W.C. (1968), Human Resource Measurement: A Challenge for Accountants, *The Accounting Review*, Avril, p. 217-224.
- [11] Brousseau, K. R., Driver, M. J., Eneroth, K., & Larsson, R. (1996), Career pandemonium: Realigning organizations and individuals, *The Academy of Management Executive*, 10(4), p.52-66.
- [12] Capron M., (1995), Vers un renouveau de la comptabilité des ressources humaines ?, *Revue Française de Gestion*, p.46-54.
- [13] Coff, R. (1997), Human Assets and Management Dilemmas: Coping with Hazards on the Road to Resource-based Theory, *Academy of Management Review*, Vol. 22, n° 2, p.374-402.
- [14] Cooke, W, (1994), Employee Participation Programs, Group-Based Incentives, and Company Performance: A Union-Nonunion Comparison. *Industrial and Labor Relations Review*, 47(4), p. 94–609.
- [15] Delery, J.E. et Doty D.H. (1996), Modes of Theorizing in Strategic Human Resource Management: Tests of Universalistic, Contingency and Configurational Performance Predictions, *Academy of Management Journal*, vol. 39, n° 4, p. 802-835
- [16] Dyer, L. , et Reeves, T. (1995), Human resource strategies and firm performance: what do we know and where do we need to go?, *International Journal of Human Resource Management*, 6 (3), p. 656-670.
- [17] Emery, Y. (2003), L'emploi public en mutation, autopsie d'une évolution mouvementée et prometteuse. Sens et paradoxes de l'emploi public au XXIème siècle. Y. Emery Lausanne: *Presses polytechniques et universitaires romandes*, p.29-54
- [18] Guérin, G. et Wils, T. (2002), La gestion stratégique des ressources humaines, *Revue Internationale de Gestion*, Vol. 27, n°. 2, p.14-2.
- [19] Fabi, B. et N. Pettersen (1992), Human Resource Management Practices in Project Management, *International Journal of Project Management*, vol. X, no 2, p. 81-88.
- [20] Flamholz E.G. (1971), Toward a Theory of Human Resource Value in Formal Organizations, *The Accounting Review*, Octobre, p.666-678.
- [21] Flamholz E.G. (1972), Should your Organization Attempt to Value its Human Resources,*California Management Review*, Hiver, p.40-45.
- [22] Flamholz E.G. (1973), Human Resource Accounting: Measuring Positional Replacement Cost, *Human Resource Measurement*, Printemps, p.8-16.
- [23] Fombrun, C. J, Tichy, N M and Devanna, M A (1984), *Strategic Human Resource Management*, Wiley, New York.
- [24] Fosam, E. B., M. Grimsley et S. J. Wisher. (1998), Exploring Models for Employee Satisfaction, with Particular Reference to a Police Force, *Total Quality Management*, vol. 9, nos 2–3, p.235–247.
- [25] Guerin G., Wils T. (1992), *Gestion des ressources humaines : du modèle traditionnel au modèle renouvelé*, Montréal : Les PUM.
- [26] Guerin G., Wils T. (1993), Sept tendances clés de la nouvelle GRH, *Gestion*, 18 : 1, p.15-25.
- [27] Guerin G., Wils T., Lemire L. (1997), L'efficacité des pratiques de gestion des ressources humaines : Le cas de la gestion des professionnels syndiqués au Québec, *Relations Industrielles*, 52 : 1, p.61-90.
- [28] Guerin G., Wils T. (2002), La gestion stratégique des ressources humaines, *Gestion*, 27 : 2, p.14-23.
- [29] Hermanson R.H. (1963), *A Method for Recording all Assets and the Resulting Accounting and Economic Implications*, Dissertation Ph.D., Michigan State University, MI.

- [30] Huselid, M.A. (1995), The impact of human resource management practices on turnover, productivity, and corporate financial performance, *Academy of Management Journal*, vol. 38, n°3, p. 635-672.
- [31] Kalika, M., *Structures d'entreprises : réalités, déterminants, performances*, Economica, 1988.
- [32] Louami.L, Faridi.M, Proposition d'un modèle conceptuel des pratiques de la gestion des carrières comme outil de la gestion stratégique des ressources humaines pour améliorer la performance des entreprises marocaines, *Moroccan Journal of Entrepreneurship, Innovation and Management (MJEIM)*, Volume 4, numéro 1
- [33] Le Louarn J.-Y., Wils T. (2001), *L'évaluation de la gestion des ressources humaines. Du contrôle des coûts au retour sur l'investissement humain*, Paris, Liaisons.
- [34] Liouville, J. et M. Bayad (1995), Stratégies de gestion des ressources humaines et performances dans les PME : résultats d'une recherche exploratoire, *Gestion 2000*, vol. 1, p. 159-179.
- [35] Lawler, E. E. (1986), *High involvement management: Participative strategies for improving organisational performance*, San Francisco: Jossey-Bass.
- [36] Martory B., (1990), *Contrôle de gestion sociale*, Vuibert, Paris
- [37] McMahan, G. C., Virick, M., & Wright, P. M. (1999), *Alternative Theoretical Perspective for Strategic Human Resource Management Revisited: Progress, Problems, and Prospects*. In P.
- [38] Noguera F. et D. Khouatra, (2004), Gestion des ressources humaines et création de valeur organisationnelle, concepts et outils de mesure, Congrès AGRH, Montréal, www.agrh2004-esg.uqam.ca/liste.htm#tome3
- [39] Schuler, Randall S. et Suzan E. Jackson, (1987), Linking Competitive Strategies with Human Ressource Management Pratiques, *Academy of Management Executive*, vol. 1, n°3, p.207–219.
- [40] Schuler, R.S., Budhwar, P.S. and Florkowski, G.W. (2002), International human resource Management: review and critique, *International Journal of Management Reviews*, 4, p.41–70.
- [41] Pfeffer, J. (1994), Competitive Advantage through People, *California Management Review*, winter, p.9-28.
- [42] Pfeffer, J. (1998), Seven Practices of Successful Organizations, *California Management Review*, vol.40, n° 2, p. 96-124.
- [43] Pfeffer, J. et J. F. Veiga (1999), Putting People First for Organizational Success, *The Academy of Management Executive*, vol. 13, n° 2, p.37-48.
- [44] Smith C.D. & Ferris G., (1986), Strategic HRM and Firms Effectiveness in Industries Experiencing Decline, *Human Resource Management*, p. 441-457.
- [45] Schein E.H., (1978), *Career dynamics: matching individual and organisational needs*, Reading: Addison-Wesley.
- [46] Schein E.H. (1990), *Career Anchors: Discovering Your Real Values*, Pfeiffer & Company, San Diego, California.
- [47] Schein; E.H., (1996), Career anchors revisited: Implications for career development in the 21st century, *Academy of Management Executive*, vol.10, n° 4, p.80-88.
- [48] Ulrich D., Smallwood N. (2005), HR's new ROI: return on intangibles, *Human Resource Management*, 44: 2, p.137-142.
- [49] Wright M, L. D. Dyer, J. W. Boudreau, & G. T. Milkovich (Eds.), (2005), *Research in Personnel and Human Resources Management* (Supplement 4, p. 99-122).
- [50] Wright, P.M., Dunford B.B et Snell S.A (2001), Human resources and the resource based view of the firm, *Journal of Management*, vol. 27, n°6, p. 701-721.
- [51] Weitzman, M.L., and Kurse D (1990), Profit Sharing and Productivity, In: A.S Blinder (ed), *Paying for Productivity: A Look at the Evidence*. Washington, D.C., p.95-140.

Caractéristiques ethnobotaniques et pratiques culturelles de *Solanum scabrum* Mill., légume-feuilles en domestication dans le département du Plateau au Sud Bénin

[Ethnobotanical characteristics and agricultural practices of *Solanum scabrum* Mill., leafy vegetables in domestication in the department of Plateau in South Benin]

Adjatin Arlette¹, Adjahossou Naéssé¹, Vodouhe Senan¹, Dandjinou Paulin¹, Aboudou Razack¹, Yedomohan Hounnankpon², and Dansi Alexandre¹

¹Ecole Nationale Supérieure des Biosciences et Biotechnologies Appliquées (ENSBBA), Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM) d'Abomey. BP 14, Dassa, Benin

²Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Cotonou, Benin

Copyright © 2019 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: *Solanum scabrum* Mill. is an important leaf vegetable grown in the tropics and is among the traditional leafy vegetables that are more consumed in food use. In Benin this crop is underused despite its importance in human alimentation, in the traditional pharmacopeia and in socioeconomic plan. Ethnobotanical surveys were conducted in the Plateau department of southeastern Benin and trials were set up to compare the vegetative growth of the two morphotypes on the one hand and to evaluate the effect of spacings on growth. The values of diversity and fairness indices are low ($ID = 0.74 < 3$ and $IE = 0.43 < 0.5$), indicating an uneven distribution of knowledge about the uses of the species. It is the Nagot (Women, $ID = 0.16$ and $IE = 0.09$ and men, $ID = 0.14$ and $IE = 0.08$) who hold most of the knowledge about the species. Levels of domestication 0 and 1 were recorded in the villages of Ifangni and Sakété while in Kétou, Pobè and Adja-Ouèrè, levels of domestication are advanced. The Nagot practice picking, the Holli are more market gardening while the Mahi are both picking and market gardening. There is a diversity structured in two morphotypes that are distinguished by recognition traits well defined by the populations. Of the three spacings used (20x50 cm, 30x50 cm and 50x50 cm), that of 30x50cm would optimize vegetative growth and yield for a better productivity of *S. scabrum*. Further domestication studies are needed to promote the sustainable use of this leaf vegetable in Benin.

KEYWORDS: Leafy vegetable, *Solanum scabrum*, domestication, cultural practices, Benin.

RESUME: *Solanum scabrum* Mill. est un important légume feuille cultivé dans les régions tropicales et fait partie des légumes feuilles les plus consommés dans les régimes alimentaires. Au Bénin, cette espèce est sous-utilisée en dépit de son importance dans l'alimentation, dans la pharmacopée traditionnelle et son importance socioéconomique. Des enquêtes ethnobotaniques ont été conduites dans le département du Plateau au Sud-est du Bénin et des essais ont été installés pour comparer la croissance des deux morphotypes d'une part et d'évaluer l'effet des écartements sur la croissance. Les valeurs des indices de diversité et d'équitabilité sont faibles ($ID=0,74 < 3$ et $IE=0,43 < 0,5$) indiquant ainsi une répartition inégale des connaissances sur les utilisations de l'espèce. Ce sont les Nagot (Femmes, $ID = 0,16$ et $IE = 0,09$ et hommes, $ID = 0,14$ et $IE = 0,08$) qui détiennent la plupart des connaissances sur l'espèce. Les niveaux de domestication 0 et 1 ont été enregistrés à Ifangni et Sakété alors qu'à Kétou, Pobè et Adja-Ouèrè, les niveaux de domestication sont avancés. Les Nagot pratiquent la cueillette, les Holli font le maraîchage alors que les Mahi font à la fois la cueillette et le maraîchage. Il existe une diversité structurée en deux morphotypes qui se distinguent par des traits de reconnaissance bien définis par les populations. Des trois écartements utilisés (20x50 cm, 30x50 cm et 50x50 cm), celui du 30x50cm permettrait d'optimiser la croissance végétative et le rendement pour une meilleure productivité de *S. scabrum*. Des études de domestications plus approfondies sont nécessaires pour promouvoir l'utilisation durable de ce légume-feuille au Bénin.

MOTS-CLEFS: Légume-feuille, *Solanum scabrum*, domestication, pratiques culturelles, Bénin.

1 INTRODUCTION

En Afrique, les cultures maraichères ont longtemps porté sur des espèces locales, mais à la faveur de la colonisation et de la mondialisation, des légumes exotiques ont été introduites. Ainsi, les légumes indigènes, appelés aussi légumes traditionnels, ont été progressivement marginalisés au point que leur diversité et leur potentiel nutritionnel n'ont pas été suffisamment exploités (Ojiewo et al. 2013). Ces légumes feuilles sont d'une importance vitale pour la population locale et occupent une place importante dans la diversification des régimes alimentaires des populations des pays en développement. De plus, ils apportent la majorité des éléments nutritionnels nécessaires à la croissance et au maintien de la santé (Lock et al., 2005 ; Ojiewo et al. 2013). Malgré la place indéniable que ces ressources occupent dans le développement durable, certaines n'ont pas bénéficié d'une attention soutenue au point où elles sont qualifiées de plantes négligées et sous-utilisées et d'autres sont menacées (Dansi et al., 2012). En conséquence, il manque d'informations objectives sur leurs potentialités nutritionnelles et leurs éventuelles vertus médicinales permettant d'asseoir des stratégies de conservation et d'amélioration en vue de leur valorisation (Afolayan et Jimoh, 2009).

Solanum scabrum (morelle noire) est une plante herbacée annuelle utilisée comme légume-feuilles (Berinyuy, 2002). Le centre d'origine de *S. scabrum* est probablement l'Afrique de l'Ouest où l'espèce a été domestiquée (Fontem and Schippers 2004; Olet, 2004). C'est une plante facile à cultiver qui réussit dans la plupart des sols et se développant mieux quand il y a une forte teneur en matière organique dans le sol. C'est un légume, très nutritif, et riche en vitamine C, riboflavine, acide folique, carotènes, protéines, fer, vitamine A, iode, Zinc et Sélénium et permet de réduire la malnutrition chez les personnes vulnérables essentiellement les femmes et les enfants. Selon Jacoby (2003), *S. scabrum* contient la forte teneur en protéine que les autres espèces du même genre *Solanum*. Sur le plan médicinal, les extraits des feuilles de *Solanum scabrum* sont utilisés pour traiter la diarrhée et la jaunisse chez les enfants. Les fruits crus sont aussi utilisés pour traiter les ulcères d'estomac lorsqu'ils sont mâchés et avalés. Il est également utilisé comme fourrage pour le bétail. Les feuilles et les fruits sont une source de colorants ; les pigments anthocyaniques dans les fruits mauves à noirs sont utilisés comme colorant ou comme une sorte d'encre. C'est donc une plante à multiple usages pouvant ainsi contribuer à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté. Au Bénin, les recherches sur l'espèce se sont seulement limitées à l'inventaire des légumes feuilles traditionnels (Dansi et al., 2008). Pourtant, la sauvegarde et la vulgarisation des ressources phytogénétiques locales nécessitent l'existence d'une base de données élaborée sur leur diversité, leurs contraintes, leur distribution, leurs différents usages et leurs considérations socioéconomiques et culturelles. Aussi la maîtrise de la production de cette espèce par la domestication et la connaissance de leurs valeurs nutritionnelles et médicinales constitue une préoccupation majeure pour leur utilisation durable dans le contexte actuel de dégradation continue de la végétation (Dandjimo et al., 2008). Le présent travail, conduit dans le département du Plateau au Sud-Est du Bénin, aborde certaines des nombreuses préoccupations que suscite l'intérêt de cette espèce. Il s'agit de déterminer les caractéristiques ethnobotaniques, d'analyser les pratiques culturelles et d'évaluer l'effet de l'écartement sur la croissance et le rendement de *S. scabrum* en vue d'une meilleure productivité de l'espèce pour son utilisation durable.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le département du plateau est situé dans la partie méridionale du Bénin et est limité au Nord par le département des Collines, à l'Est par la République Fédérale du Nigéria, à l'Ouest par le département du Zou et au Sud par le département de l'Ouémé (Figure 1). Ce département est composé de cinq communes que sont Pobè, Kétou, Ifangni, Sakété et Adja-Ouère lesquelles sont peuplées majoritairement par des groupes sociolinguistiques Nagot, Holly et Mahi. Le climat est du type subéquatorial avec deux saisons pluvieuses, la pluviométrie varie entre 900 mm et 1300 mm par an et le sol est majoritairement ferrallitique (Adomou et al., 2005). L'agriculture occupe environ 85% de la population totale et est pratiquée autant par les hommes que par les femmes. Ces dernières interviennent surtout au niveau du semis et à la récolte des cultures vivrières et dans le maraîchage. Les cultures dominantes sont les céréales (maïs, niébé) et les tubercules et racines (manioc, ignames). Au Bénin, la flore analytique renferme 2807 espèces végétales (Akoègninou et al., 2006) dont la distribution n'est pas entièrement aléatoire mais dépend des conditions climatiques (Adomou, 2005).

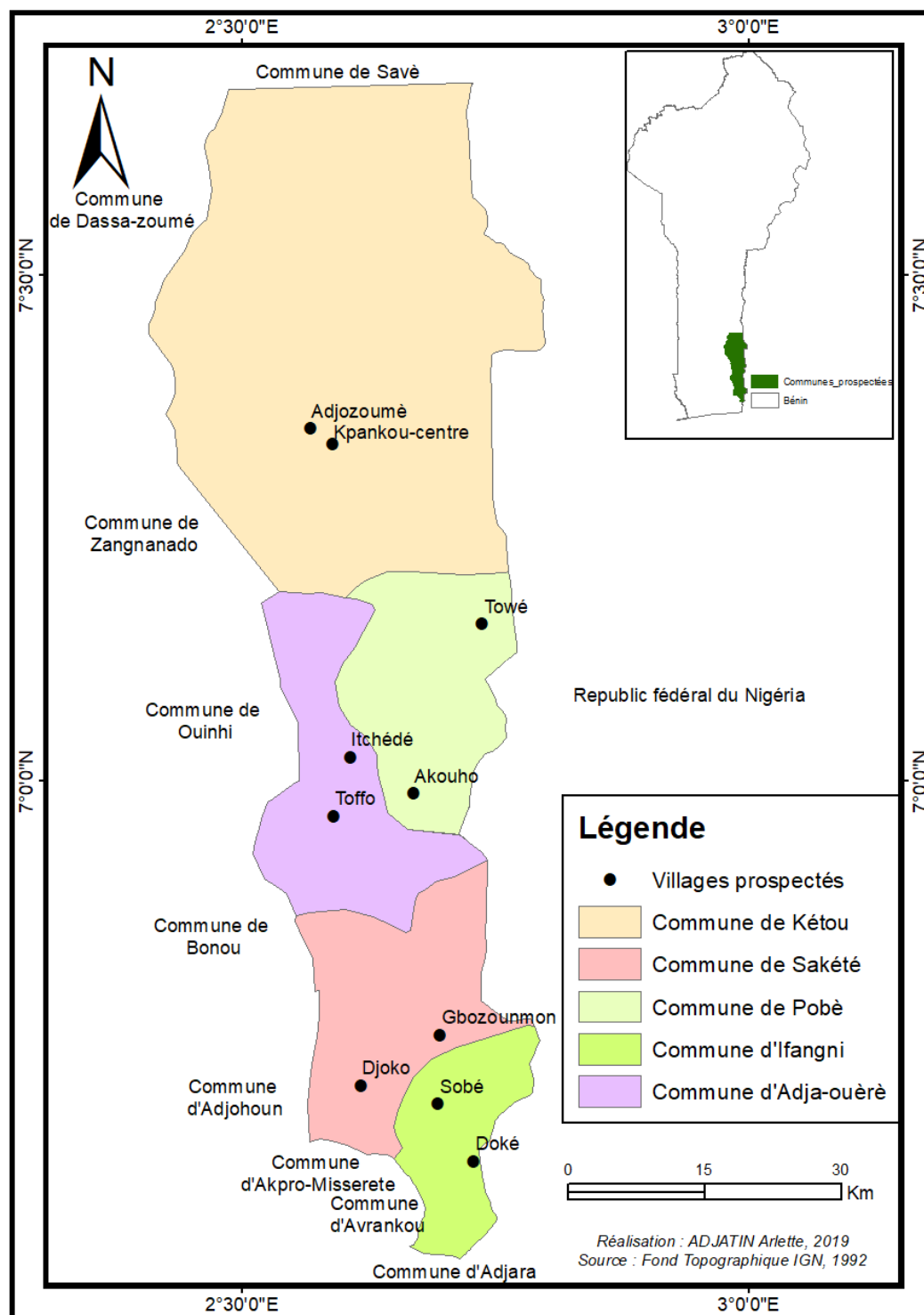


Fig. 1. Carte du plateau montrant les villages et communes prospectés

2.2 CHOIX DES SITES PROSPECTÉS ET COLLECTE DES DONNÉES ETHNOBOTANIQUES

Les villages ou localités d'étude sont sélectionnés de façon aléatoire dans chaque commune suivant la présence ou la production effective de l'espèce dans la localité. Ces villages ont été sélectionnés en tenant compte des travaux antérieurs réalisés par Dansi *et al*, (2008) et de la flore analytique du Bénin (Akoègninou *et al*, 2006). Ainsi, deux villages ont été choisis par commune en fonction des groupes sociolinguistiques présents dans ces communes. Au total 10 villages ont été prospectés

Dans ces villages, une enquête préliminaire a été d'abord réalisée auprès des personnes qui ont été prises au hasard et les données de l'enquête exploratoire ont été introduites dans la formule de Dagnelie (1998) pour déterminer l'échantillon de l'enquête.

$$n = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 p(1-p)}{d^2}$$

Dans cette formule, n est la taille de l'échantillon considéré, est p la proportion d'enquêtés ayant de connaissances sur les usages de l'espèce ($p=0,964$; résultat de l'enquête exploratoire), $U_{1-\alpha/2}$ est la valeur de la loi normale à la valeur de probabilité $1 - \alpha/2$ avec $\alpha=5\%$, d est la marge d'erreur de l'estimation fixée à une valeur de 5%. Pour une valeur de probabilité $1 - \alpha/2 = 0,975$; $U_{1-\alpha/2} \approx 1,96$. Au total, 128 personnes appartenant aux trois groupes sociolinguistiques majoritaires ont été enquêtés à travers les cinq communes.

Les principales données collectées sont relatives à l'identité de l'enquêté, aux noms vernaculaires de l'espèce et leur signification, parties consommées, vertus médicinales, importances socioculturelles, l'espèce, variabilités observées au sein de l'espèce, traits morphologiques de reconnaissance de l'espèce, modes de consommation, critères de préférence. Aussi les contraintes liées à la production de l'espèce de même que les pratiques culturelles ont été documentées. Les niveaux de domestication des espèces sont notés en utilisant les échelles définies dans le model à sept niveaux décrits par Vodouhè et al. (2011) : Niveau 0: Espèces sauvages ; Niveau 1: Espèces juste épargnées dans les champs lors des travaux champêtres ; Niveau 2: Espèces épargnées dans les champs et bénéficient de quelques soins pour encourager la croissance ; Niveau 3: Espèces transplantées de la nature dans les champs et jardins de case ; Niveau 4: Espèces cultivées- reproduites ; Niveau 5: Espèces sélectionnées ; Niveau 6: Les moyens de lutte sont connus.

A la fin des échanges, les graines de *Solanum scabrum* ont été collectées auprès des producteurs pour les des essais agronomiques.

2.3 INSTALLATION DES ESSAIS ET MESURE DES PARAMÈTRES DE CROISSANCE ET DE RENDEMENT

Les essais ont été mis en place sur le site expérimental de l'Ecole Nationale Supérieure des Biosciences et Biotechnologies Appliquées (ENSBB) de Dassa-Zoumé. Le dispositif de blocs complètement aléatoires avec trois répétitions a été utilisé pour l'expérimentation. Les jeunes plants issus de la pépinière ont été plantés sur des planches de 5 m de long et de 1,5m de large préalablement aménagées. Les écartements ont été de 50 cm, 30 cm et 20 cm d'une part et d'autre part de 50 cm entre les lignes. Au total 9 planches ont été réalisées pour cet essai. Les données quantitatives ont été collectées en utilisant des descripteurs de Fukuda et al. (2010) à des périodes de 7 jours après repiquage (JAR), 21 JAR et 42 JAR. Les paramètres étudiés sont la hauteur de la plante, le nombre de feuilles, la longueur des feuilles, la largeur des feuilles, le nombre de ramifications, la biomasse consommable et la biomasse totale. Au total, 5 variables quantitatives ont été prises sur cinq plantes sélectionnées au hasard dans chaque parcelle et leur biomasse fut mesurée en utilisant une balance électronique au laboratoire.

2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données enregistrées sur des fiches d'enquête ont été saisies et traitées à l'aide du logiciel Excel 2007. Avec les logiciels R et Minitab, une analyse en composante principale (AFC) a permis de déterminer les relations entre les groupes ethniques et les modes d'obtention de morelle noire (*S. scabrum*). Pour évaluer les utilisations et l'importance de *S. Scabrum* suivant les groupes ethniques, deux différents paramètres ont été calculés. L'indice écologique de diversité de Shannon (1949) a été utilisé pour estimer la diversité des usages de *S. scabrum*. Cet indice est calculé par la formule suivante : $ID = - \sum \left(\frac{N_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{N_i}{N} \right)$ où N_i est le nombre d'utilisations citées par l'enquêté i et N est le nombre total d'utilisations recensées. Si tous les enquêtés ont les mêmes connaissances sur *S. scabrum*, la valeur de l'indice est maximale et égale à $ID_{max} = \log_2 n$ où n est l'effectif total des enquêtés. La diversité est faible lorsque $ID < 3$; moyenne si ID est compris entre 3 et 4 ; puis élevée quand $ID \geq 4$. Une faible valeur de l'indice signifierait qu'un petit groupe d'enquêtés détient la plupart des connaissances sur *S. scabrum*. L'indice d'équitabilité de connaissances des enquêtés est le rapport entre la diversité réelle et la diversité théorique maximale. Cet indice est donné par la relation : $IE = \frac{ID}{ID_{max}}$ avec $ID_{max} = \log_2 n$. Il varie entre $[0,1]$ et permet de mesurer le degré d'homogénéité des connaissances des enquêtés. Ces indices ont été calculés par genre et groupe ethnique. Six (6) sous-unités ont été constituées à savoir : Hommes Nagot (HomNag), Hommes Mahi (HomMah), Hommes Holli (HomHol), Femmes Nagot (FemNag), Femme Mahi (FemMah) et Femmes Holli (FemHol).

3 RESULTATS

3.1 DONNÉES SOCIODÉMOGRAPHIQUES ET NIVEAU DE CONNAISSANCE DES ENQUÊTÉS

Les informations ont été recueillies auprès de 77,77% de femmes contre 22,23 d'hommes. Les Nagot et les Mahi sont les groupes sociolinguistiques les plus représentés producteurs de *S. scabrum* avec respectivement 50,02% et 44,43% tandis que les Holli sont minoritairement représentés par 5,55% (Figure 2). Parmi les enquêtés, les personnes non instruites sont les plus nombreuses avec 74,07% et 59,26% ont leur âge compris entre 40 à 50 ans (Figure 3).

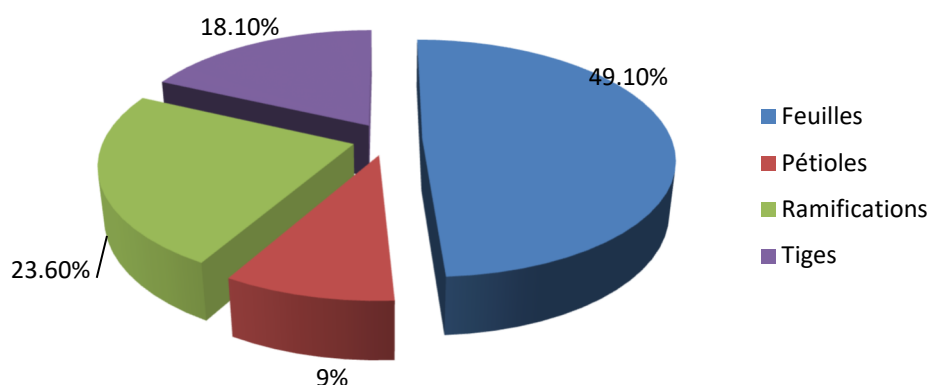


Fig. 2. Répartition des enquêtés suivant les groupes sociolinguistiques

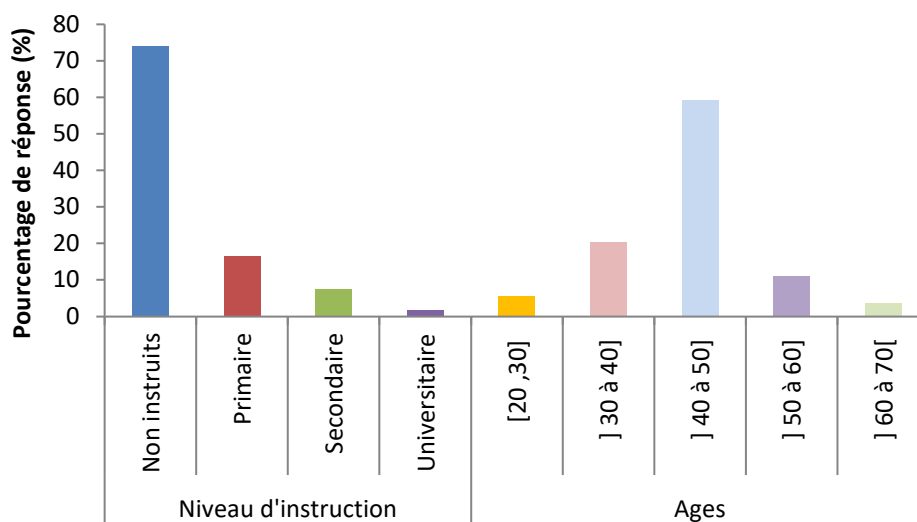


Fig. 3. Répartition des enquêtés suivant le niveau d'instruction et l'âge

Les valeurs des indices de diversité et d'équitabilité de connaissances des personnes interrogées sont présentées par le tableau 1. Pour l'ensemble, la valeur globale de la diversité des usages cités ainsi que celle de l'équitabilité des connaissances sont respectivement $0,74 < 0,3$ et $0,43 < 0,5$. Ces valeurs sont faibles indiquant une répartition inégale des connaissances entre les personnes enquêtées. En d'autres termes, un petit groupe d'enquêtés détient la plupart des connaissances sur l'espèce. Lorsque nous considérons le genre et le groupe sociolinguistique, les femmes Nagot détiennent plus de connaissances ($ID = 0,16$ et $IE = 0,09$) sur *S. scabrum*. Parmi les hommes de toute la zone d'étude, ce sont encore les hommes Nagot qui détiennent le plus de connaissances sur l'espèce ($ID = 0,14$ et $IE = 0,08$).

Tableau 1. Diversité et répartition des connaissances au sein des personnes interviewées

	FemMah	FemNag	FemHol	HomMah	HomNag	HomHol	Total
ID	0,13	0,16	0,09	0,13	0,14	0,10	0,74
IE	0,07	0,09	0,05	0,08	0,08	0,06	0,43

ID : Indice de Diversité, IE : Indice d'Équitabilité

3.2 TAXONOMIE LOCALE ET NIVEAU DE DOMESTICATION

Les noms locaux de l'espèce varient d'un groupe sociolinguistique à un autre dans la zone d'étude. Au total, quatre noms ont été recensés ; il s'agit de Ogumon et Ewedou (Holly), Yèbè (Nagot) et Gbomawiniwini (Mahi). Parmi ces noms, c'est seulement deux qui trouvent de signification ; il s'agit de Ewedou, qui se rapporte à la couleur des feuilles et 'Gbomawiniwini qui est lié à la ressemblance avec *Solanum macrocarpon*

Le niveau de domestication atteint par *Solanum scabrum* S. *scabrum* varie selon les villages et les groupes sociolinguistiques (Figure 4). Ce légume est cultivé aussi bien en saison des pluies qu'en saison sèche et est présent sur les marchés tout au long de l'année. En fonction des saisons une variation s'observe au niveau des producteurs dont la plupart (84,37%) cultivent la morelle noire en saison des pluies contre seulement 15,62% contre 46,3% qui le font en contre saison dans les basfonds. Ainsi, dans les villages de Kétou, de Pobè et d'Adja-Ouèrè, *S.scabrum* a été principalement trouvé à des niveaux 3 et 4. Par contre, l'espèce se trouve aux niveaux 0 et 1 de domestication dans les villages de Sakété et Ifangni. Les niveaux 5 et 6 ne sont pas encore atteints par *S. scabrum* dans la zone d'étude. Considérant les groupes sociolinguistiques, *S. scabrum* est au niveau 3 et 4 chez les Mahi et les Holly, tandis que chez les Nagot, le niveau de domestication le plus élevé est 1.

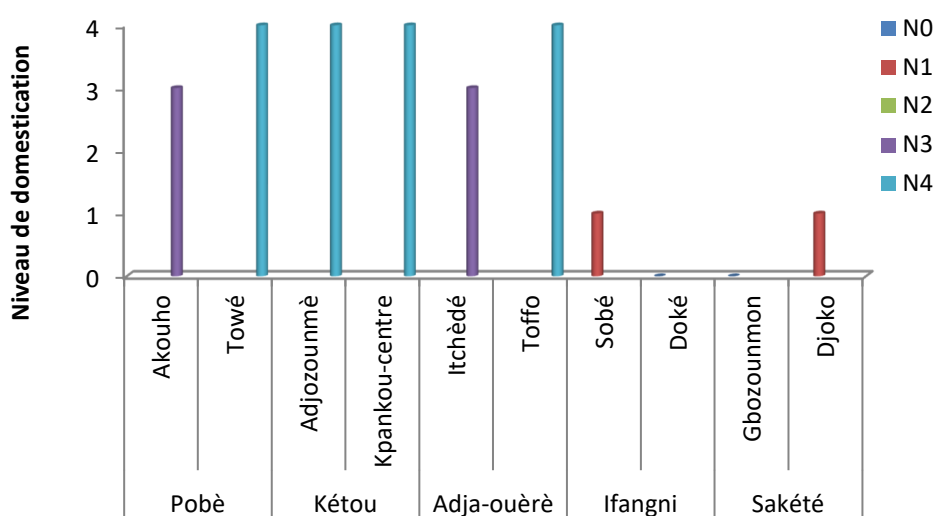


Fig. 4. Niveaux de domestication de *S. scabrum* dans les villages et communes prospectés

3.3 GESTION DU SYSTÈME SEMENCIER

Les graines qui constituent les semences sont obtenues par achat (85% des enquêtés) dans les marchés ou sur les sites de production de l'espèce, par l'autoproduction (31,5% des enquêtés) et aussi par des dons (22,22% des enquêtés) (Figure 5). Une fois obtenues, Ces graines sont conservées dans divers contenants dont les boîtes (94,5% d'enquêtés), les tissus de pagne (61,11% d'enquêtés), les papiers (57,5% d'enquêtés), les gourdes (42,6 % d'enquêtés) et parfois sur pieds dans les jardins (10% d'enquêtés) ou au champ (4% d'enquêtés). Selon les producteurs, l'utilisation des boîtes à couvercles, des papiers et tissus de pagne permet d'avoir une longue durée de conservation allant de 1 à 2 ans.

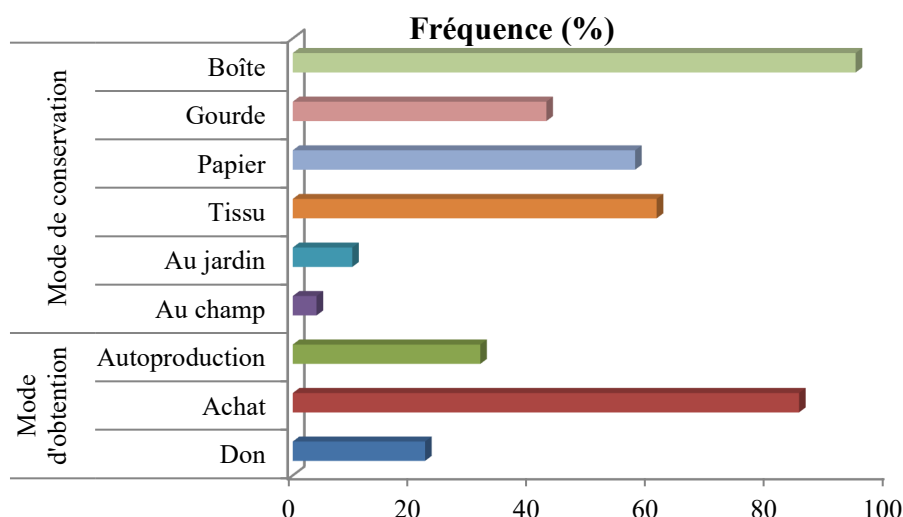


Fig. 5. Mode de conservation des graines et d'approvisionnement

3.4 RELATION ENTRE LE MODE DE PRODUCTION ET LES GROUPES SOCIOLINGUISTIQUES

La collecte des feuilles de *S. scabrum* se fait soit par la cueillette et par le maraîchage. La figure 6 présente la relation entre les modes d'acquisition (cueillette et maraîchage) et les groupes sociolinguistiques. L'analyse de la figure indique que ces deux modalités contribuent à la formation du premier axe alors que la cueillette-maraîchage est bien représentée sur le deuxième axe. Quant aux groupes sociolinguistiques, les Holly et Nagot sont bien représentés sur la première composante tandis que les Holly et les Mahi contribuent à la formation de l'axe 2. La projection des individus et des variables dans le système d'axes 1 et 2 montre que les Nagot pratiquent plus la cueillette contrairement aux Holly qui font plus le maraîchage. Par contre seuls les Mahi pratiquent à la fois le maraîchage et la cueillette (Figure 6).

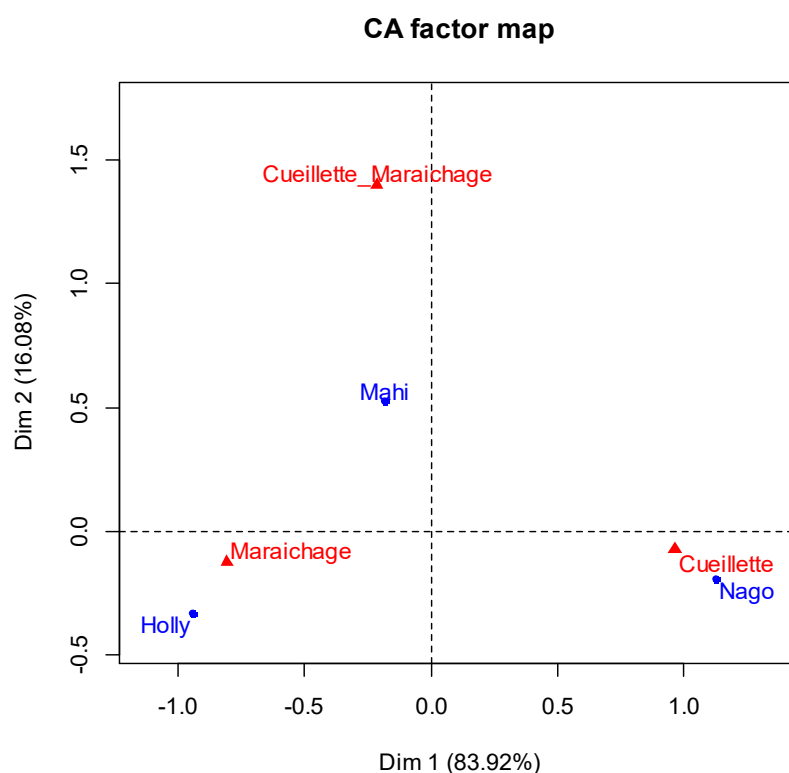


Fig. 6. Relation entre les groupes ethniques et les modes d'obtention de *S. scabrum*

3.5 UTILISATIONS ET FRÉQUENCE DE CONSOMMATION DE *SOLANUM SCABRUM*

Une fois récoltées, les feuilles de *S. scabrum* sont consommées sous forme d'épinard après pré cuisson additionné à la sauce (90,7% d'enquêtés) ou sous forme crue en salade (63% d'enquêtés). Selon les producteurs, cette plante possède certaines vertus médicinales et sa consommation régulière favorise le traitement de l'anémie (50% de réponses), des maux de ventre chez les enfants (40% de réponses) et de l'inappétence (10% de réponses). Par ailleurs la fréquence de consommation varie de 1 à 4 fois par semaine et suivant les personnes interrogées. Environ 35% des enquêtés consomment *S. scabrum* trois fois par semaine et seulement 5,55% le consomment une fois par semaine.

3.6 DIVERSITÉ INTRA SPÉCIFIQUE ET TRAITS DE RECONNAISSANCE DES MORPHOTYPES

Dans les villages de Kpankou et Gbozoumè situés dans la commune de Kétou, les producteurs ont signalé l'existence de deux morphotypes de *S. scabrum*. Pour identifier les morphotypes, ceux-ci s'appuient essentiellement sur certaines parties de l'appareil végétatif que sont les feuilles, les tiges et les ramifications. Ainsi, les feuilles et les ramifications constituent les traits de reconnaissance les plus fréquemment utilisés avec respectivement 49,3% et 23,6% de réponses suivie des pétioles (9% des réponses) et des tiges (18,1% des réponses) (Figure 7).

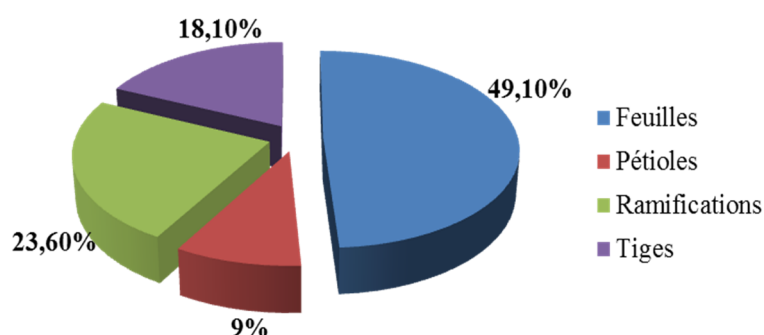


Fig. 7. Fréquence des traits de reconnaissance des morphotypes de *Solanum scabrum*

La figure 8 montre les deux morphotypes de *S. scabrum* désignés par les mêmes noms locaux. Le morphotype n°1 présente les feuilles larges de couleur verte claire, les tiges sont de haute taille et de gros diamètre, les pétioles plus longs et clairs. Aussi les ramifications sont peu nombreuses. Selon les personnes interrogées, ce morphotype est plus recherché pour la commercialisation. Quant au morphotype n°2, on observe de nombreuses feuilles très petites, arrondies et de couleur foncée, les tiges de petites tailles avec de faible diamètre, les pétioles plus courts avec beaucoup de ramifications.



Fig. 8. Les deux morphotypes de *S. scabrum* recensés dans la zone d'étude

Une analyse comparée de la croissance végétative des deux morphotypes de *S. scabrum* basée sur les paramètres quantitatifs tels que le nombre de feuilles, le nombre de ramifications, la longueur des feuilles, la largeur des feuilles et la hauteur des plantes indique que, pour les deux morphotypes considérés, les facteurs de croissance des échantillons en culture augmentent avec le temps en montrant des différences hautement significatives. Le nombre de feuilles et le nombre de ramifications sont très importants chez le morphotype M1 tandis que le morphotype M2 est caractérisé par une hauteur élevée, une longueur et une largeur très importantes des feuilles.

3.7 CONTRAINTES DE PRODUCTION ET PRATIQUES CULTURALES DE *SOLANUM SCABRUM*

La production des légumes feuilles est confrontée à de nombreuses contraintes réparties en deux groupes : les dégâts observés sur la plante dont le plus important est la perforation des feuilles (19,65% de réponses) et les ravageurs de la plante dont les plus parmi les dégâts observés sur la plante, ensuite les attaques des ravageurs tels que les criquets (21,55% de réponses) et les animaux domestiques (15,25% de réponses) (Tableau 2). Pour pallier ces contraintes, les producteurs de *S. scabrum* utilisent plusieurs méthodes de luttres contre les maladies et les ravageurs. Il s'agit de la confection des clôtures autour des jardins de case ou des sites maraîchers (42,8% de réponses), l'utilisation des biopesticides comme les feuilles de neem (36,2% de réponses) et également des cendres (21% de réponses). Dans les villages où *S. scabrum* est cultivé, le légume est cultivé dans les champs (41,4% des réponses), jardins de case (35,2% des réponses), sites maraîchers (15,3% des réponses) et des périphéries de bas-fonds (8% des réponses).

Tableau 2. Dégâts observés, ravageurs et méthodes de lutte dans la production de *S. scabrum*

Contraintes et Méthodes de lutte		Variables	Pourcentage de réponse (%)
Contraintes	Dégâts observés	Perforation des feuilles	19,65
		Taches noires sur feuilles	7,85
		Rabougrissement des feuilles	6,95
		Jaunissement des feuilles	5,60
		Jaunissement des tiges	7,50
		Chute des feuilles	2,45
	Ravageurs	Criquets	21,55
		Papillons et Chenilles	8,85
		Vers	4,35
Méthodes de lutte		Animaux domestiques	15,25
		Clôture des jardins	42,8
		Biopesticides (Feuilles de neem + détergent en poudre)	36,2
		Cendres	21

Le tableau 3 présente le système cultural de *S. scabrum*. La majorité des producteurs (94,4% des producteurs) pratique la pépinière contre seulement 5,56% des producteurs enquêtés qui font le semis direct. Selon 59,2% des producteurs, la pépinière dure deux semaines alors qu'elle peut durer 3 à 4 semaines respectivement par 31,5% et 9,3%. Environ 53% des producteurs cultivent sur des planches tandis que d'autres le font sur des billons (35,6% des producteurs) ou sur la terre plate (11% des producteurs). 72,2% des enquêtés utilisent de fertilisants contre 27,8% qui n'en font pas usage. Le système de culture le plus utilisé par les producteurs de *S. scabrum* est la monoculture pratiquée par 93% des producteurs tandis que la culture mixte ou associée est appliquée par seulement 7% des producteurs. Dans les exploitations de cultures mixtes, la culture de base est généralement le maïs, le sorgho ou d'autres cultures maraîchères que sont le gombo, le piment et la tomate. En monoculture, trois types d'écartement sont adoptés. La plupart des producteurs utilisent 50 cm entre les lignes (79,6%) et 20 cm entre les poquets (75,9%).

Tableau 3. *Pratiques culturelles traditionnelles appliquées à *S. scabrum* et les pourcentages d'enquêtés*

Activités	Variables	Pourcentage (%)
Préalables	Pépinière	94,44
	semi direct	5,56
Période de la pépinière	Saison pluvieuse	59,25
	Toute saison	40,75
Durée de la pépinière	2 semaines	59,25
	3 semaines	31,48
	4 semaines	9,27
Mode de culture	Billons	35,6
	Planches	53,23
	Terre plate	11,15
Utilisation de fertilisants	Oui	72,2
	Non	27,8
Monoculture	Oui	93%
	Non	7%
Ecartements entre lignes	40 Cm	5,6
	50 Cm	79,6
	60 Cm	14,8
Ecartements entre poquets	20 Cm	75,9
	30 Cm	16,7
	50 Cm	7,4

3.8 EFFET DE L'ÉCARTEMENT SUR LA CROISSANCE ET LE RENDEMENT DE *SOLANUM SCABRUM*

Les facteurs de croissance tels que la hauteur de la plante, la longueur, la largeur des feuilles, le nombre de ramifications et la biomasse varient en fonction de l'écartement des plantes sur les planches. L'écartement le plus large a donné les plus fortes valeurs pour tous les paramètres étudiés, suivi par l'écartement moyen et l'écartement faible. Cependant l'effet des écartements 50x50 cm et 30x50 cm n'est pas significatif pour la hauteur des plantes, le nombre de feuilles, le nombre de ramifications et la biomasse. La différence entre l'écartement 20x50 cm et les deux autres écartements est fortement significative pour les paramètres de hauteur des plantes, du nombre de feuilles, de nombre de ramifications et de la biomasse. Les longueurs et largeurs des feuilles sont des paramètres non discriminants pour le choix des écartements en ce qui concerne les facteurs de croissance.

Par ailleurs, le rendement de *Solanum scabrum* varie également en suivant les écartements (Figure 9). La différence entre les rendements des écartements 30x50 cm et 50x50 cm est fortement significative. Contrairement aux observations faites au niveau des facteurs de croissance, le rendement le plus élevé (3200g/planche) a été obtenu avec l'écartement 30x50 cm tandis que le plus faible rendement (2070 g/planche) a été obtenu avec l'écartement 50x50 cm (Figure 10). L'effet de l'écartement sur la croissance associé à celui sur le rendement indique que l'écartement de 30x50 cm permettrait d'obtenir une bonne croissance végétative des plantes de *S. scabrum* avec un rendement élevé en biomasse.

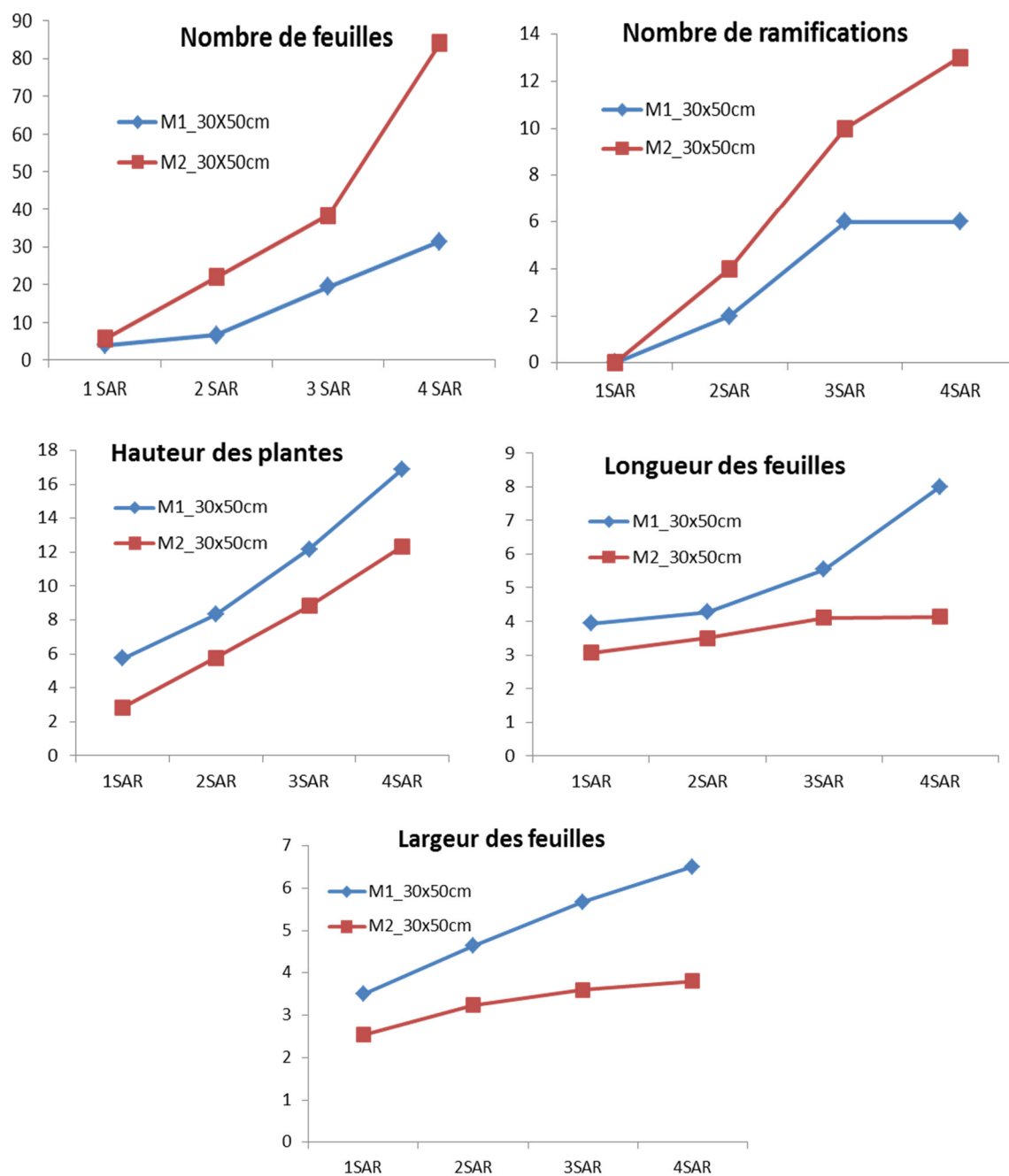


Fig. 9. Comparaison de la croissance des deux morphotypes de *S. scabrum*

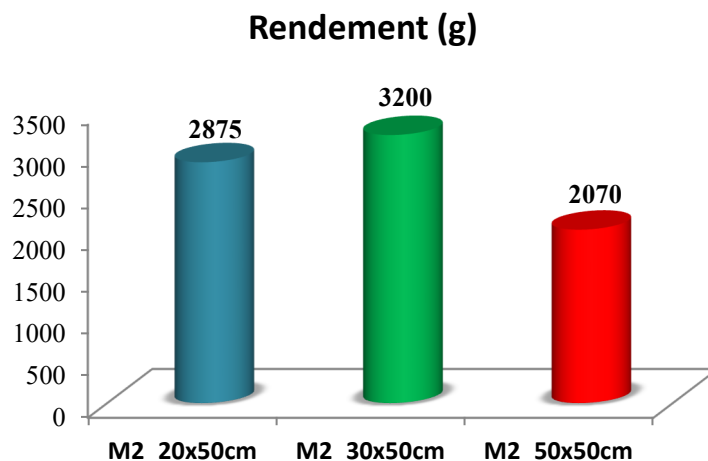


Fig. 10. Effet de l'écartement sur le rendement

4 DISCUSSION

La méthode d'enquête ethnobotanique basée sur des entretiens individuels a permis d'avoir une meilleure connaissance de légume feuille traditionnel *S. scabrum*. Cette méthode, qui sollicite la mémoire des personnes interrogées, pourrait occasionner des biais liés à l'appréciation personnelle de l'enquêté (Lykke et al., 2004 ; Dossou et al., 2012). Malgré ces quelques biais, cette méthode est largement utilisée en ethnobotanique par bon nombre d'auteurs et a le privilège de faire ressortir des résultats assez concluants (Nguenang et al., 2010 ; Loughbégnon et al., 2011 ; Akouêhou et al., 2014). Les informations recueillies montrent que ce sont les femmes qui s'investissent plus dans le maraîchage et cultivent les morelles noires. Fontem and Schippers (2004) ont également souligné l'importance de *S. scabrum* comme une importante source de revenus pour les femmes.

Les valeurs des indices de diversité et d'équitabilité relatives aux connaissances des populations sur les utilisations de *S. scabrum* sont faibles indiquant une répartition inégale des connaissances sur les utilisations de l'espèce. Ce sont les communautés Nagot qui détiennent la plupart des connaissances sur l'espèce. Ces résultats sont similaires à ceux d'Akouêhou et al. (2014) sur *Mansonia altissima*. Ces indices de diversité et d'équitabilité montrent que les femmes et les hommes Nagot détiennent plus de connaissances que les femmes et hommes des autres ethnies. Par conséquent les connaissances sur *S. scabrum* varient légèrement selon le genre et le groupe ethnique. Selon Houêchégnon et al. (2015), les connaissances endogènes sont culturelles et donc variables d'un groupe ethnique à un autre. Plusieurs études ont également montré que les connaissances sur l'utilisation des espèces varient selon le sexe et l'ethnie (Assogbadjo et al., 2011 ; Loughbégnon et al., 2011 ; Akouêhou et al., 2014).

Les graines de *S. scabrum* sont conservées dans divers contenants dont les gourdes, les tissus de pagne, les boîtes, les papiers et même sur pieds dans les jardins ou champs. L'utilisation des boîtes à couvercles, des papiers et tissus de pagne permet aux producteurs d'obtenir une durée de conservation assez intéressante allant de 1 à 2 ans. Ces informations fournies par les producteurs sont en accord avec les travaux de Adjatin et al. (2012) qui évoquent les conditions de conservation des graines et les pratiques culturelles de *Crassocephalum crepidioides* et *C. rubens* qui sont tous les deux des légumes feuille traditionnels. L'analyse factorielle des composantes a permis de faire la projection des individus et des variables dans le système d'axes 1 et 2. Cette projection montre que les Nagot pratiquent la cueillette contrairement aux Holli qui font le maraîchage. Par contre les Mahi et quelques Holli pratiquent à la fois le maraîchage et la cueillette.

Selon Neleyo et al. (2000), la production des légumes feuilles est confrontée à des difficultés car de nombreux dégâts y sont observés. Comme tous les légumes feuilles, la production de la morelle noire présente quelques contraintes principalement la perforation des feuilles, la destruction par des animaux domestiques et l'attaque des insectes. La majorité des enquêtés utilisent de fertilisants dans la production du *S. scabrum* afin d'obtenir un bon développement végétatif (surtout foliaire) conformément aux résultats de Neleyo et al. (2000). Par contre ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Adjatin et al. (2012) sur *Crassocephalum crepidioides*. En effet les résultats indiquent que les producteurs n'utilisent de fertilisants chimiques dans la production de ces légumes. Les plantules obtenues après la pépinière sont repiquées sur des planches comme la plupart des légumes-feuilles sur des sites maraichers comme l'ont souligné) qui renseignent en plus sur les différents écartements des légumes feuilles du genre *Solanum*.

Une diversité intraspécifique a été signalée par les producteurs se basent sur les feuilles (longueur, largeur, couleur), les pétioles (couleur, forme, longueur) et les tiges (couleur, taille) pour distinguer les différentes formes. Pour vérifier ces variabilités morphologiques, un essai a été mis en place et a permis de comparer la croissance végétative des deux morphotypes. Ainsi pour la hauteur des plantes, les formes des feuilles, le morphotype M1 a donné les valeurs les plus élevées tandis que le morphotype M2 a présenté les meilleures performances au niveau des nombres de feuilles et de ramifications. Ces résultats sont conformes à ceux de Olet et al. (2006) qui a aussi observé une variabilité morphologique entre les formes cultivées et sauvage de *S. scabrum*. Aussi les travaux de Focho et al. (2002) ont reporté une diversité morphologique de *S. scabrum* au Cameroun. Ces résultats confirment les connaissances endogènes des populations et indiquent que ces producteurs maîtrisent leurs ressources génétiques et pourraient être impliqués dans les programmes de sélection et d'amélioration variétale de cette espèce de légume feuille en domestication (Adjatin et al., 2012)

Une fois récoltées, les feuilles sont consommées sous la forme d'épinard et de salade plusieurs fois par semaine suivant les préférences des consommateurs. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus sur *Launaea taraxacifolia* (Sanoussi et al., 2015). Quelques vertus médicinales ont été recensées parmi lesquelles figurent le remède contre l'inappétence, l'anémie et les maux de ventre chez les enfants comme l'ont souligné également les travaux de Fontem and Schippers (2004). Par contre les travaux de Dansi et al. (2008) ont signalé la dysurie qui est traité par l'utilisation de cette plante. Dans le cas de notre recherche cette vertus n'a pas été signalée et cela peut s'expliquer par le fait que notre zone a pris en compte le département de du Plateau alors que ceux de Dansi et al. (2008) réalisés sur tous les légumes feuilles traditionnels ont couvert tous les départements du Bénin.

Les données de croissance et de rendement observés montrent une variation importante de la hauteur des plantes, le nombre de feuilles, le nombre de ramifications, la biomasse et du rendement en fonction des écartements. Pour les facteurs de croissance, l'écartement le plus faible a donné de faibles valeurs pour les paramètres considérés. Selon Fontem et al. (2006), la croissance dépend d'une interaction entre les facteurs internes et externes et les densités de plantation élevées entraînent une compétition pour les facteurs essentiels de croissance comme les nutriments, la lumière et l'eau. Ainsi les faibles valeurs observées s'expliquent par la forte densité des plantes sur les planches. Par contre pour le rendement, l'écartement le plus large a donné des valeurs relativement faibles par rapport aux deux autres écartements. Dans le cas de notre étude, c'est l'écartement 30x50 cm qui permettrait d'avoir une bonne performance végétative et un rendement meilleur. L'augmentation de la densité de plantation n'affecte pas individuellement les plantes en-dessous du seuil de compétition comme c'est le cas observé avec l'écartement 30x50cm (Foild, 2001).

5 CONCLUSION

Solanum scabrum est un légume-feuille utilisée dans l'alimentation sous forme d'épinard et de salade. Il possède des vertus médicinales et est utilisé dans le traitement de l'anémie, l'inappétence et les maux de ventre. Dans certains villages où *S. scabrum* est déjà cultivé, le niveau de domestication est avancé mais dans d'autres, il fait toujours objet de cueillette. Il existe deux morphotypes qui se distinguent l'un de l'autre par des traits morphologiques bien connus des communautés locales qui ont une parfaite connaissance des ressources génétiques qu'elles utilisent. Les pratiques culturelles ont été documentées auprès de quelques producteurs de *Solanum scabrum* qui possèdent des techniques plus ou moins avancées. Se basant sur l'effet de l'écartement sur les facteurs de croissance et le rendement, l'écartement 30x50cm pourrait être recommandé aux producteurs en vue d'une production intensive et optimale dans les jardins maraîchers. Pour la promotion de ce légume, des essais de domestication plus approfondies sont nécessaires

REFERENCES

- [1] Adjatin A., Dansi A., Eze C.S., Assogba P., Dossou-Aminon I., Akpagana K., Akoegninou A., Sanni A. 2012. Ethnobotanical investigation and diversity of Gbolo (*Crassocephalum rubens* (Juss. ex Jacq.) S. Moore and *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore), a traditional leafy vegetable under domestication in Benin. Genet Resour Crop Evol, 59:1867–1881
- [2] Adomou A.C. (2005). Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: Implications for biogeography and conservation. Ph.D. thesis, Wageningen University the Netherlands, 136 p.
- [3] Afolayan A. J. and F. O. Jimoh, 2009. Nutritional quality of some wild leafy vegetables in South Africa. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60 (5): 424-431
- [4] Akoegninou A., Van der Burg W.J., Van der Maesen L.J.G. 2006. Flore Analytique du Bénin. BackhuysPublishers. 1034P.
- [5] Akouêhou GS, Goussanou CA, Idohou R, Dissou FE. et Azokpota P : 2014. Importance socioculturelle de *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg (Moraceae) au Sud-Bénin. Journal of Applied Biosciences 75:6173– 6182.

- [6] Assogbadjo AE, GlèlèKakaï R, Adjallal FH, Azihou AF, Vodouhè GF, Kyndt T. and Codjia JTC : 2011. Ethnic differences in use value and use patterns of the threatened multipurpose scrambling shrub (*Caesalpinia bonduca* L.) in Benin. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol.5(9), pp. 1549-1557.
- [7] Berinyuy, J.E., Fontem, D.A., Focho, D.A. Schippers, R.R., 2002. Morphological diversity of *Solanum scabrum* accessions in Cameroon. *Plant Genetic Resources Newsletter* 131:28–34.
- [8] Dagnelie p. 1998. *Statistique théorique et appliquée* vol. 2. Paris, De Boeck & Larcier, Belgique, 659p
- [9] Danjimo B., Vodouhè S.R., T.H. Avohou (2008). Motivations et enjeux de la domestication des plantes des plantes : cas de *Cassia tora* L. et *Ceratotheca sesamoides* Endl. au Niger. In éds. Vodouhè S.R., Avohou T.H., Grum M., Bello M., Obel-Lawson E. *Connaissances endogènes et gestion durable de l'agrobiodiversité à la ferme. Actes d'un atelier regional, Bamako, Mali*, p 70.
- [10] Dansi, A., Adjatin, A., Adoukonou-Sagbadja, H., Faladé, V., Yedomonhan, H., Odou, D., Dossou, B., (2008). Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55: 1239-1256.
- [11] Dansi, A., Vodouhè, R., Azokpota, P., Yedomonhan, H., Assogba, P., Adjatin, A., Loko, YL., Dossou-Aminon, I., Akpagana, K., 2012. Diversity of the Neglected and Underutilized Crop species of importance in Benin. ID 932947, *Sci. World J.*, p. 19.
- [12] Dossou M.E., Houessou G.L., Loubégnon O.T., Tenté A.H.B., & Codjia J.T.C. (2012). Ethnobotanical Study of Ligneous Species in Agonvè Swampy Forest and Surrounding Area in Benin. *Tropicultura*, 30(1): 41-48.
- [13] Focho DA, Fontem DA, Berinyuy JE, Schippers RR (2002) Morphological diversity of *Solanum scabrum* accessions in Cameroon. *Plant Gen Res Newsl* 131:42–48
- [14] Foidl, N., Harinder P. S., Markar and Klaus Becker (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and Industrial uses. In: *The Miracle Tree* Edited by Lowell J. Fuglie, Darkar, Senegal pp 45-76
- [15] Fontem DA, Schippers RR (2004) *Solanum scabrum* Mill. In: Grubben GJH, Denton OA (eds) *Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables*, PROTA Foundation Wageningen/CTAWageningen/Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, pp 493–498
- [16] Fontem DA, Schippers RR (2004) *Solanum scabrum* Mill. In: Grubben GJH, Denton OA (eds) *Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables*, PROTA Foundation Wageningen/CTAWageningen/Backhuys Publishers, Leiden, pp 493–498
- [17] Fukuda, W.M.G., C.L. Guevara, R. Kawuki, and M.E. Ferguson. 2010. Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. *International Institute of Tropical Agriculture (IITA)*, Ibadan, Nigeria. 19 pp.
- [18] Houèthégnon T, Gbèmavo DSJC, Ouinsavi C. and Sokpon N : 2015. Ethnobotanical knowledge and traditional management of african mesquite (*Prosopis africana* Guill., Perrot. et Rich.) populations in Benin, West Africa. *Journal of Ethnobiology and Traditional Medicine*. Photon 125, 1124-1135.
- [19] Jacoby A (2003) Genetic variability in the *Solanum nigrum* L. complex and related species in South Africa. PhD thesis, University of Free State Bloemfontein, South Africa
- [20] Lock K, Pomerleau J, Causer L, Altmann DR and M McKee The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: implications for the global strategy on diet. *Bulletin of the World Health Organization* 2005; 83: 100-108.
- [21] Loubégnon TO, Tente BAH, Amontcha M. et Codjia JTC : 2011. Importance culturelle et valeur d'usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Sitatunga et zones connexes. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* Numéro 70, 35-46.
- [22] Lykke AM, Kristensen MK. and Ganaba S. 2004. Valuation of the local dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1961-1990.
- [23] Neleyo, I., 2000. Essai de fertilisation de la morelle noire (*Solanum scabrum*) sur un sol ferrallitique des hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun. *Mémoire d'Ingénieur Agronome*. University of Dschang, Cameroon. 61 pp.
- [24] Nguenang GM, Fedoung EF. et Nkongmeneck BA, 2010. Importance des forêts secondaires pour la collecte des plantes utiles chez les Badjoué de l'Est Cameroun. *Tropicultura*, 28 (4): 238-245.
- [25] Ojiewo C.O., Mwai G.N., Abukutsa-onyango M.O., Agong S.G., Nono-Womdim R. (2013). Exploiting the genetic diversity of vegetable african nighshades. *Global Sciences Books*, 7(1): 6-13.
- [26] Olet EA, Heun M, Lye KA (2006) A new subspecies of *Solanum scabrum* Miller found in Uganda. *Novon* 16:508–511
- [27] Sanoussi F., H. Ahissou, M. Dansi, B. Hounkonnou, P. Agre, A. Dansi 2015. Ethnobotanical investigation of three traditional leafy vegetables [*Alternanthera sessilis* (L.) DC. *Bidens pilosa* L. *Launaea taraxacifolia* Willd.] widely consumed in southern and central Benin. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(2) : 187-198,
- [28] Vodouhè, R., Dansi, A., Avohou, H.T., Kpèti, B. and Azihou, F. 2011. Plan domestication and its contributions to in situ conservation of genetic resources in Benin. *International Journal of Biodiversity and Conservation* Vol. 3(1).

Qualité des enrobés dans la réhabilitation de route : Cas du tronçon grand Bassam-N'Zikro (Côte d'Ivoire)

[Quality of coatings in road rehabilitation : Case of the large section Bassam-N'Zikro (Ivory Coast)]

Goha René BIÉ¹, Abé Parfait SOMBO¹, Agré Séraphin DJOMO¹, Sournan ZIAO¹, and Zéli Bruno DIGBÉHI²

¹Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study is about on the quality of bituminous coatings used for the rehabilitation of the Grand-Gassam-Nzikro road. Several tests in situ (temperature measurement and coring test) and laboratory tests (binder extraction, Marshall test and particle size analysis) were carried out in order to verify the conformity of the physical and mechanical characteristics of these mixes with those contained in the Notebook of Special Technical Clauses (CCTP). This study has shown that the application temperature of enrobés varies between 135.88° C and 146.2° C. The thicknesses of enrobe used are between 4.7 and 5.6 cm. He showed that the binder contents of different mixes are around 6%. The reliability of enrobe was confirmed thanks to the Marshall tests. Finally, this study has highlighted the two granular classes used for the manufacture of asphalt. The results obtained are satisfactory and conform to the specifications contained in the CCTP.

KEYWORDS: Particle size, Marshall, binder content, temperature, enrobe.

RÉSUMÉ: Cette étude porte sur la qualité des enrobés bitumineux utilisés pour la réhabilitation de la route Grand-bassam-Nzikro. Plusieurs essais in situ (prise de température et essai de carottage) et de laboratoire (extraction de liant, essai Marshall et analyse granulométrique) ont été réalisés afin de vérifier la conformité des caractéristiques physiques et mécaniques de ces enrobés avec celles contenues dans le Cahiers de Clauses Techniques Particulières (CCTP). Cette étude a montré que la température de mise en œuvre des enrobés varie entre 135,88°C à 146, 2°C mais aussi que les épaisseurs des enrobés utilisées sont comprises entre 4,7 et 5,6 cm. Elle a montré que les teneurs en liant des différents enrobés sont proches de 6 %. La fiabilité des enrobés a été confirmée grâce aux essais Marshall réalisés. Enfin, cette étude a mis en évidence les deux classes granulaires utilisées pour la fabrication des enrobés. De façon globale les résultats obtenus sont satisfaisants et respectent les spécifications contenues dans le Cahiers de Clauses Techniques Particulières.

MOTS-CLEFS: Granulométrie, Marshall, teneur en liant, température, enrobé.

1 INTRODUCTION

Les besoins d'améliorer la durée de vie des chaussées neuves ou la maintenance de chaussées anciennes sont un souci majeur des gestionnaires routiers [1]. En effet, vu les sollicitations des surcharges des poids lourds que subissent les routes en Côte d'Ivoire, leurs comportements sont significativement déréglés et l'on assiste de ce fait à leurs dégradations prématurées

[2]. Aujourd'hui, cette dégradation prématurée des routes ivoiriennes est plus accentuée par la nouvelle configuration des pneumatiques des poids lourds qui utilisent de plus en plus des pneus super larges avec des pressions de gonflage généralement très élevées en remplacement des roues jumelées. Sur la base de ces constatations, il est impératif d'adapter nos méthodologies de dimensionnement, de formulation et aussi de mise en œuvre de nos enrobés afin de pouvoir répondre de façon efficiente aux nouvelles configurations.

La route Grand Bassam-Aboisso représente l'un des principaux axes routiers de la Côte d'Ivoire. Elle assure les échanges économiques entre la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo, le Bénin et le Nigéria.

Le taux de fréquentation et la durée de service de cette route ont eu pour conséquence sa dégradation avancée avec par endroit difficilement praticable impactant de ce fait sur les durées de trajet, le confort et la sécurité des biens et des personnes. C'est aux vues de l'importance économique de cette route pour nos pays et vu sa dégradation avancée, que la Banque Mondiale, à travers le Programme Régional de Facilitation du Commerce et du Transport sur le Corridor Abidjan-Lagos (PFCTCAL) a décidé de financer le projet de réhabilitation de cette route subdivisée en deux lots notamment lot 1 (axe Grand Bassam-N'zikro) et le lot 2 (N'zikro-Aboisso). Cette étude a été réalisée sur l'axe Grand Bassam-N'zikro.

Pour se faire, les travaux de réhabilitations sont confiés au groupement d'entreprises chargé de la réalisation de la chaussée, de l'assainissement hydraulique et de l'exécution des travaux d'aménagement. Ce groupement a sollicité les services du Laboratoire d'Essais de Contrôle d'Analyse et d'Assistance Technique pour assurer le contrôle qualité des enrobés et du béton utilisé lors de la réhabilitation de cette route.

Ainsi pour vérifier la conformité de la qualité des enrobés utilisés pour la réalisation de ce tronçon Grand Bassam-N'zikro avec les formulations proposées par le Laboratoire d'Essais de Contrôle d'Analyse et d'Assistance Technique, que cette étude a été initiée. Elle vise à réaliser des essais in situ sur les enrobés utilisés, à réaliser des essais au laboratoire de LECAT sur ces enrobés, ainsi qu'à vérifier la conformité des résultats avec les formulations proposées par le LECAT.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le tronçon Grand-Bassam-N'zikro concerné par cette étude de réhabilitation est localisé au Sud de la Côte d'Ivoire dans le bassin sédimentaire (Figure 1).

Au plan géologique, ce bassin très étroit couvre 2,5 % de la superficie du territoire ivoirien. Il est d'âge Crétacé-Quaternaire [3, 4] et est essentiellement composé de sable, d'argile, de grès et de conglomérat.

Au plan climatique, cette zone est caractérisée par un climat de type subéquatorial humide avec des températures peu élevées et relativement uniformes pendant toute l'année. La température moyenne annuelle est de 26,4°C avec une température minimale moyenne de 22,1°C. La région de Grand-Bassam possède une végétation de type forêt dense humide qui s'est dégradée par suite d'une activité humaine très intense. Autour des lagunes se rencontre un écosystème particulier de type mangrove.

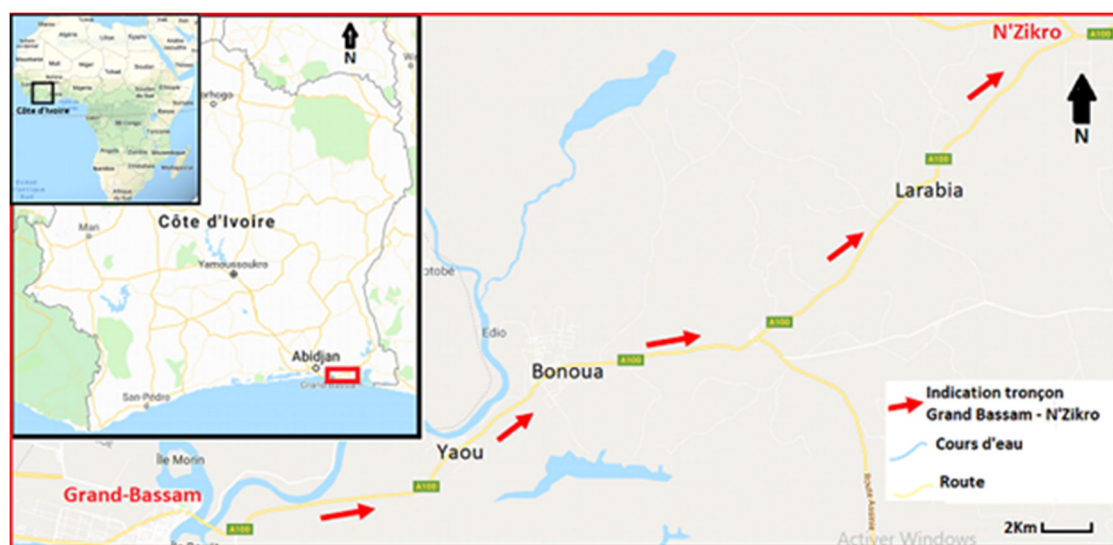


Fig. 1. Route Grand-Bassam-N'zikro

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Effectuer un contrôle de la qualité, c'est surveiller l'atteinte des résultats spécifiques des travaux pour en déterminer la conformité par rapport aux exigences afin de définir les moyens à mettre en œuvre pour éliminer les non conformités. Cela se fait à l'aide d'un ensemble de matériels et méthodes appropriées.

3.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé au cours de cette étude se compose de matériel de terrain constitué de thermomètre électronique pour la prise de température des enrobés, d'une carotteuse électrique pour le prélèvement des échantillons d'enrobé déjà mise en œuvre sur le terrain afin de déterminer son épaisseur.

Le matériel de laboratoire se compose de matériel de l'essai Marshall permettant de déterminer le pourcentage de vide, la stabilité Marshall, le fluage et la compacité de l'enrobé, d'un appareil KUMAGAWA qui permet de séparer le bitume des granulats et d'une colonne de 12 tamis de maille décroissante pour l'analyse granulométrique des granulats utilisés pour la formulation des enrobés.

3.2 MÉTHODES

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la réalisation de cette étude.

Pour la prise de température de l'enrobé se fait dans le camion juste avant de le renverser dans le finisseur à l'aide d'un thermomètre électronique afin d'approuver sa mise en œuvre.

L'essai de carottage permet de mesurer la hauteur de la carotte obtenue à l'aide d'une règle graduée pour la comparer à celle recommandée dans le Cahier des Clauses Techniques et Particulières. Dans cette étude, deux (2) à trois (3) échantillons de carottes sont prélevés à chaque point et l'épaisseur moyenne est déterminée afin de connaître l'épaisseur des enrobés de la chaussée à cet endroit.

Les Essais Marshall ont été fait sur dix (10) échantillons prélevés en des endroits différents afin déterminer le fluage, la stabilité et la compacité de Marshall. Pour chaque échantillon six (6) petites éprouvettes sont confectionnées dans des moules Marshall. Après refroidissement, chaque éprouvette confectionnée est placée dans une étuve jusqu'à atteindre 60°C puis placée sous une presse Marshall pour le poinçonnement.

Pour la détermination de la teneur en liant des enrobés, on procède à l'extraction des liants contenu dans un (1) kilogramme d'enrobés à chaud (120°C) à l'aide d'un solvant (toluène technique). Le poids du liant est calculé par la différence entre celui de l'échantillon et celui du granulat et de l'eau. La teneur en liant est donnée par la formule suivante :

$$\text{Teneur en liant} = \frac{\text{PL}}{\text{PES}} \times 100 \quad (1)$$

Avec : **PES** = Poids de l'enrobé sec et **PL** = Poids du liant

Après l'extraction de liant, le granulat obtenu est lavé sur 2 tamis de maille 0,063 mm et 0,4 mm. Le premier tamis permet d'éliminer la fraction argileuse et le second retient la fraction grossière. Les deux refus sont mis dans un cruissable puits séché à l'étuve à 105°C pendant 24 h. Après séchage, le refus séché est tamisé à sec sur une colonne de 20 tamis de taille comprise entre 63 mm et 0,063 mm. Les refus de chaque tamis sont pesés, les proportions granulaires sont déterminées afin de tracer pour chaque échantillon, une courbe granulométrique.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 TEMPÉRATURE DES ENROBÉS DE PART ET D'AUTRE DE LA CHAUSSEE

Les résultats des températures moyennes des enrobés tirés par jour entre les PK 20+900 et les PK 41+00 gauche et droite (Figure 2a et 2b) montrent qu'elles varient entre 135,83°C et 146,2°C. Ces températures sont effectivement comprises entre 125°C (Température minimale) et 160°C (température maximale) comme l'exige le Cahier de Clauses Techniques Particulières (CCTP).

Les températures obtenues montrent bien que les enrobés sont fabriqués, transportés et conservés dans de bonnes conditions ce qui a favorisé une bonne maniabilité et une bonne mise en œuvre sur le chantier.

En effet, selon l'auteur de la référence [5] dont les travaux ont portés sur le renforcement de la route Ouaga-Sakoinsé affirme qu'en temps très chaud la température de mise en œuvre des enrobés doit être comprise entre 130 et 140°C.

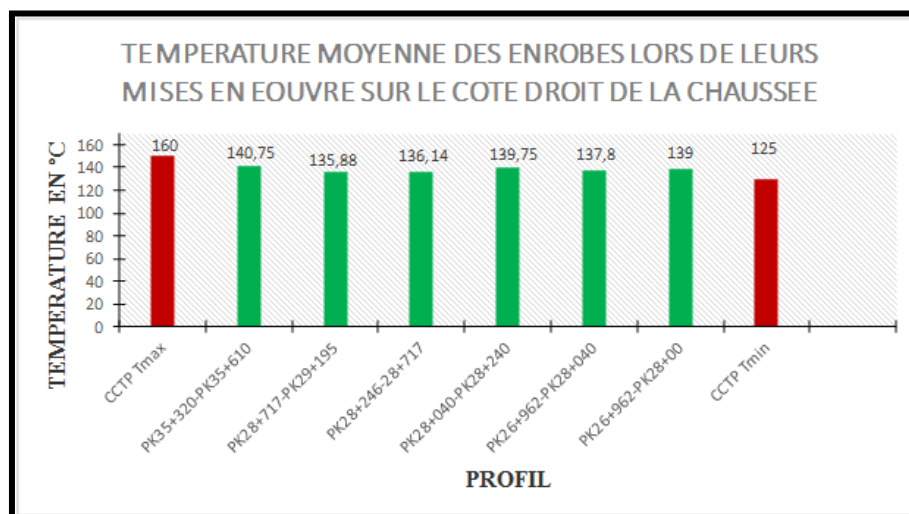


Fig. 2a. Histogramme des températures des enrobés pendant leur mise en œuvre côté gauche

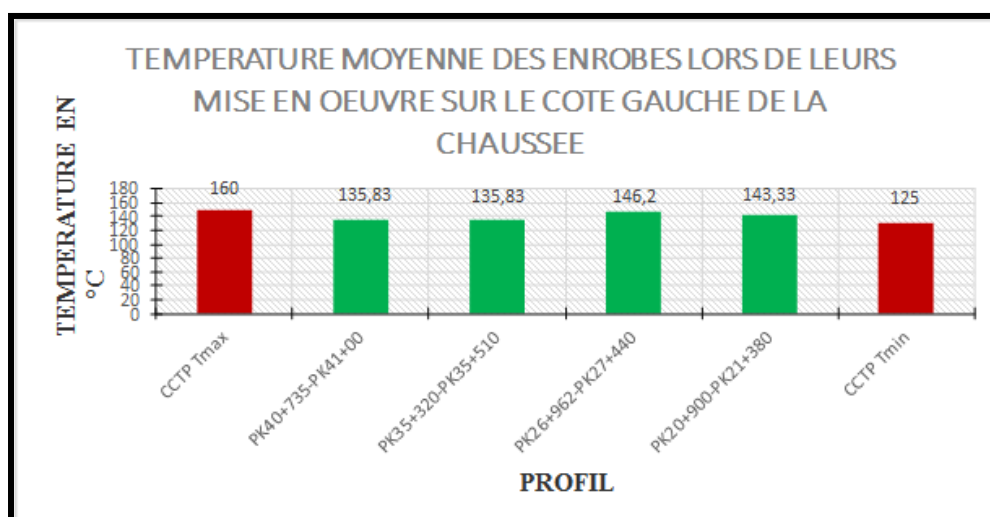


Fig. 2b. Histogramme des températures des enrobés pendant leur mise en œuvre côté gauche

4.2 ÉPAISSEURS MOYENNES DES ENROBÉS

L'étude des épaisseurs des carottes des enrobés entre les PK 21+160 et PK 40+940 montre qu'elles varient entre 4,6 cm et 5,6 cm. Le tableau 1 présente les résultats des épaisseurs moyennes des différents profils. Le tableau indique que sur la chaussée Grand-Bassam, les épaisseurs des enrobés aux PK 27+040, PK35+360 et PK35+440 sont légèrement inférieurs à 5 cm qui représente l'épaisseur minimale recommandée par le CCTP. Pour les autres points de prélèvement, les épaisseurs sont soit égales à 5 cm ou supérieure à cette valeur.

Tableau 1. Épaisseurs moyennes des enrobés aux différents profils

PROFIL	EPAISSEUR MOYENNE DE L'ENROBE (en cm)
PK40+940	5,1
PK35+440	4,6
PK35+360	4,7
PK29+160	5
PK28+400	5,6
PK28+120	5,5
PK27+560	5
PK27+120	5
PK27+040	4,75
PK21+160	5,5

Les épaisseurs moyennes des enrobés mises en œuvre diffèrent de quelques millimètres d'un Point Kilométrique (PK) à un autre. Cette variation est due à la sortie de l'enrobé de la table du finisseur et des conditions de compactage. Ces différents résultats sont également obtenus lors de la campagne de carottage réalisée sur la chaussée Ouaga-Sakoinsé, par l'auteur de la référence [5]. Il a trouvé des épaisseurs moyennes d'enrobé bitumineux autour de 5 cm. Ces mêmes épaisseurs moyennes ont été trouvées par l'auteur de la référence [6], au Sénégal et par l'auteur de la référence [7], en France.

4.3 FLUAGE, STABILITÉ ET COMPACITÉ DE MARSHALL

4.3.1 FLUAGE MARSHALL

Les fluages des enrobés prélevés sur dix (10) sites différents varient de 3,87 mm à 6 mm (figure 3). Seuls deux profils (PK40+940G et PK27+040D) ont des fluages inférieurs ou égaux à 4 mm conformément aux recommandations du CCTP. Quant aux autres profils, les fluages sont supérieurs à 4 mm donc non conforme aux spécifications du CCTP.

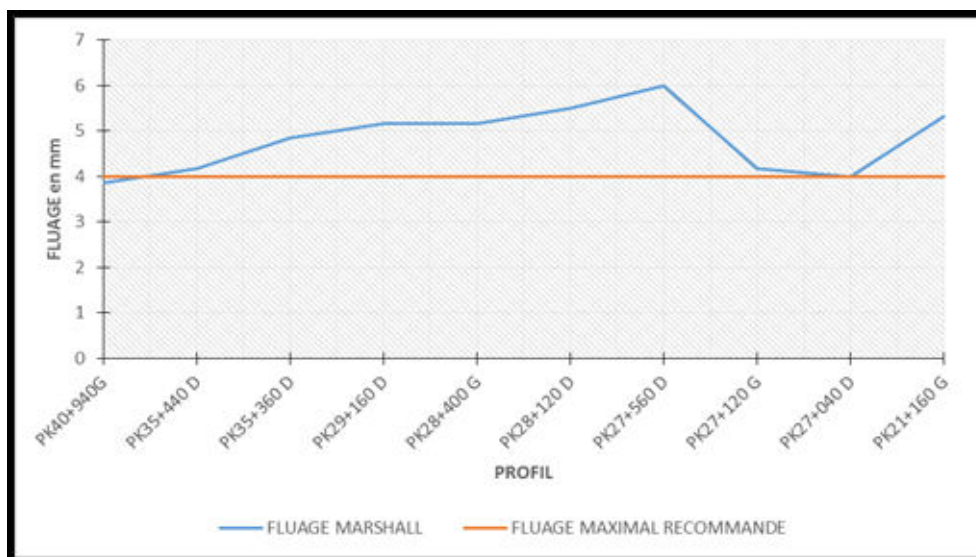


Fig. 3. Fluage Marshall des enrobés sur différents profils

4.3.2 STABILITÉ MARSHALL

L'étude de la stabilité Marshall entre les PK21+160G et PK40+940G montre qu'elle varie de 437 KN à 1247.9 KN. Aux PK21+160G, PK28+120D et PK29+160D, la stabilité Marshall est inférieure à celle recommandée par le CCTP qui est de 1000 KN. Aux autres PK, la stabilité Marshall est supérieure ou égale à 1000KN avec une stabilité maximale au PK 28+400G de 1247.9KN (Figure 4). En général plus la stabilité Marshall est élevée, plus le fluage induit une forte résistance mécanique de

l'enrobé. Dans le cas contraire l'enrobé aura une faible résistance mécanique. Dans cette étude la stabilité et le fluage Marshall ne respectent pas cette condition. Ils évoluent en dent de scie. Cette variation non uniforme est due au fait que ces enrobés ne proviennent pas d'un même mélange et d'un même fournisseur. Ces variations notables constatés entre le fluage et la stabilité Marshall d'un Point Kilométrique à un autre ne permet pas de conclure quant à leur bonne performance mécanique.

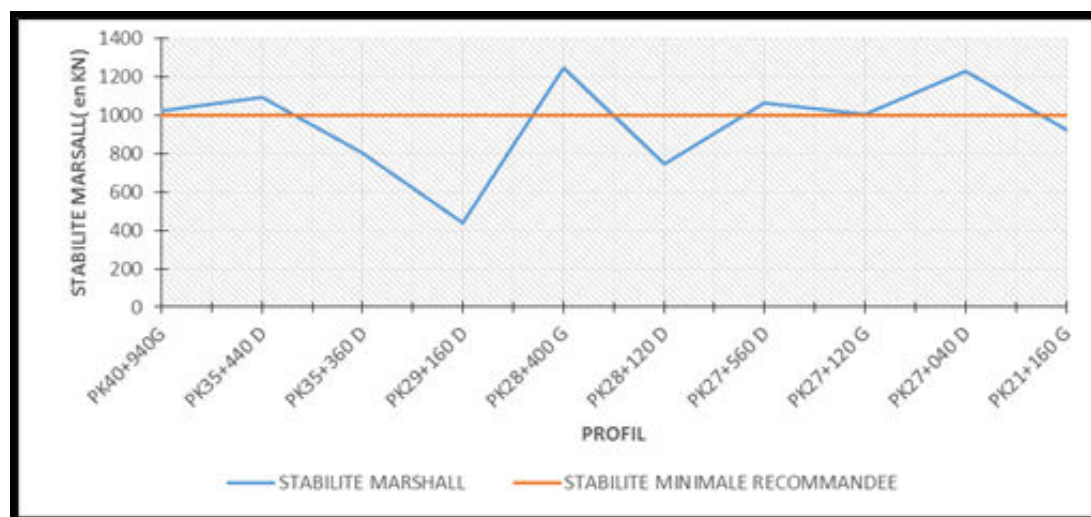


Fig. 4. Stabilité Marshall des enrobés entre les PK 21+160G et PK 40+940G

4.3.3 COMPACITÉ MARSHALL

L'étude de la compacité Marshall sur le même tronçon montre qu'elle varie entre 89% et 99% (figure 5). Six (6) profils ont une compacité Marshall qui respectent les recommandations du CCTP car comprise entre 94% et 97%. Pour les autres profils, la compacité Marshall est soit supérieure à la valeur maximale prescrite par le CCCTP (PK21+160G et PK 35+360D) soit inférieure à la valeur minimale du CCTP (PK25+400G et PK29+160D).

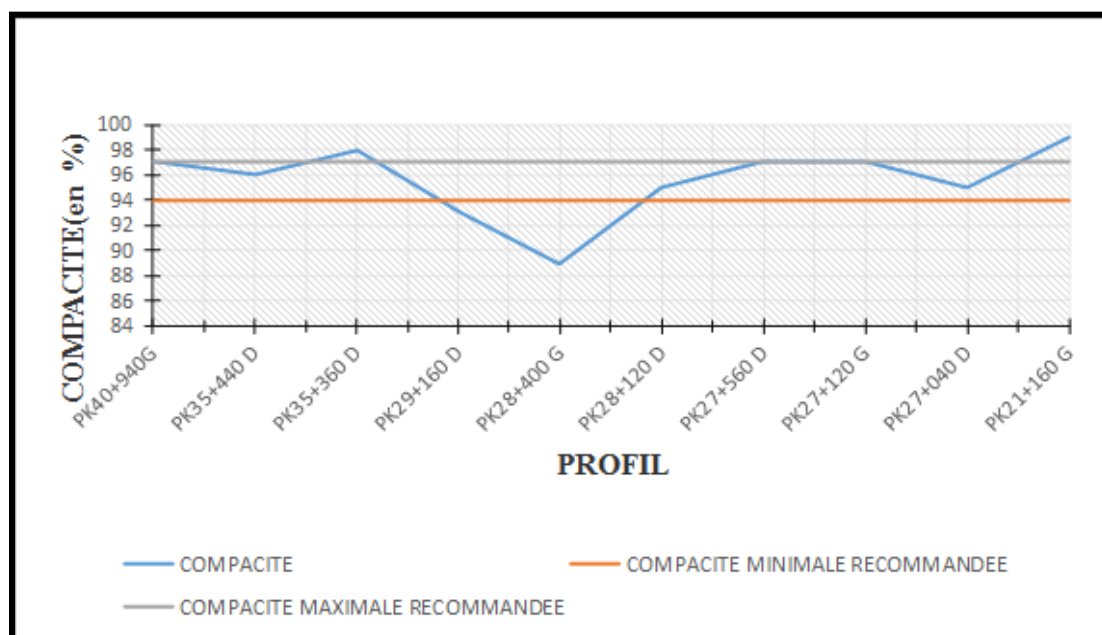


Fig. 5. Représentation de la compacité Marshall des enrobés sur différents profils

Des variations assez importantes sont observées au niveau de la compacité Marshall. Ces variations sont dues à l'abondance ou à la faiblesse des taux de filler (fine) dans les enrobés. Plus le taux de filler est élevé plus la compacité est grande et moins il y'a des vides.

4.4 TENEUR EN LIANT SUITE À L'EXTRACTION DU LIANT

L'ensemble des résultats d'extraction des liants (teneur en liant) est consigné dans le tableau 2 ci-dessous. Ce résultat montre que la teneur en liant des enrobés sur le tronçon étudié varie de 5,51% à 6,48 %. Toutes ces teneurs sont voisines de 6% de part et d'autre de la chaussée donc conforme aux recommandations du CCTP qui stipule que la teneur en liant des enrobés doit être comprise entre 5,5% et 6,5%.

Tableau 2. Résultats d'extraction du liant effectuée sur les échantillons d'enrobés

Sites	PK	Teneur en Liant (T. L) en %	Recommandations	Conformité
1	PK40+940G	6,3	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
2	PK35+440D	5,52	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
3	PK35+360D	6,26	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
4	PK29+160D	5,97	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
5	PK28+400G	6,48	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
6	PK28+120D	5,51	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
7	PK27+560D	6,15	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
8	PK27+120G	5,69	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
9	PK27+040D	5,76	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme
10	PK21+160G	5,8	$5,5\% \leq T. L \leq 6,5\%$	Conforme

L'auteur de la référence [1] en travaillant sur la durabilité des enrobés en Suisse a montré que les teneurs acceptables pour une meilleure durabilité des enrobés étaient comprises entre 4,44 % et 6,07 %. Au plan technique ces résultats sont très bons car ils respectent pour la plupart les spécifications recommandées. Cependant nous n'avons pas pu établir un lien entre ces différents paramètres contrairement à l'auteur de la référence [6], qui a montré que la compacité, le fluage et la stabilité Marshall augmentent avec la teneur en liant. Ceci s'expliquerait en grande partie par le fait que la centrale d'enrobé ne soit pas sur le site du chantier. Aussi, d'autres facteurs tels que la production d'enrobé par différents prestataires peuvent être la cause de ce déséquilibre.

4.5 GRANULOMÉTRIE DES ENROBÉS PRÉLEVÉS SUR LA CHAUSSÉE

L'analyse granulométrique des granulats des enrobés bitumineux montre que ces granulats ne renferment pas des grains de taille supérieurs à 12,5 mm. Ce résultat donc l'absence de granulats très grossiers dans les enrobés analysés. La proportion des granulats grossiers de taille comprise entre 12,5mm et 6,3mm varie de 21% à 38%. La proportion des granulats moyens de taille comprise entre 6,3 mm et 0,315mm varie de 47% à 64%. La proportion des granulats fins de taille comprise entre 0,315mm et 0,08mm varie de 8% à 11%. La proportion des granulats très fins (fillers) de taille inférieure à 0,08mm varie de 8% à 4% (Tableau 3).

Tableau 3. Résultats des analyses granulométriques des granulats après extraction du liant

Mailles des tamis en mm	PK21+160 G	PK27+120 G	PK35+360 G	PK40+940 G	PK27+040 D	PK27+560 D	PK28+120 D	PK28+400 D	PK29+160 D	PK35+440 D
	Passant	Passant	passant	Passant	Passant	Passant	Passant	Passant	Passant	Passant
63	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
40	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
31,5	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12,5	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	92,9	91,2	94,3	92,9	92,4	95	92,4	92,6	93,9	96,2
8	78,7	76	81	78,4	80,2	83,2	80,2	76,9	80	83,7
6,3	65,0	62,1	63,7	67,5	66,6	70,7	66,5	61,7	64,9	59,3
4	49,5	47,4	44	56,4	51,8	53,4	51,8	46,6	47,8	51,2
2	38,8	34,7	32,1	44,7	35,3	38,9	39,3	33,1	36,1	39,1
1	27,3	25,9	21,3	32	27,9	28,1	27,9	23,3	25,4	27,7
0,63	22,1	21,2	16,2	25,7	21,7	22,7	21,7	18,9	20,4	22,5
0,5	20,1	19,1	14,2	22,8	19	20,3	19	17	18,2	20,3
0,315	15,9	15,1	10,4	17,6	13,9	15,7	13,9	13,2	13,9	16,4
0,25	14,5	13,9	9,2	15,9	12,3	14,2	12,3	12	12,4	15,2
0,125	9,7	9,4	5,5	10,1	6,5	9	6,5	7,5	7,2	10,3
0,08	7,1	7,3	3,9	6,9	6,2	6,5	6,2	5,6	5	8,1
0,063	6,6	7	3,7	6,3	5,9	6,1	5,9	5,2	4,5	7,2

On note que les granulats utilisés pour la confection des enrobés du tronçon étudié sont riche en grains de taille moyenne c'est-à-dire de taille comprise entre 6,3 mm et 0,315mm. Les granulats utilisés pour les enrobés appartiennent à la classe granulaire 0/10 taille comprise entre 0 mm et 10 mm comme spécifié dans le CCTP. Toutes les courbes granulométriques (figure 6) côté droit du tronçon se trouvent dans le fuseau granulaire défini par le CCTP par contre, du côté gauche, une seule courbe ne rentre pas entièrement dans ce fuseau (Figure 7).

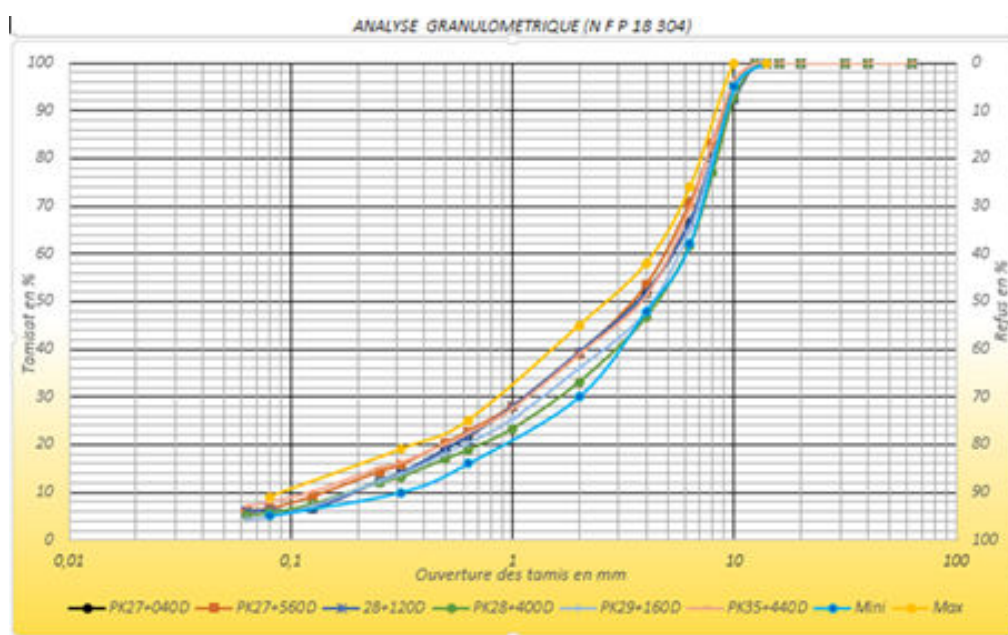


Fig. 6. Courbes d'analyses granulométriques des granulats contenus dans les enrobés prélevés sur le côté droit de la chaussée

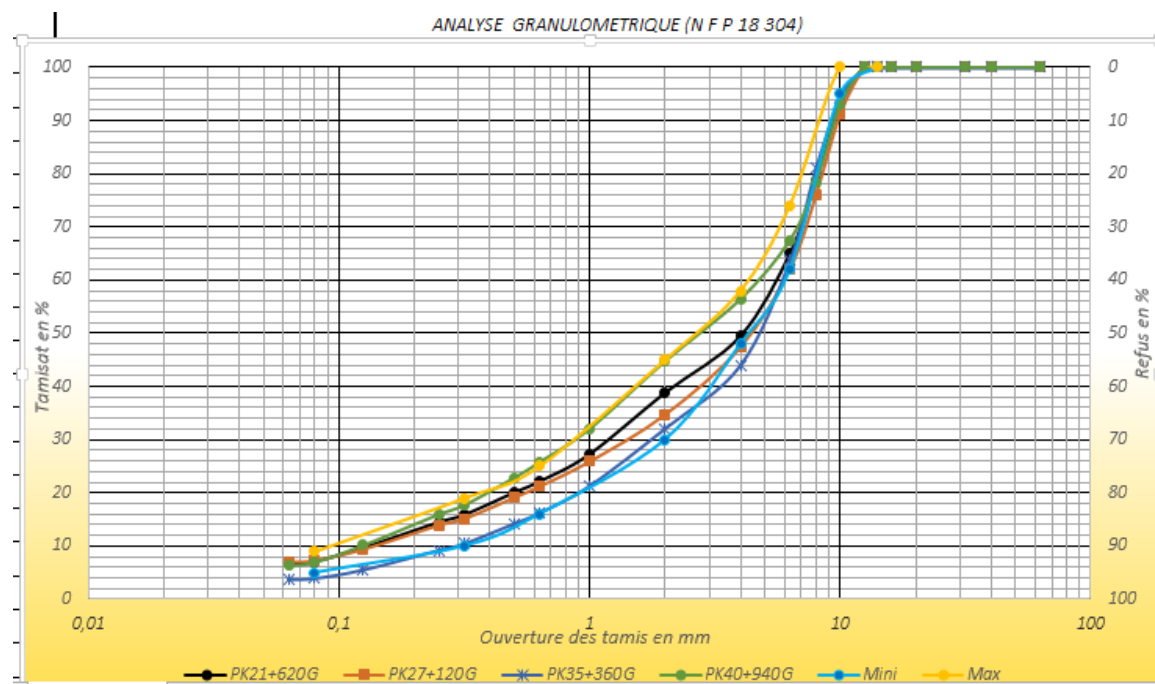


Fig. 7. Courbes d'analyses granulométriques des granulats contenus dans les enrobés prélevés sur le côté gauche de la chaussée

On peut donc dire que les granulats utilisés pour la confection des enrobés bitumineux du tronçon étudié respectent les normes définies par le CCTP. Ces résultats sont conformes aux spécifications, et les granulats utilisés appartiennent aux classes granulaires 0/4 et 4/10. Plusieurs auteurs tels que les auteurs des références [1, 5, 6, 7] indiquent que pour la confection des enrobés bitumineux, des mélanges de deux classes granulaires (0/4 et 4/10) ou parfois trois classes granulaires (0/4, 4/10 et 10/14) sont utiles en fonction du type d'enrobé.

5 CONCLUSION

Cette étude sur le contrôle de la qualité des enrobés bitumineux utilisés pour la réhabilitation de la route Grand-bassam-Nzikro a permis de réaliser plusieurs essais de terrain et de laboratoire afin de définir les caractéristiques physiques et mécaniques de ces enrobés et les comparer aux spécifications à respecter contenues dans le Cahiers de Clauses Techniques Particulières (CCTP).

Au niveau de la température de mise en œuvre des enrobés, cette étude montre que les températures enregistrées varient de 135,88°C à 146, 2°C, ce qui est conforme aux spécifications du CCTP qui stipule que les températures de mise en œuvre des enrobés doit être comprise entre 120°C et 160°C. Cette étude a montré aussi que les épaisseurs des enrobés mis en place sont comprises entre 4,7 cm et 5,6 cm alors que le CCTP impose une épaisseur minimale de 5 cm. Les valeurs inférieures à 5 cm constituent des défauts dus à la faiblesse de l'épaisseur des enrobés sortis du finisseur.

Elle a permis de déterminer les teneurs en liant des différents enrobés utilisés qui sont toutes proches de 6 % comme le spécifier dans le CCTP. Aussi, les performances mécaniques des enrobés déterminées par les essais Marshall n'ont pas permis de tirer des conclusions fiables car il n'existait aucune relation entre les trois caractéristiques de cet essai qui sont le fluage, la compacité et la stabilité. Ceci serait dû à plusieurs facteurs notamment la provenance de l'enrobé, la composition des mélanges et l'éloignement de la centrale d'enrobage.

Enfin, cette étude a pu montrer que deux classes granulaires (0/4 et 4/10) sont utilisés pour la fabrication des enrobés ce qui est conforme au CCTP.

RÉFÉRENCES

- [1] A. Junod et A. G. Dumont, "Formulation et optimisation des formules d'enrobés" [*mandat de recherche*] - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratoire des Voies de Circulation (Lausanne, Suisse), 89 p, 2004.
- [2] M. Faure, "Routes: Tome 2, 1ère édition. Collection, " «*Les Cours de l'ENTPE*». Lyon: Aléas (France).163p, 1998.
- [3] J. P. Tastet, "Environnement sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire -Togo - Bénin) ". *Thèse docteur ès sciences*, Université de Bruxelles(Belgique), 181p, 1979.
- [4] K. Aka, "La sédimentation Quaternaire sur la marge continentale de Côte d'Ivoire : Essai de modélisation. " *Thèse de Doctorat d'Etat ES Sciences. Naturelles*, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 233 p, 1991.
- [5] J. H. Tapsoba, "Etude de formulation et de mise en œuvre des enrobés : Cas des travaux de renforcement de la route Ouaga-Sakoinsé", *Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en ingénierie de l'Eau et de l'Environnement Option Génie-Civil*, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, (Ouagadougou, Burkina Faso) ,87p, 2012.
- [6] S. Moussa, "Étude du comportement des bitumes utilisés en enrobés denses au Sénégal". *Projet de fin d'études. En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur de Conception option Génie Civil*, Ecole Supérieur Polytechnique Centre de Thiès, Université Cheick Anta Diop (Sénégal), 107p, 2003.
- [7] F. Py, "Étude de la sensibilité du module des enrobés à module élevé, influence de la teneur en liant, de la compacité et du pourcentage d'agrégats d'enrobé du matériau", *Mémoire de Projet de Fin d'Etude*, Spécialité Génie Civil, INSA Strasbourg (France), 64p, 2010.

Coût génétique de la résistance aux insecticides sur le profil salivaire du moustique *Culex pipiens quinquefasciatus*

[Genetic cost of insecticide resistance on the salivary profile of *Culex pipiens quinquefasciatus* mosquito]

Innocent Djegbe¹, Adam Gbankoto², Akadiri Yessoufou³, Rousseau Djouaka⁴, and Sylvie Cornélie⁵

¹Ecole Normale Supérieure de Natitingou Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey, Benin

²Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie Expérimentale, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Benin

³Laboratoire de Biologie et Physiologie Cellulaire, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Benin

⁴Plaforme Agro-Eco-Health, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Benin

⁵UMR Maladies Infectieuses et vecteurs, Ecologie, Génétique, Evolution et Contrôle, Montpellier, France

Copyright © 2019 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: *Culex quinquefasciatus* mosquito has developed several resistant mechanisms to the main families of insecticides used in public health. Among these mechanisms, the insensitive acetyl cholinesterase (*Ace.1^R*) confers cross resistance to organophosphorous and carbamates. Fortunately, in an insecticide-free environment, this mutation is associated with a severe genetic cost that affects different biological systems. In insects, the saliva contains bioactive molecules (vasodilators, anticlotting and anti-hemostatic proteins) which permit a successful blood meal and also facilitate pathogen transmission. In this context, we studied the differential expression of salivary proteins between susceptible and carbamate-resistant (*Ace.1^R*) strains of *Cx. quinquefasciatus* having a same genetic background. Electrophoresis on acrylamid gel was used to determinate the quantity and quality of salivary proteins expression. The results showed that three majority saliva proteins of the D7 family have lower expression in the resistant strain compared to the susceptible strain. Conversely, ten enzymes involved in metabolic reactions, were up regulated in the resistant strain. This differential expression according to the resistant status of the mosquito may have a repercussion on the biting behaviour and on the transmission of parasites/virus to vertebrate hosts. The next step will consist to study using a video based analysis system the feeding behaviour of susceptible (*Ace1^{SS}*) and resistant (*Ace1^{RR}*) mosquitoes in flying chambers. These studies will provide new elements to develop alternative insecticide resistance management strategies in *Culex* mosquito.

KEYWORDS: *Culex quinquefasciatus*, resistance, *Ace1* mutation, salivary proteins, electrophoresis.

RÉSUMÉ: Le moustique *Culex quinquefasciatus* a développé des mécanismes de résistance aux principales familles d'insecticides utilisées en santé publique. L'un de ces mécanismes concerne la mutation de l'acétylcholinesterase (*Ace1^R*) qui lui confère une résistance aux organophosphorés et aux carbamates. Néanmoins, dans un environnement sans insecticide, cette mutation entraîne un coût génétique qui se répercute sur différents systèmes physiologiques. Chez les insectes, la salive constitue un élément important dans la prise de repas sanguin mais elle joue également un rôle prépondérant dans la transmission d'agents pathogènes. Dans ce contexte, nous avons étudié la différence d'expression des protéines salivaires de

Cx. quinquefasciatus entre une souche sensible et une souche résistante aux carbamates (mutation *Ace1^R*) mais possédant le même fond génétique. L'électrophorèse bidimensionnelle sur gel d'acrylamide a été utilisée afin de déterminer l'expression quantitative et qualitative des protéines salivaires. Les résultats ont montré que trois protéines majoritaires de la salive de la famille D7 sont sous-exprimées chez la souche résistante. En revanche une dizaine de protéines intervenant dans les réactions métaboliques (enzymes), sont surexprimées chez cette dernière. Ces différences de profil salivaire entre individus sensibles et résistants pourraient avoir des répercussions sur le comportement trophique des moustiques et sur la transmission d'agents pathogènes. La prochaine étape consistera à mesurer par des systèmes d'analyse vidéo le comportement d'approche, de sonde et de piqûre des moustiques ayant des génotypes différents pour la mutation *Ace1^R*. Ces études permettront d'envisager des méthodes alternatives de détection et de gestion de la résistance dans les populations culicidiennes.

MOTS-CLEFS: *Culex quinquefasciatus*, mutation *Ace1*, résistance, protéines salivaires, électrophorèse.

1 INTRODUCTION

Les insectes constituent la classe la plus importante du règne animal sur le plan de leur abondance et du nombre d'espèces. Quelques milliers d'entre eux sont nuisibles pour l'homme, soit directement en transmettant des agents pathogènes ou en provoquant des nuisances par leur piqûre ; soit indirectement en s'attaquant aux animaux domestiques ou aux plantes cultivées. En santé publique, les maladies à transmission vectorielle constituent l'une des principales causes de mortalité et de morbidité dans les pays de la zone intertropicale, provoquant ainsi un frein considérable au développement économique des pays du Sud [1]. Les insectes qui véhiculent ces maladies appartiennent à plusieurs ordres et sont tous caractérisés par leur comportement hématophage. Parmi ceux-ci, les moustiques (diptera: culicidae) forment la plus grande famille de vecteurs d'agents pathogènes [2]. Le moustique *Culex quinquefasciatus* Say (1823) demeure le principal vecteur des filaires lymphatiques, maladies touchant globalement 120 millions de personnes essentiellement dans les régions tropicales [3]. Il est également le vecteur potentiel de la fièvre à virus West Nile en Amérique du Nord [4-6] et constitue la principale nuisance en milieu urbain.

La prévention des maladies à transmission vectorielle peut faire appel à la vaccination, la chimioprophylaxie et à la lutte antivectorielle. Cette dernière apparaît d'ailleurs comme la principale méthode de prévention de masse applicable contre la plupart des endémies tropicales transmises par les moustiques. La lutte contre *Cx quinquefasciatus* est basée essentiellement sur la lutte anti-larvaire. Elle consiste au traitement des gîtes potentiels (caniveaux, puisards, latrines eaux polluées riches en matières organiques) à l'aide de larvicides ou à leur réduction par des mesures d'assainissement. Les larvicides les plus employés sont les insecticides de la famille des organophosphorés du fait de leur efficacité en milieux riches en matières organiques. Des résultats prometteurs ont aussi été obtenus en Afrique par l'utilisation de toxines bactériennes à *Bacillus sphaericus* [7, 8]. Malheureusement, *Cx. quinquefasciatus* a développé de multiples mécanismes de résistance aux principales familles d'insecticides utilisées en santé publique (pyréthrinoides, organophosphorés, organochlorés et les carbamates [9] ainsi qu'à *B. sphaericus* [10, 11].

La résistance se traduit par l'apparition dans une population d'individus possédant la faculté de tolérer des doses de substances toxiques qui exerceraient un effet léthal sur la majorité des individus composant une population normale de la même espèce [12]. Il a été montré l'existence d'une résistance multiple chez *Cx. quinquefasciatus* en Afrique de l'ouest, en particulier au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire [13, 14] et au Bénin [15]. La résistance a été également observée au sud de la France [16] ainsi qu'aux Etats-Unis [17]. Les principaux mécanismes impliqués sont des résistances métaboliques et/ou des modifications de la cible des insecticides [18]. Chez *Cx. quinquefasciatus*, la résistance provient d'une surproduction des enzymes intervenant dans la détoxification des insecticides en particulier des oxydases [19], des Glutathions-S-transférases [20] et des estérases [21]. Les modifications de cibles proviennent de mutations ponctuelles dans les gènes codant pour le canal sodium (mutation *kdr* [22] et acétylcholinestérase insensible [23]. Chez *Cx. quinquefasciatus*, la mutation G119S (glycine remplacée par une sérine) au niveau du locus *Ace.1* (acétylcholinestérase) lui confère une résistance croisée aux organophosphorés et aux carbamates [23].

Si la résistance procure à l'insecte un avantage sélectif en présence d'insecticides, celle-ci peut constituer un handicap dans un environnement sans insecticide: on appelle cela le coût génétique. Il a été montré que certains gènes impliqués dans la résistance aux insecticides entraînent un changement important sur le comportement et la physiologie de l'insecte. Par exemple, les taux d'émergence de femelles de *Cx quinquefasciatus* résistantes aux insecticides (locus *Ace.1* et *kdr*) sont significativement plus faibles que ceux des femelles sensibles [24]. Des études ont montré que les mâles résistants de *Cx quinquefasciatus* étaient également moins compétitifs pour l'accouplement que les mâles sauvages [25]. En présence de prédateurs (*plea minutissima*, hétéroptère), les individus résistants (*Ace.1^R* et *Ester*) échappent moins bien à la prédation que

les individus sensibles [26]. D'un point de vue physiologique, il a été démontré que l'acétylcholinestérase insensible (*Ace.1^R*) s'avérait beaucoup moins efficace à dégrader les substrats nicotiniques que celle des individus sensibles de la même espèce [27]. Ce coût proviendrait d'une moins grande stabilité de l'enzyme dû à un processus de déacylation moins performant [28]. Enfin, une étude publiée en 2000 dans la revue *Nature* a montré que des moustiques de *Cx quinquefasciatus* porteurs de certains gènes de résistance aux insecticides (surproduction d'estérase) pourraient être moins compétents pour transmettre les microfilaires à *Wuchereria Bancrofti* que les moustiques sensibles [29]. Cela démontre que le coût génétique de la résistance affecte de nombreux traits de vie et différents systèmes biologiques dont certains sont impliqués dans la transmission de pathogènes.

Chez les insectes hématophages, la salive joue un rôle important dans la prise de repas de sang. La principale fonction de la salive est sa puissante action anticoagulante et antiplaquettaire grâce à l'apyrase [30]. Pendant la piqure, la salive intervient pour faciliter la prise du repas sanguin en anesthésiant les tissus afin d'éviter que l'hôte ne chasse l'arthropode. Avant son repas sanguin, le moustique femelle injecte dans la peau de l'hôte des vasodilatateurs tels que le maxadilan (phlébotome), la sialokinine (*Aedes*) et des facteurs anticoagulants qui inhibent la thrombine [31]. Chez *Cx. quinquefasciatus*, peu d'articles décrivent les protéines salivaires. Néanmoins, les amylases et les glucosidases qui interviennent dans la digestion des hydrates de carbone (sucres) ont été décrites, d'autres enzymes telles les lysosymes qui jouent un rôle dans la désinfection des repas sucrés [32, 33]. Un constituant majeur de la salive de *Culex* est la famille des protéines D7 qui appartiennent à la superfamille des odorant binding proteins. Leur rôle dans le repas sanguin est incertain ; néanmoins il a été suggéré que ces protéines pourraient séquestrer des amines biogéniques (sérotonine, histamine...) intervenant ainsi sur la vasoconstriction et la douleur induite lors de la piqure [34]. La composition de la salive peut être influencée par le pathogène. Par exemple chez *Anopheles*, l'apyrase est diminuée lors de l'infection à *Plasmodium* [35]. Il a été décrit chez *Culex* que l'injection de la salive avec le pathogène « Cache valley virus » augmente l'infection dans un modèle souris [36]. L'intervention de la salive dans la transmission des pathogènes a également été étudiée pour l'infection à virus West Nile [37].

Ces études récentes montrent que la salive semble jouer un rôle prépondérant dans la transmission d'agents pathogènes. L'objectif de cette étude est donc de déterminer si la présence d'un gène ayant un coût génétique important (locus *Ace.1^R*) peut modifier l'expression des protéines salivaires chez *Cx quinquefasciatus*. Pour répondre à cet objectif, deux souches d'élevage de *Cx quinquefasciatus* ayant un fond génétique commun ont été comparées. Une souche sensible aux insecticides (*Ace.1^{SS}*) et une souche résistante aux carbamates et aux organophosphorés (*Ace.1^{RR}*). L'expression des protéines salivaires de ces souches a été étudiée par électrophorèse bidimensionnelle. Une analyse qualitative et quantitative a été réalisée sur les profils salivaires obtenus. La spectrométrie de masse a ensuite été utilisée pour identifier les protéines ayant une expression modulée par la résistance.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE: LE MOUSTIQUE *CULEX QUINQUEFASCIATUS*

Deux souches d'élevage de *Cx. quinquefasciatus* ont été utilisées dans cette étude: une souche de référence sensible aux insecticides (SLAB [38]) et une souche résistante aux carbamates et aux organophosphorés (SR) par l'intermédiaire d'une acétylcholinestérase insensible [39]. Ces deux souches possèdent le même fond génétique et ne diffèrent que par la présence de la mutation G119S chez la souche résistante. Ces derniers ont été obtenus après plusieurs générations de backcross successifs (afin d'introduire le génome de la souche sensible dans la souche résistante) et de sélection au propoxur [25].

2.2 EXTRACTION DES GLANDES SALIVAIRES

Des moustiques sensibles et résistants âgés de 7 jours et non gorgés ont d'abord été endormis au CO₂. Les glandes salivaires (figure 1) ont été disséquées dans une goutte de tampon NaCl 150mM ; Hepes 75 mM sous une loupe binoculaire. Les paires de glandes ont été récoltées dans des tubes contenant du tampon de réhydratation. Les échantillons ont été conservés à -80°C. La lyse des glandes salivaires a été réalisée par choc thermique dans l'azote liquide, et les protéines salivaires ont été récupérées après centrifugation à 30000g pendant 30 min à 4°C. Le surnageant a ensuite été utilisé pour l'électrophorèse bidimensionnelle.

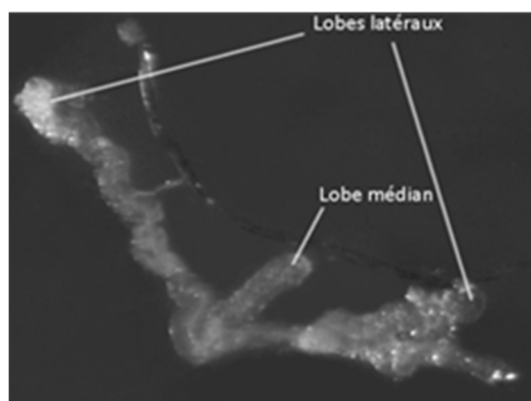


Fig. 1. Glande salivaire de *Culex pipiens quinquefasciatus*

2.3 SÉPARATION DES PROTÉINES PAR SDS-PAGE

Afin d'éviter une réoxydation aléatoire des groupements sulfhydryl (SH) des protéines pendant la deuxième dimension, les strips ont été réduits (DTT), alkylés (Iodoacétamide) puis équilibrés avec des tampons appropriés. Ensuite les strips ont été déposés sur gel SDS-PAGE. Pour assurer une meilleure reproductibilité dans la séparation des protéines, des gels pré-coulés d'un gradient d'acrylamide 10-20% (Bis-Tris, BioRad, Marnes-la-Coquette, France) dans un tampon de migration (Tris-glycine SDS, annexe 3) 1X dans la cuve basse et de 2X dans la cuve haute ont été utilisés. Les conditions de cette deuxième séparation sont les suivantes: 70 Volts pendant 15 min et 200 Volts jusqu'à la fin de la migration (environ 40 min). Après la migration les protéines ont été fixées à l'acide acétique puis colorées au Bleu Colloïdal (Fermentas) pendant 48h.

2.4 ANALYSE D'IMAGES ET STATISTIQUES DES GELS ET DIGESTION DES PROTÉINES

Le logiciel Same Spots (Nonlinear Dynamics) a été utilisé pour l'analyse densitométrique des gels. Afin d'observer d'éventuelles différences d'expression entre les protéines de moustiques sensibles et résistants, le volume (aire du spot x l'intensité de coloration) de chacun des spots a été calculé par le logiciel. Le test statistique utilisé était l'ANOVA. Le seuil de significativité a été fixé à 5% ($P < 0,05$).

Les spots contenant les protéines ont été prélevés sur les gels. La digestion, l'extraction et le dessalage des protéines ont été réalisés au robot FreedomEvo (TECAN) à l'Institut de Génomique Fonctionnelle de Montpellier.

2.5 IDENTIFICATION DES PROTÉINES

Les protéines ont été analysées par spectrométrie de masse sur un appareil, MALDI-TOF (UltraflexII, Bruker Daltonics). Les spectres générés ont permis l'interrogation de la base de données: Sprot-Trembl (<http://www.expasy.org/sprot/>), en se restreignant à la classe des insectes, pour l'identification des protéines. Certains spots non identifiés par l'analyse MALDI ont été soumis à une analyse par séquençage LC-MS/MS (liquid chromatography- mass spectrometry).

3 RÉSULTATS

3.1 ECHANTILLONNAGE ET DOSAGE DES PROTÉINES SALIVAIRES

Pour chaque souche, nous avons extrait 10 lots de 30 paires de glandes. Dix-huit lots de glandes ont été récoltés en tampon IEF et 2 lots en tampon salin. Pour ce dosage, la courbe obtenue à partir de la gamme étalon (BSA: Bovin Serum Albumin) est présentée dans la fig. 3. L'équation de cette courbe a permis de calculer la concentration en protéines. Les résultats de ce dosage ont montré que la concentration en protéines des glandes salivaires de la souche résistante est supérieure à celle des glandes de la souche sensible.

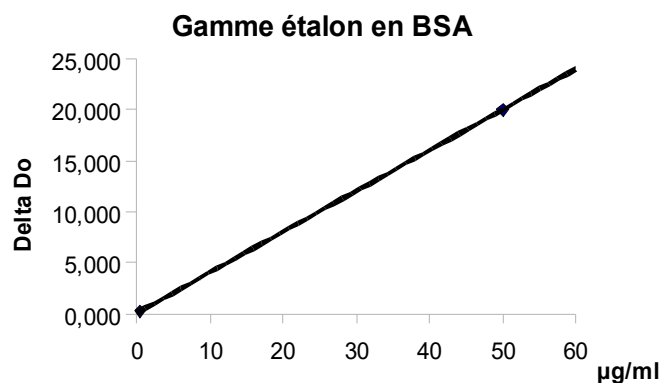


Fig. 2. Courbe de dosage des protéines

Tableau 1. Concentration des protéines salivaires dans les différentes souches de *Cx. quinquefasciatus*

Souches	Sensible	Résistante
DO obtenue	0,386	0,401
Facteur de dilution	60	
Equation de la droite	$y = 0,0103x + 0,0019$	
Concentration en µg/µl	0,729	0,816
Quantité déposée en µg	14,580	16,323

3.2 ÉLECTROPHORÈSE BIDIMENSIONNELLE ET ANALYSES

La coloration des gels au Bleu Colloïdal a permis de mettre en évidence la présence des protéines dans les gels.

Des protéines majoritaires avec des poids moléculaires compris entre 20 et 36 kDa ont d'abord été observées du côté basique du gel. Beaucoup de protéines sont situées entre pH4-7 et dans la moitié supérieure du gel avec des poids moléculaires compris entre 40 et 160 kDa. D'autres protéines basiques à faible poids moléculaires ont été également observées dans la région basse du gel.

La méthode d'analyse des composants principaux (ACP) nous a permis de valider l'existence de deux groupes bien distincts de gels: le groupe des gels de la souche sensible (SLAB) et celui des gels de la souche résistante (SR). Aucune ressemblance n'a été observée au niveau de ces deux groupes (fig. 3).

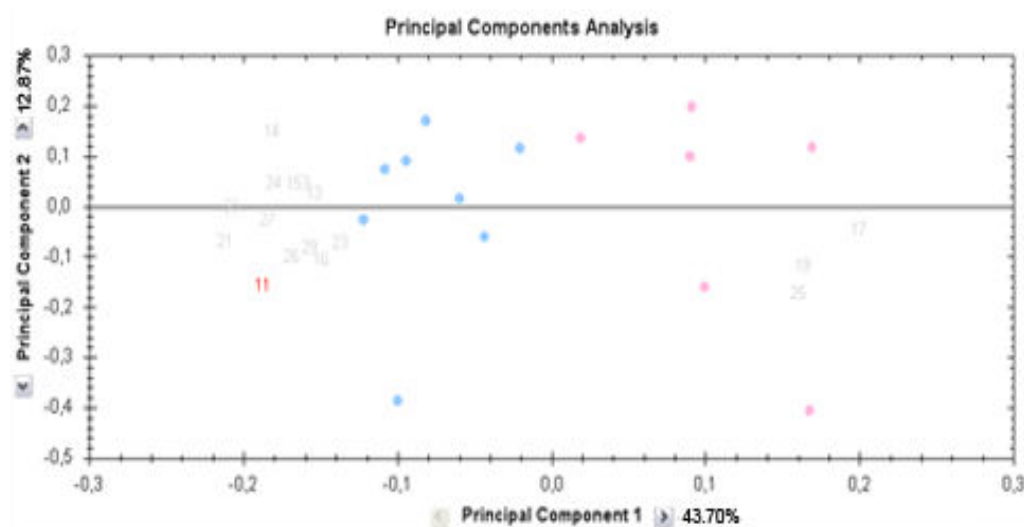


Fig. 3. Résultats de l'analyse statistique ACP (analyses des composants principaux) pour les 2 groupes de gels, représentant les protéines salivaires de la souche sensible (rose) et résistante (bleu)

Après alignement, le logiciel a calculé les volumes normalisés d'un nombre total de 826 spots. Les résultats statistiques (ANOVA) ont montré que le volume de quatorze spots était significativement différent entre la souche sensible et résistante ($p < 0,05$). Trois spots (n°17, 19, 25) présentaient un volume plus élevé chez la souche sensible (figure 6). Ces spots étaient situés dans la région des protéines de 30kDa. Les autres spots ont eu un volume plus élevé chez la souche résistante. La plupart de ces spots étaient localisés dans la partie haute du gel.

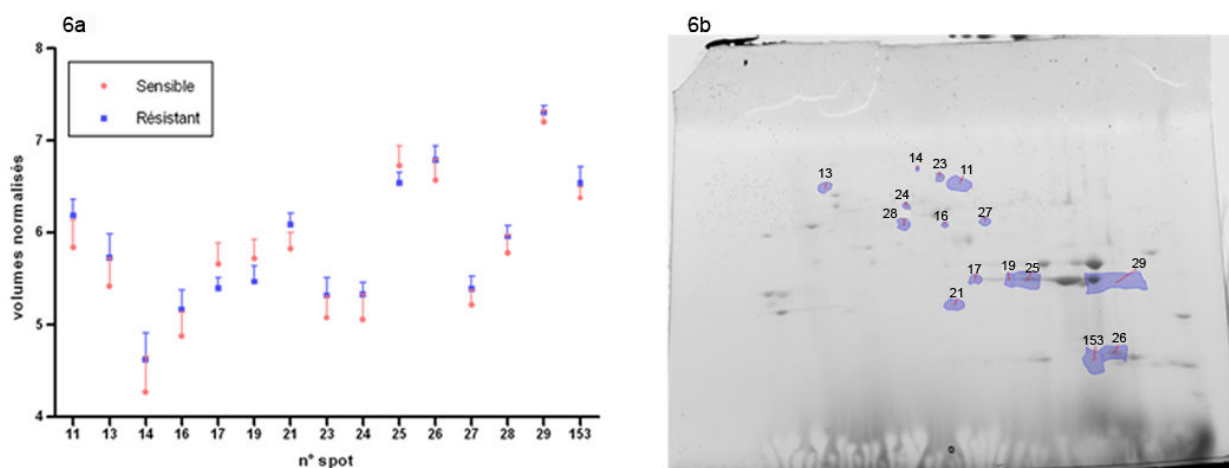


Fig. 4. Variation de l'expression des protéines chez les souches sensibles et résistantes de *Cx. quinquefasciatus*

3.3 IDENTIFICATION DES PROTÉINES

Les analyses par spectrométrie de masse (MALDI-TOF) ont permis d'identifier différentes familles de protéines, des enzymes de poids moléculaires élevés (Malate déshydrogénase, désulfite isomérase), des protéines de petits poids moléculaires (14kDa, 16 kDa) et des protéines de la famille D7.

Les enzymes identifiées interviennent dans le cycle de Krebs et participent à la conformation des protéines (protéines chaperonnes : calréticuline, désulfite isomérase). Toutefois certaines protéines prélevées n'ont pas pu être identifiées par l'analyse MALDI. Ces protéines ont donc été soumises à identification par séquençage et spectrométrie de masse. Les résultats ont montré que certains de ces spots sont constitués de mélange de protéines. Par exemple, on retrouve les protéines D7 forme longue dans le spot majoritaire situé aux alentours de 30 kDa mais aussi un allergène de la famille des V5, conservée chez les arthropodes hématophages.

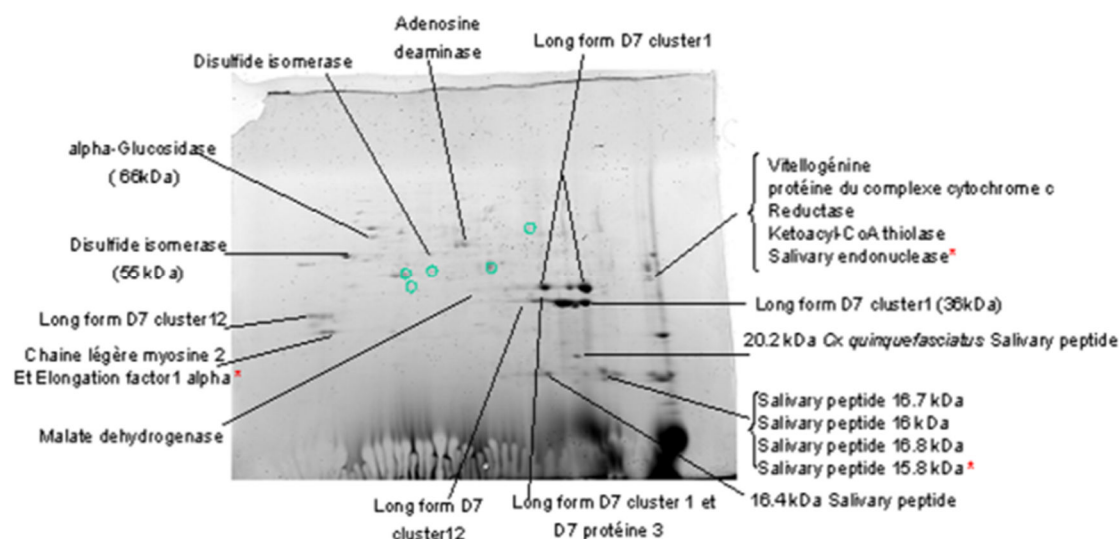


Fig. 5. Gel bidimensionnel montrant les protéines salivaires identifiées chez *Cx. quinquefasciatus*. Les protéines encadrées en bleue n'ont pu être identifiées

4 DISCUSSION

La présente étude a montré la différence entre les protéines salivaires de deux souches sensible et résistante aux insecticides de *Cx. quinquefasciatus* ayant un fond génétique commun.

Les résultats des différentes analyses effectuées ont montré que trois protéines étaient plus exprimées dans les glandes salivaires des moustiques sensibles (*Ace.1^{SS}*) tandis qu'une dizaine de protéines étaient plus exprimées chez les résistants (*Ace.1^{RR}*). La spectrométrie de masse a montré que les protéines sous-exprimées chez les moustiques résistants appartenaient à la famille des protéines D7 forme longue cluster 1 et 12. Parmi les protéines sur-exprimées chez les résistants, les enzymes du cycle de Krebs et des protéines chaperonnes ont été identifiées.

La méthodologie d'électrophorèse bidimensionnelle utilisée a permis pour la première fois d'explorer le protéome des glandes salivaires de *Cx. quinquefasciatus*. L'identification des protéines par spectrométrie de masse a permis également de confirmer les prédictions issues de l'analyse du génome. En effet, le génome de *Cx. quinquefasciatus* est en cours de séquençage et d'annotation, ce qui explique que plusieurs protéines n'ont pu être identifiées. L'analyse d'image a révélé des différences significatives, toutefois une variabilité a été observée au niveau de nos gels.

Les protéines de la famille des D7 sont conservées chez tous les diptères hématophages [34]. Cette famille de protéines est majoritaire chez les moustiques. Chez les *Anopheles*, cinq formes courtes et deux formes longues ont été décrites tandis que chez les *Aedes*, deux formes courtes et deux formes longues ont pu être identifiées. Chez *Culex*, nous avons observé la présence d'une seule forme courte et trois formes longues. Des études précédentes ont montré que certaines protéines de la famille des D7 lient la sérotonine et l'histamine qui sont libérées par l'hôte lors de la piqure. Elles semblent jouer un rôle important dans la prise de repas sanguin en inhibant la vasoconstriction et la réponse à la douleur [34]. Dans notre étude, une diminution des protéines D7 forme longue chez la souche résistante pourrait suggérer une baisse d'efficacité dans la prise du repas de sang. Des études précédentes avaient signalé que le gène *Ace.1* influence différents traits de vie chez les individus résistants. Il a été démontré que l'acétylcholinestérase insensible (*Ace.1^R*) s'avérerait beaucoup moins efficace à dégrader les substrats nicotiniques que celle des individus sensibles de la même espèce [27]. Des études de comportement seraient maintenant nécessaires pour appréhender l'importance des modifications du profil salivaire chez les individus résistants de *Cx. quinquefasciatus*. Par exemple, des systèmes d'analyse vidéo pourraient être utilisés pour étudier le comportement trophique (temps de sonde et de piqure) chez ces moustiques. Ainsi on pourra comprendre si la modification des protéines salivaires entraîne un coût ou un avantage pour un individu porteur de la mutation *Ace.1*.

Les protéines qui présentent une plus forte expression chez la souche résistante par rapport à la sensible appartiennent aux enzymes du cycle de Krebs (pyruvate carboxylase, aldéhyde et glutamate déshydrogénase...) suggérant une modulation de l'activité métabolique des glandes salivaires. L'autre groupe de protéines plus exprimées chez les résistants comprend l'adénosine désaminase (ADA) et l'alpha glucosidase. L'ADA intervient dans la dégradation des acides nucléiques ; chez les *Anopheles* et les *Aedes*, cette enzyme est sécrétée dans la salive, sa fonction reste toutefois inconnue. Chez *Culex*, bien qu'il existe un peptide signal dans la séquence, cette protéine ne semble pas sécrétée [32]. L'alpha-glucosidase intervient dans la dégradation des sucres, ainsi son augmentation chez les moustiques résistants pourrait témoigner d'une augmentation du métabolisme des sucres.

Cette étude présente des données importantes sur la composition des glandes salivaires de *Cx. quinquefasciatus*. Les résultats obtenus permettent d'envisager à long terme une utilisation des protéines salivaires dans la détection de la résistance.

5 CONCLUSION

Compte tenu du niveau actuel de la résistance dans les populations culicidiennes, il est important d'étudier les modifications induites par les gènes de résistance sur la physiologie et le comportement des moustiques vecteurs de maladies. Les protéines salivaires semblent jouer un rôle important dans la vie d'un arthropode. Il serait donc intéressant d'étudier l'influence des protéines salivaires sur la transmission de pathogènes véhiculés par des moustiques de *Cx. quinquefasciatus* sensibles et résistants aux insecticides. Une meilleure connaissance de ces facteurs peut nous aider à mettre en place des méthodes plus efficaces de lutte anti-vectorielle.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie l'Institut de recherche pour le développement pour avoir financé cette recherche.

REFERENCES

- [1] WHO: Evaluation de la santé, In Rapport sur la santé dans le monde. La vie au 21^e siècle. Une perspective pour tous, pp. 43-65, 1998.
- [2] F. R., C. P.: Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. In: *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire*. Edited by A. MS. paris; 1985.
- [3] Who, "Lymphatic Filariasis: The disease and its control", *Fifth report of the Who expert Committee on Filariasis*, vol. 821, Tech. Rep. Ser edn; pp. 1-17, 1992.
- [4] Dohm D., O'Guinn M., Turell M., "Effect of environmental temperature on the ability of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus", *J Med Entomol*, Vol. 39, no. 1, pp. 221-225, 2002.
- [5] Turell M., Jones J., Sardelis M., Dohm D., Coleman R., Watts D., Fernandez R., Calampa C., Klein T., "Vector competence of Peruvian mosquitoes (Diptera: Culicidae) for epizootic and enzootic strains of Venezuelan equine encephalomyelitis virus". *J Med Entomol*, Vol. 37, no. 6, pp. 835-839, 2000.
- [6] Turell M., Sardelis M., Dohm D., O'Guinn M., "Potential North American vectors of West Nile virus". *Ann N Y Acad Sci*, Vol. 951, pp. 317-324, 2001.
- [7] Hougard J., Lochouart L., Escaffre H., Le Goff G., Prud'homme J., Quillévéré D., "Campaign against the vectors of onchocerciasis in the surroundings of a refugee camp located in a savanna zone of Cameroon", *Ann Soc Belg Med Trop*, Vol. 70, no. 3, pp. 203-211, 1990.
- [8] Barbazan P., Baldet T., Darriet F., Escaffre H., Djoda D., Hougard J., "Control of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) with *Bacillus sphaericus* in Maroua, Cameroon". *J Am Mosq Control Assoc*, Vol. 13, no. 3, pp. 263-269, 1997.
- [9] Ranson H., Jensen B., Wang X., Prapanthadara L., Hemingway J., Collins F., "Genetic mapping of two loci affecting DDT resistance in the malaria vector *Anopheles gambiae*", *Insect Mol Biol*, Vol. 9, no. 5, pp. 499-507, 2000.
- [10] Nielsen L., Johnsen C., Bindslev-Jensen C., Poulsen L., "Efficacy of acrivastine in the treatment of allergic rhinitis during natural pollen exposure: onset of action", *Allergy*, Vol. 49, no. 8, p. 630-636, 1994.
- [11] Nielsen-Leroux C., Pasquier F., Charles J., Sinègre G., Gaven B., Pasteur N., "Resistance to *Bacillus sphaericus* involves different mechanisms in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) larvae", *J Med Entomol*, Vol. 34, no. 3, pp. 321-327, 1997.
- [12] HAMON J., MOUCHET J., "The resistance to insecticides in insects of medical importance. Methods of study and the situation in Africa south of the Sahara", *Med Trop*, Vol. 21, pp. 565-596, 1961.
- [13] Chandre F., Darriet F., Doannio J., Rivière F., Pasteur N., Guillet P., "Distribution of organophosphate and carbamate resistance in *Culex pipiens quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in West Africa". *J Med Entomol*, Vol. 34, no. 6, pp. 664-671, 1997.
- [14] Chandre F., Darriet F., Darder M., Cuany A., Doannio J., Pasteur N., Guillet P.: Pyrethroid resistance in *Culex quinquefasciatus* from west Africa, *Med Vet Entomol*, Vol. 12, no. 4, pp. 359-366, 1998.
- [15] Corbel V., N'Guessan R., Brengues C., Chandre F., Djogbenou L., Martin T., Akogbeto M., Hougard J., Rowland M., "Multiple insecticide resistance mechanisms in *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus* from Benin, West Africa", *Acta Trop*, Vol. 101, no. 3, pp. 207-216, 2007.
- [16] Lenormand T., Raymond M., "Analysis of Clines with Variable Selection and Variable Migration", *Am Nat*, Vol. 155, no.1, pp. 70-82, 2000.
- [17] Liu H., Cupp E., Guo A., Liu N., "Insecticide resistance in Alabama and Florida mosquito strains of *Aedes albopictus*", *J Med Entomol*, Vol. 41, no. 5, pp. 946-952, 2004.
- [18] Hemingway J., Ranson H., "Insecticide resistance in insect vectors of human disease", *Annu Rev Entomol*, Vol. 45, pp. 371-391, 2000.
- [19] Kasai S., Shono T., Yamakawa M., "Molecular cloning and nucleotide sequence of a cytochrome P450 cDNA from a pyrethroid-resistant mosquito, *Culex quinquefasciatus* say", *Insect Mol Biol*, Vol. 7, no. 2, pp. 185-190, 1998.
- [20] Hemingway J., A. MC, Kissoon K.E., Boddington R.G., Curtis C.F., Hill N., "The biochemistry of insecticide resistance in *Anopheles sacharovi*: Comparative studies with a range of insecticide susceptible and resistant *Anopheles* and *Culex* species", *Pesticide Biochem Physiol*, Vol. 24, pp. 68-76, 1985.
- [21] Guillemaud T., Pasteur N., Rousset F., "Contrasting levels of variability between cytoplasmic genomes and incompatibility types in the mosquito *Culex pipiens*", *Proc Biol Sci*, Vol. 264, no. 1379, pp. 245-251, 1997.
- [22] Martinez-Torres D., Foster S., Field L., Devonshire A., Williamson M., "A sodium channel point mutation is associated with resistance to DDT and pyrethroid insecticides in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Insect Mol Biol*, Vol. 8, no. 3, pp. 339-346, 1999.
- [23] Weill M., Duron O., Labbé P., Berthomieu A., Raymond M., "Insecticide resistance in the mosquito *Culex pipiens*". *Med Sci (Paris)*, Vol. 19, no. 12, pp. 1190-1192, 2003.
- [24] Berticat C., Bonnet J., Duchon S., Agnew P., Weill M., Corbel V., "Costs and benefits of multiple resistance to insecticides for *Culex quinquefasciatus* mosquitoes", *BMC Evol Biol*, Vol. 8, no. 104, pp. 1-9, 2008.

- [25] Berticat C., Boquien G., Raymond M., Chevillon C., "Insecticide resistance genes induce a mating competition cost in *Culex pipiens mosquitoes*", *Genet Res*, Vol. 79, no. 1, pp. 41-47, 2002.
- [26] Berticat C., Duron O., Heyse D., Raymond M., "Insecticide resistance genes confer a predation cost on mosquitoes, *Culex pipiens*". *Genet Res*, Vol. 83, no.3, pp.189-196, 2004.
- [27] Bourguet D., Lenormand T., Guillemaud T., Marcel V., Fournier D., Raymond M., "Variation of dominance of newly arisen adaptive genes". *Genetics*, Vol. 147, no. 3, pp. 1225-1234, 1997.
- [28] Shi M., Lougarre A., Alies C., Frémaux I., Tang Z., Stojan J., Fournier D., "Acetylcholinesterase alterations reveal the fitness cost of mutations conferring insecticide resistance", *BMC Evol Biol*, 4:5, 2004.
- [29] McCarroll L., Paton M., Karunaratne S., Jayasuriya H., Kalpage K., Hemingway J., "Insecticides and mosquito-borne disease", *Nature*, Vol. 407, no. 6807, p. 961-962, 2000.
- [30] Ribeiro J: Blood-feeding arthropods: live syringes or invertebrate pharmacologists? *Infect Agents Dis* 1995, 4(3):143-152.
- [31] Ribeiro J., Francischetti I., "Role of arthropod saliva in blood feeding: sialome and post-sialome perspectives", *Annu Rev Entomol*, Vol. 48, pp. 73-88, 2003.
- [32] Ribeiro J., Charlab R., Pham V., Garfield M., Valenzuela J., "An insight into the salivary transcriptome and proteome of the adult female mosquito *Culex pipiens quinquefasciatus*", *Insect Biochem Mol Biol*, Vol. 34, no. 6, pp. 543-563.
- [33] Nascimento E., dos Santos Malafrente R., Marinotti O., "Salivary gland proteins of the mosquito *Culex quinquefasciatus*". *Arch Insect Biochem Physiol*, Vol. 43, no. 1, pp. 9-15.
- [34] Calvo E., Mans B., Andersen J., Ribeiro J., "Function and evolution of a mosquito salivary protein family". *J Biol Chem*, Vol 281, no.4, pp. 1935-1942, 2006.
- [35] Choumet V., Carmi-Leroy A., Laurent C., Lenormand P., Rousselle J., Namane A., Roth C., Brey P., "The salivary glands and saliva of *Anopheles gambiae* as an essential step in the Plasmodium life cycle: a global proteomic study. *Proteomics*, Vol.7, no.18, pp. 3384-3394, 2007.
- [36] Edwards J., Higgs S., Beaty B., "Mosquito feeding-induced enhancement of Cache Valley Virus (Bunyaviridae) infection in mice". *J Med Entomol*, Vol.35, no.3, pp. 261-265, 1998.
- [37] Schneider B., McGee C., Jordan J., Stevenson H., Soong L., Higgs S., "Prior exposure to uninfected mosquitoes enhances mortality in naturally-transmitted West Nile virus infection". *PLoS ONE*, Vol. 2, no. 11, pp. e1171, 2007.
- [38] Georgiou G., Metcalf R., Gidden F., "Carbamate-resistance in mosquitos. Selection of *Culex pipiens fatigans* Wiedemann (=C. quinquefasciatus Say) for resistance to Baygon". *Bull World Health Organ*, Vol. 35, no. 5, pp. 691-708, 1966.
- [39] Weill M., Malcolm C., Chandre F., Mogensen K., Berthomieu A., Marquine M., Raymond M., "The unique mutation in Ace-1 giving high insecticide resistance is easily detectable in mosquito vectors". *Insect Mol Biol*, Vol. 13, no. 1, pp.1-7, 2004.

Evaluation of contamination risks in Metallic Trace Elements (MTE) in the sediments of Ouémé delta in Benin

Rodrigue A. M. A. Adechina¹, Nelly C. Kelome², Christophe Kaki², Jéchonias B. Hounkpe², and Nambinina R. F. Randriana³

¹International Chair of Physic Math and Applications UNESCO CHAIR, University of Abomey-Calavi, 072 P.O. Box 50 Cotonou, Benin

²Department of Earth Sciences, University of Abomey-Calavi, 01 P.O. Box 526 Cotonou, Benin

³Department of Chemical and Industrial Process Engineering, University of Antananarivo, 01 P.O. Box 566 Antananarivo 101, Madagascar

Copyright © 2019 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 Metallic Trace Elements (MTE) pollution of aquatic ecosystems and their intrusion and inclusion into the food chain exposes public health to enormous risks. This study assesses the risks associated with the pollution of surface sediments from Ouémé delta with Pb, Cu and Cd. In these sediments stratifications, the physicochemical characteristics of the sediments were evaluated. Total metal contents are determined by the inductively coupled plasma mass spectrometer. Risk indices are evaluated, followed by statistical processing in software R 3.3.2. On average, the pH is 5.50; the CEC is 84.24 meq / 100g and the organic carbon (OC) is 0.84 % of mass sediment. Means of Al₂O₃, Fe₂O₃ and CaO are respectively 8.14 %; 3.9 % and 6.08 %. The means of copper, lead and cadmium are respectively 32.92 ppm; 23.63 ppm and 1.43 ppm. Overall the degrees of risk related to contamination and ecological risks are low to high. Sites with a high degree of contamination and high ecological risk reflect the importance of the contribution of solid waste from Dantokpa market and the domestic discharges into the metal pollution of Ouémé delta.

KEYWORDS: Ouémé delta, Sediments, Metallic Trace Elements, Risk of contamination, Ecological risk.

1 INTRODUCTION

Contamination in Metallic Trace Elements (MTE) is one of the major environmental problems affecting human health and aquatic ecosystems. Anthropogenic activities such as agriculture, residential, urban and industrial waste generation are the potential sources of their release into rivers [1], [2]. Among these metals, Cd, Pb, Hg and Ni are classified as priority substances in Directive 2008/105 / EC (Water Framework) and are of major environmental concern due to their toxicity, non-biodegradable property, mobility and bioavailability [3]. In living organisms, these MTEs can lead to morphological abnormalities, neurophysiological disorders, affect enzymatic and hormonal activities [4] [5]. In order to attract the attention of governments and researchers, Dutch Hann called these metals "chemical time bomb" [6].

In Benin, about 25,000,000 hectares of arable lands are cultivated each year, including 320,000 hectares of irrigable lands in the valleys, including that of Ouémé [7]. Cotton is the main cash crop that consumes about 90% of the insecticide market [8] and 96 % of chemical fertilizers. These inputs cause post-harvest emissions and are the source of water pollution by runoff and infiltration. Better, in the context of the demographic boom in recent years, there is strong anthropogenic pressure on the Ouémé delta. Approximately 75,000 inhabitants live on and around Lake Nokoué [9]. Around the Sô river, over 20 years, the agglomerations have increased by 202 ha [10]. To the various strategies designed to master such a context, unfortunately grafted an indelicacy of some local population. Solid and liquid waste is dumped daily into the gutters and water collectors that open into Lake Nokoué, near the lake and its channels. To these wastes are added the discharges from the industrial units and the international market of Dantokpa in Cotonou (Fig.1). Moreover, in recent decades, the smuggling of hydrocarbons from

Nigeria has also been developed through Nokoué Lake and the Porto Novo Lagoon. The loading docks of Abomey-Calavi, Akassato and Sô-Ava represent a real distribution point where large spills occur. Given the importance of Oueme in its ability to supply more than 75% of national fish production [11], several studies have focused on the assessment of impacts related to these human activities.

All the research carried out to date has proved the vulnerability of Ouémé delta regarding MTEs. Reference [12] revealed levels of 13.94 and 22.07 mg / kg respectively for Pb and Cd in Nokoué Lake; while [13] revealed mean levels of 54.04 and 0.74 mg / kg in the city of Ganvié. Reference [14] had recorded very high Pb contents of 895.33 mg / kg at Calavi; 233.25 mg / kg in the middle of Nokoué Lake and 535.79 mg / kg in Dantokpa area. Total contents generally allow assessment of the potential risk of pollution [15]. Besides the disparity of the total contents in the sediments of Ouémé delta, the sectors studied are not categorized by reference to the various indices of risk level assessment. The study assesses the potential risk levels of Pb, Cu and Cd pollution in Ouémé superficial sediments and considers the physicochemical conditions that may influence their mobility.

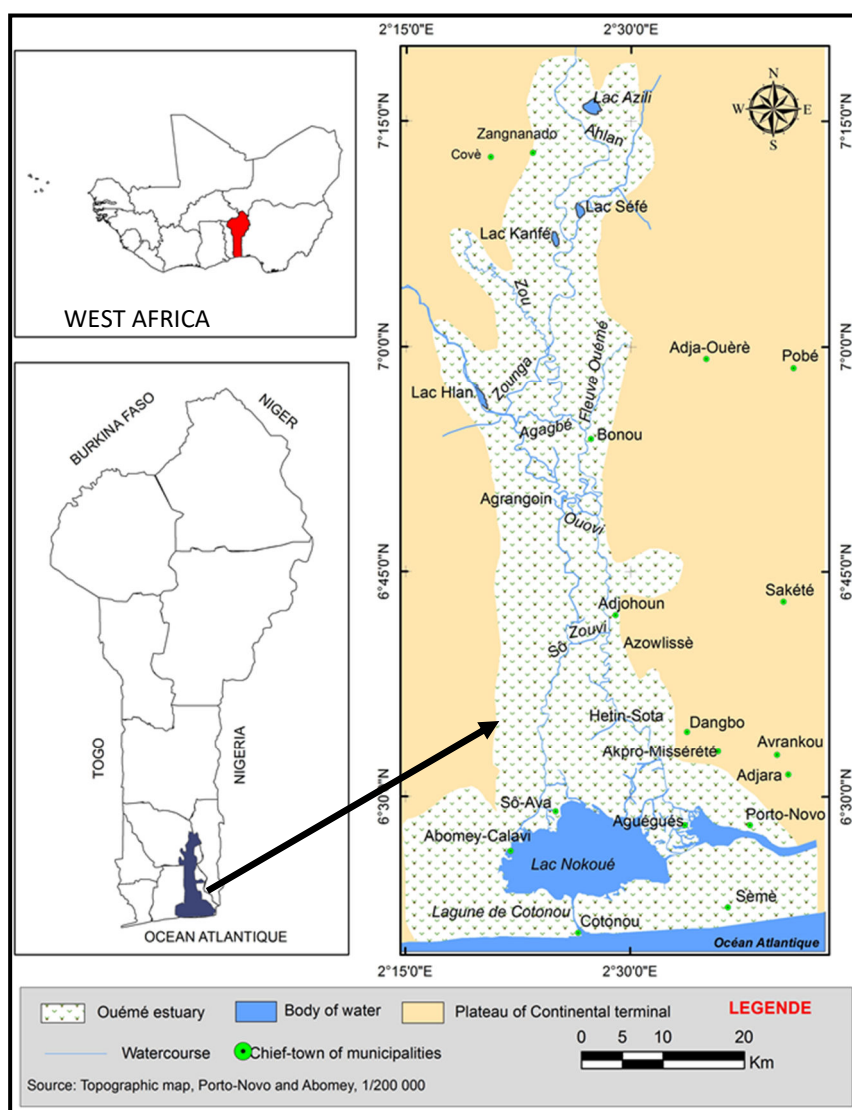


Fig. 1. Map showing Ouémé delta

2 LITERATURE REVIEW

Metal fate studies indicate that metals released into the aquatic environment in the particulate state readily sediment. Those arriving in the dissolved state react with organic and inorganic ligands thus forming complexes that attach to suspended particles and sediment [16]. The main components of these sediments are: interstitial water, organic matter and inorganic matter [17]. Organic matter consists of proteins, polysaccharides, lipids, humic and fulvic acids [18]. Humic and fulvic acids

have a very high cation exchange and complexation capacity. These acids are negatively charged because of the carboxylic and phenolic groups in which a hydrogen can be replaced by metal ions [19]. Inorganic matter includes clays, carbonates and silicates. The more sediments are rich in fine particles ($<150\ \mu\text{m}$), the more they are rich in organic matter and the greater their ability to complex with metallic contaminants [20]. This ability of the sediment component to complex metals is a function of the mineralogical nature of the sediment, since illites and montmorillonites are an excellent fixative. Sediment pH is, however, an important factor influencing the accumulation of metals. Its decrease is favorable to increasing the concentration of free metal cations in the soil solution [21]. PH values above 6 favor the precipitation of metal hydroxide, chelation by organic matter [22]. According to reference [23], the increase in Pb, Cu and Ni adsorption with pH could be attributed to a better ability to deprotonate oxygenated groups, which are better able to coordinate with metal cations. The mobility of metals at the sediment-water interface also seems to vary according to the salinity of the environment [4]. Sediment metals tend to be more mobile at low salinity. Decreased sediment salinity results in different partition coefficients K_d (metal to sediment and interstitial water concentration ratios) of the metals. In general, after accumulation of metals, the environmental risks will therefore depend on the physico-chemical conditions such as the nature of the sediment, the organic matter content, the pH, the salinity, the cation exchange capacity...

3 STUDY OBJECTIVES

Overall, this study aims to evaluate the influence of metallic trace elements on the sediment quality of the Ouémé delta. Specifically, it is a question of characterizing the physicochemical parameters of delta superficial sediments. Finally, it is necessary to determine the risk levels due to the accumulation of metallic trace elements in the delta sediments.

4 MATERIAL AND METHODS

4.1 DESCRIPTION OF STUDY AREA

Ouémé delta is located in the southern part of Benin, one of the West African countries (Fig. 1). Ouémé is the main river in the Benin hydrographic system with its tributaries Okpara and Zou. This delta is integrated into the coastal sedimentary basin of Benin, which consists of plateau, sandy cords, estuarial systems, foreshore and shoreface. The geological formations are made up of quaternary deposits which rest on a thick layer of sandstone, clays, limestone ... whose ages go up to the Cenomanian [24]. The lithology of quaternary deposits is composed of clays, sands, vases and peat. The climate is of the subequatorial type with average air temperatures of about $28.33\ ^\circ\text{C}$ in the great dry season and $27.46\ ^\circ\text{C}$ in the great rainy season. The warm months of February, March and April are hot ($31\text{--}33\ ^\circ\text{C}$) followed by cool nights ($24\text{--}26\ ^\circ\text{C}$) [25]. The relative humidity varies from 67.08 % to 71.83 %. From a morphological point of view, the Ouémé delta is divided into three sectors [26]. The upper delta starts from the confluence of Ouémé with the Zou up to the limit of Bonou. The medium delta goes from Bonou to Azowlissè in the commune of Adjohoun. The lower delta runs downstream from Azowlissè to the north of the complex Lake Nokoué-lagoon of Porto-Novo. From a hydrological point of view, in Bonou, after a period of recession that lasts from January to May, the flood wave arrives in June and the recession begins in November. When the flood level in Bonou is less than 7.50 m, the Ouémé River flows to Sô through Zoungba and Agagbe tributaries are not significant [27]. Ouovi and Zouvi tributaries in the medium delta can flow from Ouémé to Sô Rivers when this level in Bonou exceeds 5.50 m. In the lower delta, overflows begin as soon as the water level in Bonou exceeds approximately 6.00 m. It is during this period of flood that Ouémé spreads in the delta sediments containing all sorts of toxic residues produced in the north and in the center of the country. At low water, salinity is close to 2 % at the mouth of the Sô and doesn't exceed 1 % for Ouémé. During this last period, there is rise of lagoon waters which is about 25 km in Ouémé. Through this hydrodynamic inversion, the delta gets its supply of salt water, sediments, and pollutants from the littoral zone. The hydrosedimentary operation of the delta and its geographical position give it the quality of an excellent environment of deposit and transit of materials. Its specificity among all the depositional environments in the country justifies its choice in this study.

4.2 SAMPLING OF THE SEDIMENTS

A field survey was organized from 20 to 23 August 2015. Twelve (12) samples of surface sediments were collected by means of an Eckman bucket in twelve points. At each sampling point, three (3) to five (5) samples were taken and mixed. The sampling sites are located on the map (Fig.2). Sampling was done randomly. Two types of sampling sites were considered, namely sites close to areas of high pressure such as: Calavi loading dock (SCal), Cotonou Channel outlet (SCot), Ganvié (SGan), Sô-Ava loading dock (SSo-A), Ouédo-Aguékou (SOe-A) and Ahomey-Glon (SAh-G). The second type of site concerns areas where human presence is rare, such as Toché (SToc), Nokoué (SNok), Louho (SLou), Aguégoué-Donoukpa (SAG-D), Dékanmè (SDek), and Ouédo-Gbadji (SOE-G).

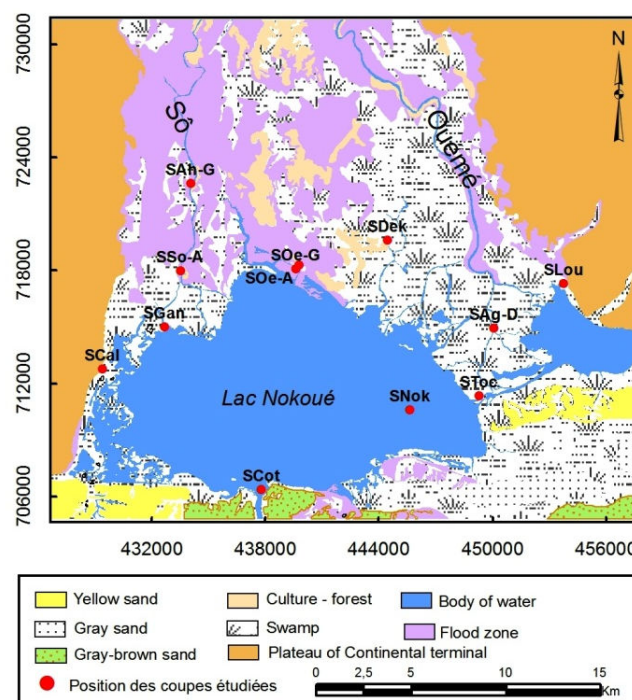


Fig. 2. Map showing the positioning of the sampling points

The sediments were then packed in plastic bags and labeled. Two (2) small drilling were taken using a 12 cm x 12 cm quadratic core sampler. The two cores were positioned within a radius of at least 200 m from human pooling points to minimize mixing and bioperturbation. A 4 cm pitch was observed for the sampling of the drilling. All samples were then transported to the laboratory as quickly as possible to be stored in a refrigerator at 3-4 ° C. All the physicochemical parameters were evaluated at the Laboratory of Mineral Chemistry of the Polytechnic School of Antananarivo (Madagascar). For the quantitative study of the dimensional classes of the particles, 200 g of dry sediment were collected, washed and then screened by series of nine mesh sieves between 400 and 40 µm of the AFNOR NFX 11504 module [28]. The pH assessment is based on the standard procedure. The CEC method of evaluation is the one of cobaltihexammine trichloride specified by ISO 23470: 2007. The percentages in OC of sediment are known according to the guidelines for analytical researches in Chemistry DR- 12-CSA-01 of the Center of Expertise in Environmental Analysis of Quebec. To determine the total metal contents, two grams of each sample were mixed with 20 ml of aqua regia. The dosage was done at ICP-MS of the National Mines and Strategic Industries Office (OMNIS / Madagascar). For the accuracy of the ICP-MS measurements, standard reference materials (Perkin Elmer 18-195 JB. N9300233) were used, three standards were carried out and a parallel control test was carried out on a sample of purified water HNO₃ 5%. Environmental risk assessment is based on contamination (Igeo, CF, mDC) and ecological indices (ER, RI; Table 1). The Pearson correlation coefficients were used to test the significant differences with a 95 % confidence level in the R 3.3.2 software.

Table 1. Mathematical formulas of contamination and ecological risk indices

Name of index	Mathematical formulas	Classifications
Geoaccumulation index (Igeo): single-element contamination	$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1.5B_n}$ [29] C_n is the measured concentration of the element n . B_n is a geochemical background value in the cores, the constant 1.5 to minimize the effect of background variations due to lithological differences and small anthropogenic influences	$I_{geo} \leq 0$: uncontaminated sediment (I); $0 < I_{geo} \leq 1$: uncontaminated to moderately contaminated sediment (II); $1 < I_{geo} \leq 2$: moderately contaminated sediment (III); $2 < I_{geo} \leq 3$: moderately to highly contaminated sediment (IV); $3 < I_{geo} \leq 4$: highly contaminated sediment (V); $4 < I_{geo} \leq 5$: highly to extremely contaminated sediment (VI); $5 < I_{geo}$: extremely contaminated sediment (VII) [30]
Contamination Factor (CF): single element contamination	$C_f^i = \frac{C_{0-1}^i}{C_n^i}$ [30] C_{0-1}^i is the average grade of each metal; C_n^i est is the reference value or the background or pre-industrial value	$C_f^i \leq 1$: Low contamination (I); $1 < C_f^i \leq 3$: moderate contamination (II); $3 < C_f^i \leq 6$: considerable contamination (III); $6 < C_f^i$: very high contamination (IV)
Modified Contamination Level (mDC): multi-element contamination	$mDC = \frac{\sum_{n=1}^{i=n} (C_f^n)}{n}$ [30] amended by [31]. With n the number of elements analyzed. $i = i^{th}$ element (pollutant) and C_f the Contamination Factor	$mDC < 1.5$: zero with very low degree of contamination (I); $1.5 \leq mDC < 2$: low degree of contamination (II); $2 \leq mDC < 4$: moderate degree of contamination (III); $4 \leq mDC < 8$: high degree of contamination (IV); $8 \leq mDC < 16$: very high degree of contamination (V); $16 \leq mDC < 32$: extremely high degree of contamination (VI); $32 \leq mDC$: ultra high degree of contamination (VII).
Potential Ecological Risk Factor (ER): single-element ecological risk	$E_r^i = T_r^i C_f^i$ [31]. The toxic response factor of the element i . $T_r^i = 5$ for Pb and Cu; 30 for Cd [32]	$ER \leq 40$: low risk (I); $40 < ER \leq 80$: moderate risk (II); $80 < ER \leq 160$: considerable risk (III); $160 < ER \leq 320$: high risk (IV); $320 < ER$: very high risk (V)
Risk index (RI): multi-element ecological risk	$RI = \sum_{i=1}^{12} T_r^i C_f^i$ [30]	$RI \leq 150$: low risk (I); $150 < RI \leq 300$: moderate risk (II); $300 < RI \leq 600$: considerable risk (III); $600 < RI$: high risk (IV).

5 RESULTS AND DISCUSSION

5.1 PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SEDIMENTS

From the sedimentological point of view, among the recognized sedimentary facies, are medium to coarse sands containing gravels in the Ahomey-Gblon sector (SAh-G, Fig.2). They contain 86.33 % of sand. The facies of Dékanmè (SDeK), Ouédo-Gbadji (SOe-G) and Ouédo-Aguékou (SOe-A) sectors are made up of medium to fine sand with respectively 96.8 %, 96.28 % and 92.47 % of sand. In the mid to low-clay sands taken from Cotonou channel (SCot), Calavi pier (SCal) and Toché Channel (SToc). The sand proportions are respectively 90.2%, 82. 26% and 80.93 %. The fine clay sands are taken from Lake Nokoué (SNok) and Aguégoué-Donoukpa (SAg-D) and contain respectively 79.53 % and 84.06 % of sand. The sediments of Ganvié (SGan) and Louho (SLou) sectors contain the lowest percentages of sand, which are 59.53 % and 53.46 %. For all of the twelve sites, the pH are slightly acidic and very little between 5 at Louho and 6.5 at the mouth of the Cotonou channel for an average of 5.50. CECs ranged from 65.25 meq/100g at Ouedo-Gbadji to 99.04 meq/100 g in Louho sediments with an average of 84.24 meq/100 g. The minimum of the OC (0.01%) was obtained in Ouédo-Gbadji (SOe-G) sediments and the maximum (3.33%) in the Ganvié sediments with an average of 0.84 %. The means of the Al_2O_3 and Fe_2O_3 contents are respectively 8.14 % and 3.9 %. The lowest Al_2O_3 content is measured in the Ouédo-Gbadji sediments (0.82 %) and the highest content (37 %) is obtained at Sô-Ava. Fe_2O_3 is also more concentrated at Sô-Ava (12.42 %) but its minimum content is determined at Ahomey-Glon (0.9 %). CaO shows a slight variation between 4.51 % (Ouédo Aguékou) and 7.81% (in Ganvié) for an average of 6.08 %, as shown in table-2, below;

Table 2. Physico-chemical parameters of sediments. CEC: Cation exchange capacity; OC: organic carbon; Fe_2O_3 : Iron oxide; Al_2O_3 : Aluminum oxide; Aluminum oxide; CaO: Calcium oxide

Samples	pH	CEC	% OC	% Fe_2O_3	% Al_2O_3	% CaO
SNok	5.30	94.1	0.96	3.4	2.96	6.77
SToc	5.10	89.6	0.83	2.97	1.89	6.77
SLou	5.00	99	1.26	4.5	12.1	5.25
SAG-D	5.50	93.6	0.95	2.97	2.37	5.51
SDek	5.60	79.8	0.28	2.22	1.18	5.21
SOe-A	5.10	82.4	0.80	2.78	1.42	4.51
SOe-G	5.40	65.2	0.01	0.9	0.82	5.00
SAh-G	6.00	65.6	0.14	1.48	0.90	5.73
SGan	5.30	97.5	3.33	4.45	5.40	7.80
SSo-A	5.10	80.0	0.50	12.4	37.0	6.70
SCal	5.30	77.4	0.20	1.85	1.20	6.20
SCot	6.50	86.7	0.80	6.80	30.5	7.50

5.2 TOTAL METALLIC TRACE ELEMENTS (MTE) CONTENTS OF SEDIMENTS

Total content ranged from 11.078 ppm (SLou) to 149 ppm (SGan) for Cu; from 0.38 ppm (SOe-G) to 104.02 ppm (SCot) for Pb and from 0.001 ppm (SLou) to 4.604 ppm (SCot) for Cd. The average contents of the three metals are respectively 32.92 ppm; 23.63 ppm and 1.43 (Figure 3). The decreasing order of grades is: Cu > Pb > Cd. Considering the limit values for uncontaminated sediments from anthropogenic sources of 0.11 ppm according to the Directive 76-464 – EEC- 04/05/76 and 0.06-1.1 ppm according to the Agency for Toxic Substances and Disease Registry, it derives that the sediments SNok, SToc, Ag-D, SAh-G, SGan, SSo-A and SCot cross the standards and are therefore polluted in Cd. Regarding the Pb, limits values are exceeded in sediments SNok, SToc, SGan, SSo-A, SCal and SCot with reference to thresholds set at 19 ppm. Only SOe-A, SGan and SCot samples exceeded 33 ppm for Cu. From the spatial analysis of the above-mentioned contents, it appears that the polluted sites in Cd and Pb are distributed in the East-West and South sectors of Lake Nokoué. This distribution reflects the transit corridor for petroleum products from Nigeria, which is distributed to Sô-Ava, Calavi, Cotonou and Ganvié. Pollution at the outlet of the Cotonou Channel also highlights the contribution of solid waste from the Dantokpa market. Most of the Cu-polluted sediments have been collected in the vicinity of agglomerations or densely populated areas, including Ouédo-Aguékou, Ganvié and Cotonou. As a result, solid and liquid wastes generated by domestic activities and those from Dantokpa market would be the potential sources of Cu to these sites. In Lake Nokoué located downstream from the Ouémé delta, the average Cd content, estimated at 22.07 mg / kg by [12], is above the one determined for the present study area. Nevertheless, a slight increase is noted compared to the work of [13] which evaluated this content at 0.74 mg / kg. Superiority is also noted in relation to the Cu mean values of 28.27 mg / kg in Lake Nokoué [12], 26.42 mg / kg in Yangtze estuary (China) (Zhao *et al.*, 2012) and 28.7 mg / kg in Moulouya River (Morocco) [32]. As far as Pb is concerned, the present content is lower than the values determined for the latter two sites, which concentrated respectively 34.77 mg / kg and 2404.9 mg / kg. It is nevertheless higher than 6.88 mg / kg revealed by [12]. Details are shown in figure 3, below;

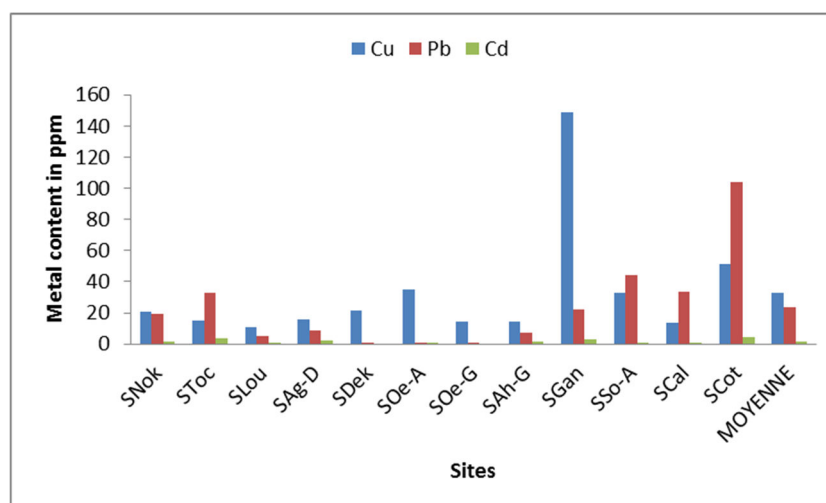


Fig. 3. Grades of metals analyzed in surface sediments

5.3 DETERMINATION OF THE GEOCHEMICAL BACKGROUND

For the determination of the geochemical background, the reference [1] on one hand considered the average of the concentrations in the deep layers of the cores and on the other hand the average contents in the earth's crust [33], [34]. In the two small cores positioned at points SSo-A and SAg-D, the Pb and Cd contents are below the detection limit of ICP-MS which is 10^{-5} ppm and that of Cu less than 10^{-4} ppm. Due to the context of our study environment, where occurred an important drainage process (which would justify these grades), we used elemental concentrations of earth's crust (Pb 20 ppm; Cu 25 ppm; Cd 0.098 ppm) [35].

5.4 RELATIONSHIP BETWEEN THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS AND THE TOTAL METAL CONTENT OF SEDIMENTS

To understand the physicochemical parameters and the different processes that would influence the distribution of metals in sediments, a correlation matrix has been established. A strong positive linear correlation (correlation coefficient $r > 0.75$, Table 3) is observed between the CEC, the fraction less than $63 \mu\text{m}$ of sediment and the OC. The first, established by the positive correlation between the percentages of the fraction less than $63 \mu\text{m}$, the CEC and the OC percentage, is consistent with the results of the work carried out in the Ain Oussera region in the south of Algiers [19]. This bond is explained by the presence of humic substances capable of forming complexes with the clay minerals, which favors the increase of CEC and therefore the retention of metals in the sediments. CECs, OCs and fine percentages are high in sediments such as SLou, SGan SNok and SAg-D. This suggests a strong possibility for these sediments to create negative charges for metal retention [36]. The hydroxyl group that exists on the edges and outer layers of the clay minerals of these sediments can get rid of hydrogen which is replaced by other ions such as Ca^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} [22]. Of the three parameters, only the OC is strongly correlated with Cu ($r = 0.87$). The SOe-A, SGan and SCot sediments are more polluted with Cu and contain the highest levels of OC. Cu accumulated in these sediments is likely to form complexes with organic matter. The reference [33] have already confirmed that the complexation between organic matter and metals decreases from Cu^{2+} to Zn^{2+} . As for the major elements analyzed, only the percentages of Al_2O_3 and Fe_2O_3 indicate a strong correlation ($r = 0.93$). The positive bond established between Al_2O_3 and Fe_2O_3 shows a constant ratio between Fe/Al. According to [1], this ratio in the sediments of the former Touiref mining district (NW Tunisia) suggests a dominance of kaolinite and chlorite and reflects the processes of alteration and erosion that take place upstream.

Mean correlations are observed between Cu and CaO, between Pb, Al_2O_3 and CaO, and between Cd and CaO ($r < 0.72$). According to [37] in the Mahanadi estuarine basin (India), the similarity of the ionic radius of Cd ($0.97 \text{ \AA}$) and Ca ($0.99 \text{ \AA}$) promotes the co-precipitation of Cd carbonates and its incorporation into the calcite network to form solid solutions of $\text{Cd}_{\alpha}\text{Ca}_{1-\alpha}\text{CO}_3$. Despite the possibility of such a post-accumulation process, the average relationship between CaO and these metals suggests that sediments have benefited from a seawater flow rich in Ca and releases from the vicinity of the Dantokpa market. PH isn't correlated with any of these parameters.

Table 3. Matrices of correlation between physicochemical parameters and the total contents of Cu, Pb and Cd

	pH	Fine	CEC	OC	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Cu	Pb	Cd
pH	1.00									
Fine	-0.35	1.00								
CEC	-0.29	0.79	1.00							
OC	-0.19	0.77	0.75	1.00						
Fe ₂ O ₃	-0.04	0.12	0.24	0.17	1.00					
Al ₂ O ₃	0.22	0.04	0.17	0.03	0.93	1.00				
CaO	0.25	0.22	0.38	0.53	0.46	0.44	1.00			
Cu	0.06	0.44	0.37	0.87	0.23	0.14	0.60	1.00		
Pb	0.55	-0.17	0.14	0.06	0.50	0.72	0.71	0.21	1.00	
Cd	0.50	0.06	0.33	0.33	0.22	0.30	0.72	0.34	0.69	1.00

5.5 EVALUATION OF CONTAMINATION AND ECOLOGICAL RISKS BY ELEMENT ANALYSIS IN SURFACE SEDIMENTS

The geo-accumulation indices are globally low to moderate for Pb and Cu. The Igeo of Cu vary between -1.76 at Louho and 1.99 at Ganvié. Those of Pb vary between -6.30 at Ouedo-Gbadji and 1.79 at Cotonou. Among sites with levels exceeding Cu standards, Cotonou is in the range of uncontaminated to moderately contaminated levels, while Ganvié site is moderately contaminated (Fig. 4). In the case of Pb, the contamination is moderate in Cotonou sediments, but covers the range of uncontaminated to moderately contaminated sites in Toché, Sô-Ava and Calavi sediments. The Cu contamination factors support Igeo. CF of Cu range from 0.44 at Louho and 5.96 at Ganvie. Those of the Pb vary between 0.02 at Ouedo-Gbadji and 5.20 at Cotonou. Compared to Igeo, which shows moderate contamination of sites contaminated with Cu and Pb, the CF shows a considerable level for the Cu accumulated in Ganvié and the Pb accumulated in Cotonou (Fig. 5). Although this range doesn't appear to be of great concern, the Ganvié site, where contamination is moderate (Igeo), allows domestic rejects to be associated. High Pb contamination suggests a contribution from municipal and wastewater [32]. Although this source is highly probable at the Cotonou site, the spatial distribution of polluted sites in Pb suggests a contribution from the old oil spills during transit along Lake Nokoué. However, minerals such as galena, cerusite and anglesite have been shown to probably be sources of high Pb concentration [38].

The Cd Igeos have more extreme values and oscillate between -7.20 in Louho and 4.97 in Cotonou. Cd-contaminated sites show a very critical range from moderately to highly contaminated (Sô-Ava) to highly to extremely contaminated (Toché and Cotonou) levels. CF of Cd oscillate between 0.01 at Louho and 46.98 at Cotonou. In the agricultural soils of Aswan (Egypt), the higher Cd CF were related to inputs of phosphate fertilizers, pesticides and manure [38]. Cd accumulation in the sediments of the Ouémé delta suggests a great contribution from the northern part of the country where agrochemicals are used extensively for cotton production. By way of illustration, a technical note from the Benin National Water Partnership "PNE" had already indicated that, at the end of the 2007-2008 season, in the 64.5 thousand tons of fertilizers and 1.2 million liters of pesticides used, more than 50 % of inputs wouldn't have been assimilated by plants. Furthermore, given the highly to extremely contaminated levels of Toché and Cotonou sediments, and because of the average relationship between Cd and CaO, it is very likely that these sites have benefited from a marine water transiting discharges from the Dantokpa market.

From an ecological point of view, the potential ecological risk factor indicates a low level of risk for Cu and Pb at all sites. The Cd, contrariwise, displays a very critical range ranging from high to very high in the polluted sites (Fig. 6). This state poses a threat to the aquatic organisms of Cotonou and Toché sites. Cd in the ionic state can easily integrate the trophic chain and then pass into the blood of living organisms. It can cause toxic effects through kidney failure and disruption of calcium metabolism in bone tissue. Cd is classified as a carcinogen because it contributes to bronchial cancers [39]. With regard to phytotoxicity, Cd can cause a decrease in nitrogen-fixing and production capacities as reported for *Brassica juncea* [40], [41]. However, [15] has indicated that only labile metal species are available and may be more toxic than complexed metals. Of this fact, the total metal concentration may be high while the amount of bioavailable metal is low. In the case of Ouémé delta, the levels of risk involved will have to be confronted with the risks associated with the geochemical fractionation of the three metals in subsequent work.

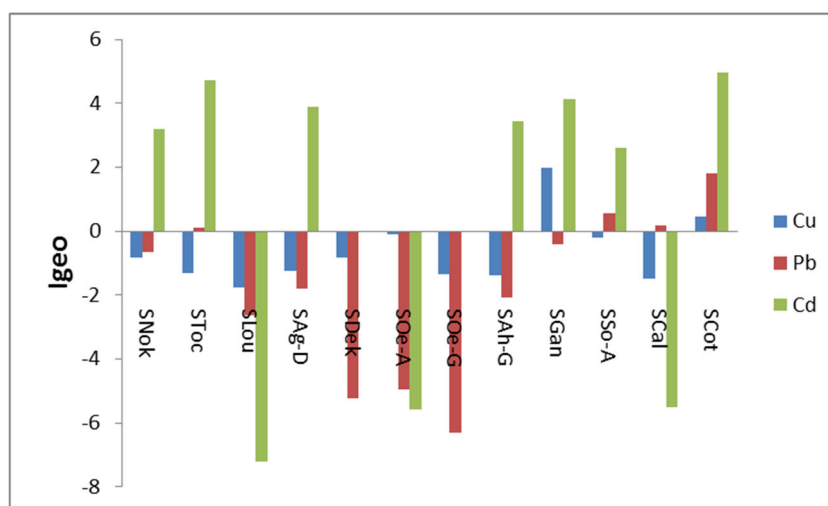


Fig. 4. *Igeo* in the superficial sediments of Ouémé

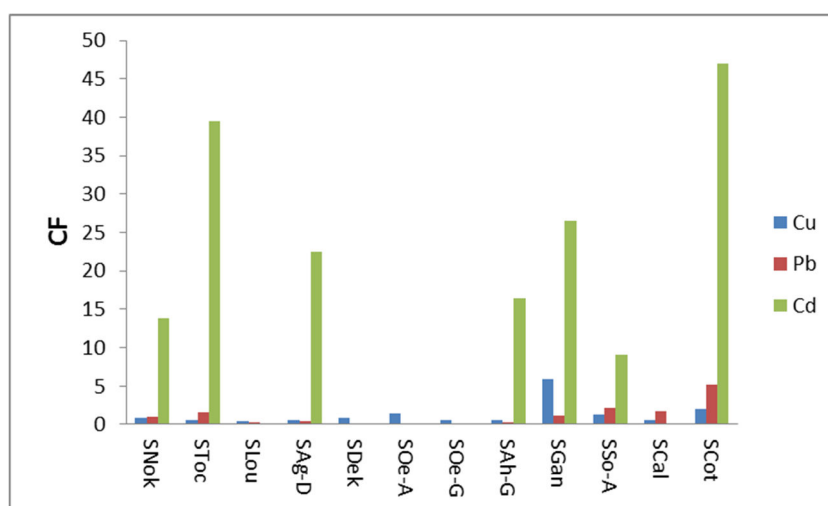


Fig. 5. *CF* in the superficial sediments of Ouémé

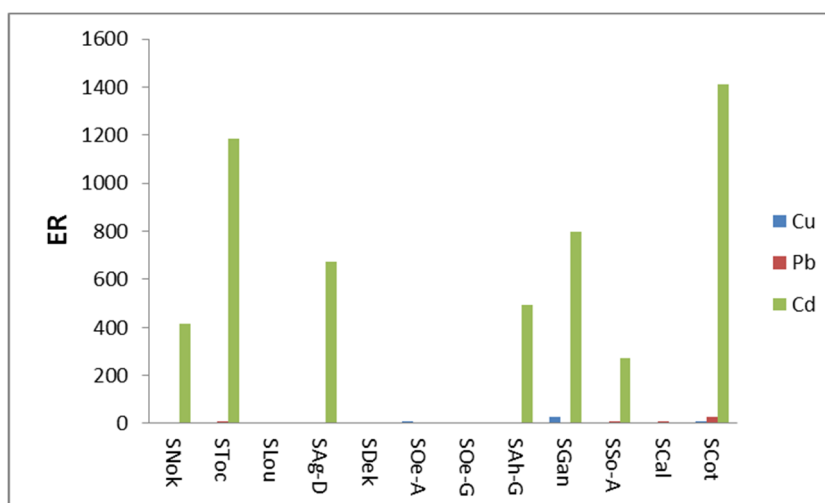


Fig. 6. *ER* in the superficial sediments of Ouémé

5.6 EVALUATION OF CONTAMINATION RISKS AND GLOBAL ECOLOGICAL RISKS BY SITE

The analysis of the results of the modified Degree of Contamination (mDC) and the Risk Index (RI) reveals three main groups according to levels of contamination and ecological risks. The first concerns the sites of Louho, Dekanmè, Ouédo-Aguékon, Ouédo-Gbadji and Calavi which are of zero to very low degree of contamination and therefore of a low ecological risk. The second group is represented by the Nokoué, Aguégoué-Donoukpa, Ahomey-Gblon and Sô-Ava sites, which are characterized by a high degree of contamination and a considerable or even high ecological risk. The last group is the one of Toché, Ganvié and Cotonou, with a very high to extreme degree of contamination (case of Cotonou) and a high ecological risk. Cd-contaminated sites range from moderately to heavily contaminated to highly contaminated levels.

6 CONCLUSION

The present study made it possible to understand the influence of environmental parameters on the Pb, Cu and Cd fate of Ouémé delta superficial sediments and associated risk levels. Organic matter is revealed as a factor that can limit the availability of metals including Cu through the complexation process. Correlations between CaO and metals indicate a potential for metal dissolution if the environment becomes more and more acidic. The geoaccumulation indices provide information on the sediments analyzed that are not moderately contaminated with Cu and Pb, but reach extreme levels for Cd. The CF of Pb and Cu indicates a low to considerable level of contamination but these levels of contamination are strong for Cd. Potential ecological risk factors ER of Cu and Pb show low levels compared to Cd that reaches high to very high levels. Overall, the sediments of Louho, Dekanmè, Ouédo-Aguékon, Ouédo-Gbadji and Calavi sectors have a zero to very low level of contamination and therefore a low ecological risk. At Toché, Ganvié and Cotonou sectors, there is a very high degree of contamination and a high ecological risk. The high level highlights the direct or indirect contribution of the various anthropogenic activities without, however, obscuring the lithogenic sources which could generate very high concentrations. In any case, the toxicology of the contamination can raise major concerns only when the fraction of the bioavailable metal is important due the fact that only the latter is labile. Indeed, the evaluation of this bioavailable fraction will indicate whether, for high levels of contamination, biological resources are potentially exposed.

ACKNOWLEDGMENT

The elaboration of this document wouldn't have been possible without the financial and scientific support of various institutions to which we extend our heartfelt thanks. Among them were the International Foundation Science (IFS) for its cooperation with the Department of Earth Sciences (DST / UAC). We remain hopeful that these cooperations will enable us to address new issues that haven't been integrated into the implementation phase of this document.

REFERENCES

- [1] M.A. Othmani, F. Souissi, E. Ferreira da Silva, A. Coynel, "Accumulation trends of metal contamination in sediments of the former Pb-Zn mining district of Touiref (NW Tunisia)," *Journal of African Earth Sciences*, vol. 111, pp. 231-243, 2015.
- [2] T. Alharbi, A. El-Sorogy, "Assessment of metal contamination in coastal sediments of Al-Khobar," *Journal of African Earth Sciences*, vol. 129, pp.458-468, 2017.
- [3] O. O. Olujimi, O. Oputu, O. Fatoki, O. E. Opatoyinbo, O. A. Aroyewun, J. Baruani, "Heavy Metals Speciation and Human Health Risk Assessment at an Illegal Gold Mining Site in Igun, Osun State, Nigeria," *Journal of Health & Pollution*, Vol. 5, no.8, pp.19-32, 2015.
- [4] H. K. Okoro, O. S. Fatoki, F. A. Adekola, B. J. Ximba, R. G. Snyman, "A Review of Sequential Extraction Procedures for Heavy Metals Speciation in Soil and Sediments," *Open Access Scientific Reports*, Vol. 1, no.3, pp.1-9 p, 2012.
- [5] J. Wang, G. Liu, H. Liu, P. K.S. Lam, "Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China," *Science of the Total Environment*, Article in press, 2017.
- [6] M. Zheng, L. Feng, J. He, M. Chen, J. Zhang, M. Zhang, J. Wang, "Delayed geochemical hazard: A tool for risk assessment of heavy metal polluted sites and case study," *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 287, pp. 197–206, 2015.
- [7] J.B. Hounkpè, "Environnement morpho-sédimentaire et géochimie des éléments en traces des eaux et des sédiments du lac Ahémé au Sud-Bénin," Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 201p, 2017.
- [8] S.A. Adechian, M.N. Baco, I. Akponikpe, I.I. Toko, J. Egah, K. Affoukou, "Les pratiques paysannes de gestion des pesticides sur le maïs et le coton dans le bassin cotonnier du Bénin," *VertigO*, vol. 15, no.2, pp. 1-15, 2015.
- [9] INSAE, "Que retenir des effectifs de population en 2013," Rapport du quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4), 35p, 2015.
- [10] D. Mama, "Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin)," Thèse de doctorat de l'Université de Limoges, France, 177p, 2010.

- [11] Organisation Internationale des Bois Tropicaux, "Cercle pour la Sauvegarde des Ressources Naturelles. Cartographie des forêts sacrées des sites Ramsar 1017 et 1018 du Bénin," Rapport, 81p, 2013.
- [12] C. Kaki, P. Guedenon, N. Kelome, P. Edorh and R. Adechina, "Evaluation of heavy metals pollution of Nokoue lake," *African Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 5, no.3, pp. 255–261, 2011.
- [13] A.S. Hounkpatin, P. A Edorh, M. Sèzonlin, P. Guédénon, B. Elégbédé, G. Boni, V. Dougnon, S. Montcho, E. Kéké, M. Boko, "Pollution of aquatic ecosystems by heavy metals at Ganvié's lacustrine city (Benin) ," *International Research Journal of Biotechnology*, Vol. 3, no.6, pp. 81-87, 2012.
- [14] A. Youssao, H. H. Soclo, C. Bonou, B. Fayomi, " Evaluation de la bioaccumulation du plomb dans les espèces animales marines et identification des sources de contamination métallique par une analyse multiélémentaire en métaux (Al, Cd, Cr, Cu, Pb) dans les eaux côtières du Bénin," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 5, no.1, pp. 188-195, 2011.
- [15] G. Daldoul, R. Souissi, F. Souissi, N. Jemmali, H.K. Chakroun, " Assessment and mobility of heavy metals in carbonated soils contaminated by old mine tailings in North Tunisia,". *African Earth Sciences*, accepted manuscript, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.06.004>.
- [16] S. Huo, J. Zhang, K.M. Yeager, B. Xi, Y. Qin, Z. HeZ, F. Wu, " Mobility and sulfidization of heavy metals in sediments of a shallow eutrophic lake, Lake Taihu, China," *Journal of environmental sciences*, vol. 31, pp.1-11, 2015.
- [17] C. Benoit, " Biogéochimie et enregistrement des composés organostanniques dans les sédiments du bassin d'Arcachon," Thèse de doctorat, Université Bordeaux I, 224p, 2005.
- [18] C. Bonnet, "Développement de bioessais sur sédiments et applications à l'étude, en laboratoire, de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés," Thèse de l'Université de Metz, 2000.
- [19] A. Bouzidi, A. Ararem, D. Imessaoudene, B. Yabrir, "Sequential extraction of Cs and Sr from Ain Oussera soils around Es-Salam research reactor facility," *Journal of environmental science*, Vol.36 , pp. 163-172, 2015.
- [20] H. Li, A. Shi, X. Zhang, "Particle size distribution and characteristics of heavy metals in road-deposited sediments from Beijing Olympic Park," *Journal of Environmental Sciences*, Vol.32, pp.228-237, 2015.
- [21] F. Wang, X. Lu, X.-Y. Li, "Selective removals of heavy metals (Pb²⁺, Cu²⁺, and Cd²⁺) from wastewater by gelation with alginate for effective metal recovery," *Journal of Hazardous Materials*, pp. 1-28, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.01.021>.
- [22] N., Bolan, A. Kunhikrishnan, R. Thangarajan, J. Kumpiene, J. Park, T. Makino, M.B. Kirkham, K. Scheckel, "Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils – To mobilize or to immobilize," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 266, pp. 141–166, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.018>.
- [23] C. Ding, W. Cheng, X. Wang, Z.-Y. Wu, Y. Sun , C. Chen , X. Wang, S.-H. Yu , " Competitive sorption of Pb(II), Cu(II) and Ni(II) on carbonaceous nanofibers: a spectroscopic and modeling approach," *Journal of Hazardous Materials*, pp.1-32, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.04.002>
- [24] IRB, "Etude de cartographie géologique et prospection minière de reconnaissance au Sud du 9ème parallèle," Rapport Istituto Recherche Breda. FED-OBEMINES, 80 p, 1987.
- [25] A.B. Zannou, K.J.B. Vodounou , " Évolution des crues annuelles liées aux changements climatiques et adaptation des populations de la basse vallée de l'Ouémé ," Mélange Mac, ISBN 978-99919-867-2-2. Université d'Abomey-Calavi, pp. 233-244, 2011.
- [26] F. Moniod , " Régime hydrologique de l'Ouémé (Dahomey) ," Cahier O.R.S.T.O.M., série Hydrologie, vol. 10, no. 2, pp. 1-13, 1973.
- [27] L. Le Barbé, G. Ale, B. Millet, H. Texier, Y. Borel, R. Gualde, " Les ressources en eaux superficielles de la république du Bénin," Éditions de l'ORSTOM, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, collection monographies hydrologiques, no. 11, Paris, 453 p, 1993.
- [28] R.L. Folk, W.C. Ward, "Brazos River Bar: a student in the significance of grain size parameters," *Journal of Sedimentary Petrology*, no. 27, pp. 3-26, 1957.
- [29] G. Muller, "Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River," *Geol J.*, Vol.2, no.3, pp.108-118, 1969.
- [30] L. Hakanson, "An ecological risk index for aquatic pollution control," A sedimentological approach. *Water Research*, Vol.14, pp. 975-1001, 1980.
- [31] G. M. S. Abraham, R. J. Parker, " Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand," *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 136, pp. 227-238, 2008.
- [32] A. El Azhari, A. Rhoujjati, M.L. EL Hachimi, "Assessment of heavy metals and arsenic contamination in the sediments of the Moulouya River and the Hassan II Dam downstream of the abandoned mine Zeïda (High Moulouya, Morocco)," *Journal of African Earth Sciences*, 24p, 2016.
- [33] S. Zhao, C. Feng, Y. Yang, J. Niu, Z. Shen, "Risk assessment of sedimentary metals in the Yangtze Estuary: New evidence of the relationships between two typical index methods," *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 241–242, pp. 164–172, 2012.

- [34] W.M. Badawy, E.H. Ghanim, O. G. Dului, H. El Samman, M.V. Frontasyeva, "Major and trace element distribution in soil and sediments from the Egyptian central Nile Valley," *Journal of African Earth Sciences*, accepted manuscript, 2017.
- [35] S.R. Taylor, S.M. McLennan, "The geochemical evolution of the continental crust," *Reviews of Geophysics*, no. 33, pp. 241–265, 1995.
- [36] A. Dube, R. Zbytniewski, T. Kowalkowski, E. Cukrowska, B. Buszewski, "Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil," *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 10, no. 1, pp. 1-10, 2001.
- [37] S. K. Sundaray, B.B. Nayak, S. Lin, B. Bhatta, "Geochemical speciation and risk assessment of heavy metals in the river estuarine sediments—A case study: Mahanadi basin, India," *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 186, 2011.
- [38] M.A.G. Darwish, H. Pollmann, "Trace elements assessment in agricultural and desert soils of Aswan area, south Egypt: Geochemical characteristics and environmental impacts," *Journal of African Earth Sciences*, Article in Press, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.06.018>.
- [39] R.A.N. Lawani, " Impacts des activités agricoles sur la qualité des écosystèmes aquatiques du Haut-delta de l'Ouémé," Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 246p, 2017.
- [40] K.B. Balestrasse, S.M. Gallego, M.L. Tomara, "Cadmium-induced senescence in nodules of soybean (*Glycine max* L.) plants," *Plant and soil*, vol. 262, pp.373-381, 2004.
- [41] L., Fatarna, A. Boutekrabt, Y. Arabi, A. Adda, Impact du cadmium, du zinc et du plomb sur la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. (Amaranthaceae). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, vol.72, no. 1, pp. 61-72, 2017.

Effets d'engrais organique liquide (NPK 5-9-18) et minéral (NPK 12-11-18) sur la matière organique du sol et du rendement de la tomate au Sud et au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire

[Effects of liquid organic (NPK 5-9-18) and mineral (NPK 12-11-18) fertilizers on soil organic matter of and tomato yield in the South and the Mid-West of Ivory Coast]

ANGUI Téhua Kouassi Pascal¹, KOTAIX Acka Jacques Alain², BAKAYOKO Sidiky³, KASSIN Koffi Emmanue², N'GORAN Kouadio Emmanuel⁴, KOUAME N'Dri Norbert², KONE Boaké², PIERRE Claver Zilé Kouassi⁵, and BONFOH Bassirou⁶

¹UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Département Agronomie Physiologie, Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, BP 808 Divo, Côte d'Ivoire

³UFR Agroforesterie, Université Jean-Lorougnon-Guédé, Abidjan, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

⁴Département Sol, Eau, Plante, Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, 01 BP 633 Bouaké, Côte d'Ivoire

⁵Domaine de recherche Gestion Durable des Sols, Société d'Etude, et de Réalisation des activités Agricoles Innovantes et Environnementales, Abidjan, (SERAIN) 05 BP 2562 Abidjan 05, Côte d'Ivoire

⁶Groupe de recherche Technologie, Nutrition et Qualité des Aliments, Centre suisse de Recherches scientifiques en Côte d'Ivoire, Abidjan, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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 the mineral and liquid organics fertilizations was conducted on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) during short rainy season in South and Central West regions of Ivory Coast over two years to improve soil fertility and tomato yield. Specifically, the treatment effects of four doses of organic fertilizer, associated or not with the mineral fertilizer on the content of the soil organic matter, the C/N ratio and the yield. The experimental design was split-plot, with four repetitions having as principal factor, the mineral fertilizer and the secondary factor, the organic fertilizer in four doses (L ha⁻¹): C0 = 0 (control); C1 = 2.5; C2 = 3.75 and C3 = 5. The results showed that the treatment T10 (50 % mineral fertilizer + 3.75 Lha⁻¹ of the organic fertilizer), better improved the content of the soil organic matter and the yield. However, the treatment with 3.75 L ha⁻¹ of organic fertilizer used alone has of increased advantage the report C/N of the ground.

KEYWORDS: tomato, mineral fertilizer, organic fertilizer, soil, yield.

RÉSUMÉ: Une étude sur la fertilisation minérale et organique liquide a été conduite sur la tomate en petite saison de pluie au Sud et au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire sur deux années, afin d'améliorer la fertilité du sol et le rendement de la tomate. De manière spécifique, il s'agissait d'évaluer les effets des traitements de quatre doses d'engrais organique liquide associées ou non à l'engrais minéral sur la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N et le rendement. Le dispositif expérimental était un split-plot avec quatre répétitions ayant pour facteur principal, l'engrais minéral et le facteur secondaire, l'engrais organique à quatre doses (Lha⁻¹) : C0 = 0 (témoin), C1 = 2,5; C2 = 3,75 et C3 = 5. Les résultats ont montré que le traitement T10 (50 % engrais minéral + 3,75 Lha⁻¹ engrais organique) a amélioré la teneur du sol en matière organique, et le rendement. Cependant, le traitement avec 3,75 Lha⁻¹ d'engrais organique utilisée seule a accru le rapport C/N du sol.

MOTS-CLEFS: Tomate, engrais minéral, engrais organique, sol, rendement.

1 INTRODUCTION

La culture de la tomate constitue une activité lucrative pour de nombreux producteurs en milieu urbain et périurbain, à cause de sa richesse en protéine, en vitamine A et C ([13]) et de son utilisation en tant que médicament et produit de beauté. Au niveau mondial, sa production est estimée à 126,2 millions de tonnes, avec un rendement moyen de 27,3 t ha⁻¹ en 2007 ([1]). Ce rendement est de 10 t ha⁻¹, en Afrique au sud du Sahara ([21]). En Côte d'Ivoire, il est en moyenne de 10 t ha⁻¹ ([20]). Ce faible rendement en Afrique, singulièrement en Côte d'Ivoire, est dû à de nombreuses contraintes, notamment, l'insuffisant apport d'engrais minéraux à cause de leur coût élevé ([25]). Selon la référence [22], l'usage des engrais minéraux est certes, bénéfique du fait, de leur plus grande efficacité agronomique ([26]), mais leurs effets polluants ([7]) et leurs coûts élevés entravent encore leur utilisation par certains agriculteurs ([23]), d'où une baisse de rendement des cultures ([8]). D'après la référence ([11]), la baisse de la productivité des terres dans la plupart des pays d'Afrique est le résultat de la pression démographique qui croît plus vite que dans d'autres régions. A cela s'ajoute les mauvaises pratiques de gestion des terres entraînant par la suite un épuisement en éléments nutritifs des sols ([14]) ; d'où une baisse de la fertilité des sols.

En effet la fertilité du sol a plusieurs composantes dont la matière organique et le rapport C/N. Ces paramètres jouent un rôle très déterminant dans l'amélioration de la productivité des terres. La matière organique nourrit les organismes du sol et doit être, au moins, comprise entre 3 et 7 % pour avoir de bon rendement. Le rapport C/N conditionne le processus de minéralisation de la matière organique. A l'analyse de ce qui précède, des technologies efficaces et accessibles aux producteurs à faibles revenus sont nécessaires pour maintenir ou accroître la production des sols, notamment le rendement de la tomate. La présente étude permettra de connaître le traitement de la dose d'engrais organique (NPK 5-9-19) associée ou non à l'engrais minéral capable d'augmenter la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N et le rendement. Elle contribuera à faire des recommandations d'utilisation efficace et rationnelle de cet engrais liquide auprès des utilisateurs.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée sur deux sites, Bimbresso et Bouaflé, de juillet à Novembre durant deux années. Ces sites sont caractérisés par un climat chaud et humide avec un sol meuble, bien drainant de texture sablo-argilo-limoneuse. Par ailleurs, le site de Bimbresso (4°10' W, 5° 30' N) est situé au Sud de la Côte d'Ivoire sur l'axe Abidjan - Dabou. Il a eu une précipitation de 819,82 mm et une température moyenne comprise entre 23,86 et 30,08 °C, en 2010 durant la période des essais. En 2011, la pluviométrie a été de 560,10 mm, avec une température moyenne comprise entre 23,76 et 29,74 °C. Le sol est très acide (4 ≤ pH ≤ 4,7 en 2010 et 4 ≤ pH ≤ 4,9 en 2011). Par contre, le site de Bouaflé (5°75'W, 7°N) est situé dans la zone de transition entre la forêt dense et la savane arborée, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Il a eu 556,22 et 376,73 mm de pluie en 2010 et 2011, respectivement, et une température moyenne comprise entre 22,1 et 31,6 °C en 2010 et entre 20,96 et 31,56 °C en 2011, durant la période de l'essai. Le sol y est faiblement acide (5,6 ≤ pH ≤ 6 en 2010 et 5,4 ≤ pH ≤ 6,1 en 2011).

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal a été la variété UC 82 de tomate, très adaptée aux hautes températures et tolérante à la verticilliose et à la fusariose. La pépinière a duré 21 à 30 jour et la 1^{ère} récolte a eu lieu, 65 à 75 jour après repiquage (JAR). La hauteur des plantes peut atteindre 80 à 120 cm, avec des fruits bien fermes, qui ont un poids variant entre 80 et 100 g, un rendement moyen de 20 t ha⁻¹ et une durée de cycle variant entre 116 - 126 jour après semis (JAS). Cette variété est très cultivée dans les deux zones agroécologiques de l'étude.

2.3 RÉALISATION DE LA PÉPINIÈRE

Avant la mise en place de la pépinière, les essais qui ont été faits, avec l'engrais organique associé ou non à l'engrais minéral ont bénéficié de semences préalablement trempées pendant 10 h dans l'engrais organique liquide. En revanche, pour les essais avec l'engrais minéral seul, les semences n'ont pas été trempées. Ensuite, pour la réalisation de la pépinière, trois planches de 2 et 3 m² ont été faites en 2010 et 2011, respectivement, en fonction du nombre de traitement qui a varié d'une année à une autre. Le Manèbe (10 g m⁻²) et le Furadan (10 g m⁻²) ont été utilisés pour désinfecter le sol. Le semis a été effectué, à raison de trois graines par poquet, soit 20 poquets par ligne de 1 m. Les poquets sont distants de 5 cm sur la ligne. L'écartement entre deux lignes de semis a été de 10 cm. Les semis ont été faits sur 10 lignes, soit 200 poquets / m². Une couche de paille a été étalée sur le sol avant l'arrosage afin d'éviter le tassement des graines.

2.4 SUIVI ET ENTRETIEN DE LA PÉPINIÈRE

Après la levée, la paille a été ôtée et une ombrière a été mise à 50 cm au-dessus du sol pour protéger les plants contre l'ensoleillement. Le rythme des arrosages qui était de deux fois par jour, au début de l'essai, a été réduit à un arrosage par jour à partir du 15^{em} jour après la levée (JAL). L'ombrière a été enlevée au fur et à mesure que les plants se développaient. Des binages fréquents ont été réalisés pour entretenir la pépinière afin d'éviter que le sol ne se tasse et de faciliter la circulation de l'eau et de l'air. L'ombrière a été totalement enlevée 5 jours avant le repiquage pour acclimater progressivement les plants avant cette opération. Les plants ont été repiqués après 21 jours.

2.5 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai a été conduit selon un dispositif en split-plot avec quatre répétitions ayant pour facteur principal l'engrais minéral et pour facteur secondaire l'engrais organique. En 2010, le facteur minéral a eu deux niveaux de fertilisation : F0 = témoin (sans engrais) et F1 = dose recommandée d'engrais soit : 400 Kg ha de NPK 12-11-18 fractionné en deux apports de 200 Kg ha⁻¹ fournis respectivement le 7^{em} et le 37^{em} JAR. L'application de 200 Kg ha⁻¹ de Nitrabore (15,5 % (N) + 26,5 % (CaO) + 0,2 % B) a été fractionné en deux apports de 100 Kg ha⁻¹ fournis le 47^{em} et 62^{em} JAR. En 2011, ce facteur a eu 3 niveaux de fertilisation : F0 = témoin, F1 et F2 = ½ F1. Pendant les deux années d'essais, le facteur secondaire n'a pas changé de dose de fertilisation. Il a eu quatre doses : C0 = témoin (sans engrais), C1 = 2,5 Lha⁻¹, C2 = 3,75 Lha⁻¹ et C3 = 5 Lha⁻¹. Ces doses ont été apportées chaque 15 jours. Les différentes caractéristiques chimiques de cet engrais liquide sont mentionnées dans le Tableau 1. La combinaison factorielle des 2 facteurs a permis d'obtenir en 2010, huit traitements repartis au hasard dans 4 répétitions par site d'étude. Ainsi, il a été obtenu 32 parcelles expérimentales de 24 m² chacune. En 2011, il a eu 12 traitements repartis au hasard dans 4 répétitions par site. Ceci a permis d'obtenir 48 parcelles élémentaires. Chacune d'elle avait une superficie de 24 m² et comptait 70 plants établies sur 5 lignes de 6 m de long, avec 0,80 m entre les lignes et 0,50 m entre les plants sur la ligne. Cette augmentation du traitement de 2011, est due à la vérification de la demi-dose d'engrais minéral (F2) et l'effet de son association avec l'engrais organique sur l'acidité du sol et sur les paramètres agronomiques de la culture tomate. Les différents traitements ont été désignés comme le montre le Tableau 2.

Tableau 1. Caractéristiques chimiques de l'engrais organique liquide (NPK 5-9-19)

pH	C / N	Teneur en éléments minéraux (%)					
		C	N	P	K	Ca	Mg
5,9	13	59,8	4,6	8,5	18,99	5,73	0,40

Tableau 2. Identification des traitements utilisés

Traitements	Doses d'engrais minéraux (kg ha ⁻¹) : (F)	Engrais minéraux (%) : (F)	Engrais organique(L ha ⁻¹) : (C)	Code
T0 (témoin)	0	0	0	F0C0
T1	0	0	2,5	F0C1
T2	0	0	3,75	F0C2
T3	0	0	5	F0C3
T4	400(NPK) + 200 Nitrabore	100	0	F1C0
T5	400(NPK) + 200 Nitrabore	100	2,5	F1C1
T6	400(NPK) + 200 Nitrabore	100	3,75	F1C2
T7	400(NPK) + 200 Nitrabore	100	5	F1C3
T8	200(NPK) + 100 Nitrabore	50	0	F2C0
T9	200(NPK) + 100 Nitrabore	50	2,5	F2C1
T10	200(NPK) + 100 Nitrabore	50	3,75	F2C2
T11	200(NPK) + 100 Nitrabore	50	5	F2C3

T0 (témoin : 0 dose E. m. et E. o.) ; T1 (0 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T2 (0 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T3 (0 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.) ; T4 (100 % E. m.+ 0 Lha⁻¹ E. o.) ; T5 (100 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T6 (100 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T7 (100 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.) ; T8 (50 % E. m.+ 0 Lha⁻¹ E. o.) ; T9 (50 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T10 (50 % E. m.+ 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T11 (50 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.). E. m. : Engrais minéral ; E.o : Engrais organique

2.6 ENTRETIEN DE LA CULTURE

L'arrosage s'effectuait matin et soir de manière gravitaire. Des sarclages réguliers ont été réalisés pour contrôler l'enherbement. Des traitements insecticide et fongique ont été réalisés avec le Deltaméthrine (Décis 1 L ha⁻¹), le Manèbe 80 (3 Kg ha⁻¹) et le Callicuivre (2 Kg ha⁻¹), pour lutter contre les maladies et ravageurs.

2.7 MESURES DES PARAMÈTRES

Les observations et mesures, ont porté sur la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N et sur le rendement. La teneur du sol en matière organique et le rapport C/N ont été déterminés, après les analyses de sol faites avant et après les essais. Avant la mise en place de la culture, nous avons procédé à une caractérisation morpho-pédologique des sols de chaque site d'étude. Celle-ci a consisté à implanter des toposéquences sur lesquelles des fosses pédologiques ont été ouvertes, à 25 m d'intervalles. Ainsi, une fosse a été ouverte sur chaque site, en haut de versant, à mi-versant et en bas de versant. Trois fosses de 1 m de profondeur et 0,8 m de largeur ont été ouvertes au total. Une description détaillée des fosses a alors été faite, afin d'avoir une idée de l'état de fertilité des sols avant la mise en culture. Ensuite, des échantillons de sol de 0 - 40 cm, y ont été prélevés pour être analysés. A la fin de chaque expérimentation (2010 et 2011), des échantillons de sol de 0 - 40 cm ont été également prélevés en fonction des différents traitements, et analysés afin de déterminer les propriétés physico-chimiques du sol.

L'analyse des sols a été effectuée au laboratoire des sols et de végétaux de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro / Côte d'Ivoire, afin de connaître leurs potentiels fertilisants. Les échantillons de terre fine (terre tamisée à 2 mm) ont servi à la détermination du carbone organique, par attaque sulfo-chromique à froid ([27]) et de l'azote total par la méthode de la référence [15] ;

Le rendement a été déterminé par bloc au niveau de chaque parcelle utile à l'aide de la formule suivante : $RDT = D \times (P_Pu / NP_Pu)$; Où, RDT= Rendement ; P_ Pu = Production de la parcelle utile ; NP_ Pu = nombre de plant dans la parcelle utile et D = Densité (nombre de pieds à l'hectare). Les récoltes ont été faites de façon systématique dans chaque parcelle utile. Le rendement brut prend en compte tous les fruits récoltés, notamment les fruits sains et les fruits avariés non commercialisables (fruits perforés, éclatés, pourris, etc.), tandis que le rendement net prend seulement en compte les fruits sains.

2.8 ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les données recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel "XLSTAT- Pro 7.1". Une analyse de variance a été réalisée pour l'ensemble des traitements. Le test de Duncan, a été utilisé pour séparer les moyennes, lorsque les effets de traitements et de doses d'engrais ont été significatifs au seuil de 5 %.

3 RESULTATS

3.1 MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL, RAPPORT C/N ET RENDEMENT DE LA TOMATE EN 2010

Les résultats du Tableau 3 montrent que l'engrais organique (NPK 5-9-19) et l'effet combiné des engrais ont amélioré significativement, au seuil de 5 %, la teneur du sol en matière organique. La Figure 1 montre qu'à Bimbresso, les traitements T6 et T7 ont mieux accru la teneur du sol en matière organique avec 2,90 et 2,92 g kg⁻¹ respectivement, soit une hausse de 2,7 fois par rapport au témoin. A Bouaflé, également, la Figure 1 révèle que les traitements T6 et T7 ont amélioré la teneur du sol en matière organique par rapport aux autres traitements, avec des valeurs de 3,17 et 3,27 g kg⁻¹ respectivement, soit une augmentation de plus de 2,50 fois par rapport au témoin.

Le rapport C/N du sol des sites (Tableau 3) a augmenté significativement ($p < 5\%$), avec l'effet des traitements des doses d'engrais organique. A Bimbresso et Bouaflé, les traitements avec les doses C1, C2 et C3 d'engrais organique, sans engrais minéral ont eu les meilleurs résultats par rapport au témoin. A Bimbresso, les doses C1, C2 et C3 d'engrais organique sans engrais minéral ont permis d'obtenir des rapports C/N de 12,59 ; 12,79 et 13,42, soit un gain de 28,73 ; 30,77 et 37,22 % respectivement par rapport au témoin. A Bouaflé, également ces doses C1, C2 et C3 d'engrais organique ont eu des rapports un rapport C/N de 12,07 ; 13,07 et 13,38, soit une amélioration de 16,19, 24,48 et 27,43 % respectivement par rapport au témoin. Les teneurs du sol en matière organique et le rapport C/N de Bouaflé ont été plus élevées que ceux de Bimbresso.

Le Tableau 3 montre que l'engrais minéral et organique liquide ont eu, séparément, une amélioration significative ($p < 5\%$) du rendement, tandis que l'effet combiné des engrais n'a pas été significatif. A Bimbresso, le traitement avec la dose 5 L ha⁻¹ d'engrais organique a eu le meilleur rendement net (7,78 t ha⁻¹) par rapport au témoin qui a enregistré le plus faible rendement

net (3,54 t ha⁻¹). Le rendement brut est égal à 8,30 t ha⁻¹. A Bouaflé, les traitements avec les doses 3,75 et 5 L ha⁻¹ d'engrais organique ont eu les meilleurs résultats. Le traitement avec la dose 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique a permis un rendement net de 25 t ha⁻¹ et un rendement brut de 25,28 t ha⁻¹, par contre avec la dose 5 L ha⁻¹ d'engrais organique, le rendement net a été de 28 t ha⁻¹ et le brut été de 28,05 t ha⁻¹. Le témoin a eu le plus petit rendement net (14 t ha⁻¹).

Tableau 3. Effets d'engrais organique et minéral sur la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N, le rendement brut et net en 2010

Traitements	Bimbresso				Bouaflé			
	MO (g kg ⁻¹)	C/N	Rdt brut (t ha ⁻¹)	Rdt net (t ha ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C/N	Rdt brut (t ha ⁻¹)	Rdt net (t ha ⁻¹)
Engrais minéral (%)								
0	2,15	11,60	5,30 b	4,72 b	2,24	11,82	21,20 b	19,80 b
100	2,43	12,68	6,15 a	5,74 a	2,70	13,08	25,86 a	24,80 a
PPDS (à 5%)	0,45	1,20	0,75	0,95	1,59	2,07	2,18	2,54
Engrais organique (L ha⁻¹)								
0	1,35 c	9,78 b	4,00 d	3,54 d	1,45 c	10,50 b	14,52c	14,00 c
2,5	2,27 b	12,59 a	4,80 c	4,36 c	2,53 b	12,20 a	22,48b	22,00 b
3,75	2,75 a	12,79 a	5,75 b	5,26 b	2,92 a	13,07 a	25,28a	25,00 a
5	2,77 a	13,42 a	8,30 a	7,78 a	2,99 a	13,38 a	28,05a	28,00 a
PPDS (à 5 %)	0,21	1,29	0,63	0,71	0,34	1,32	2,86	2,40
Engrais minéral	NS	NS	S	S	NS	NS	S	S
Engrais organique	S	S	S	S	S	S	S	S
Engrais minéral x organique	S	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS
Moyenne	2,29	12,14	5,72	5,23	2,47	12,35	22,82	22,27
CV (%)	5,9	9,6	10,2	16,1	7,8	6,78	9,18	4,2

PPDS : Plus Petite Différence Significative à 5 % ; NS : Non Significatif ; S : Significatif au seuil de 5 % ; Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b, c, d), dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, selon le test de Duncan. Rdt.: Rendement; CV: Coefficient de Variation, MO: matière organique.

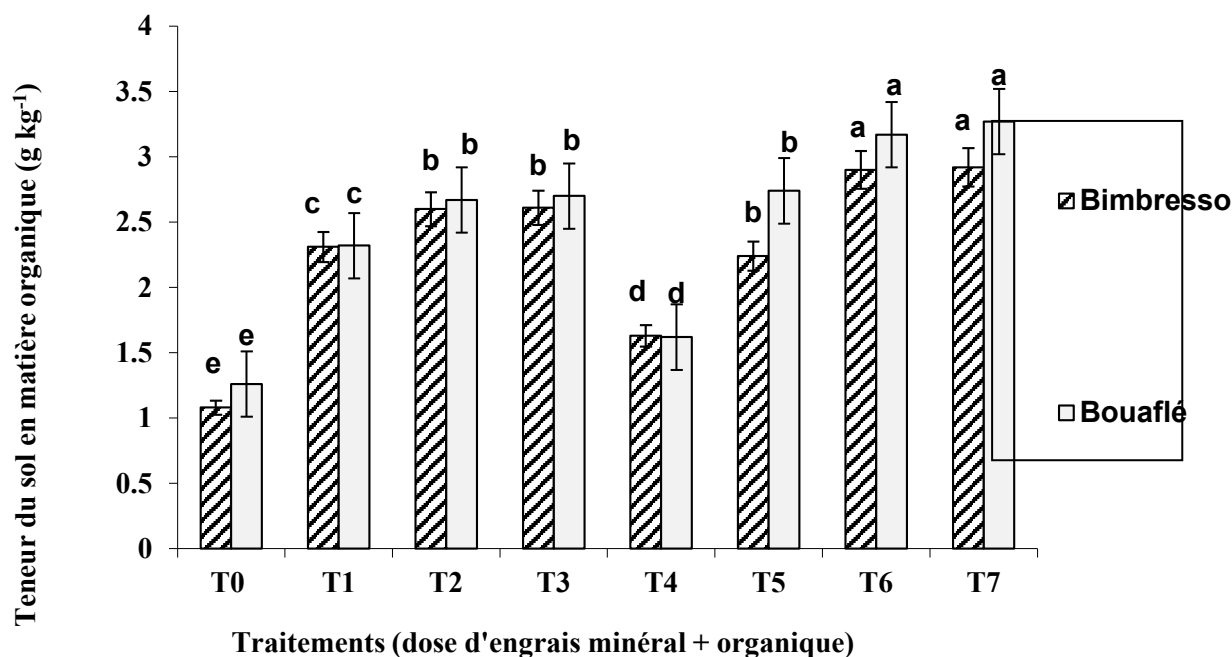


Fig. 1. Effets d'engrais organique et minéral sur la teneur du sol en matière organique à Bimbresso et Bouaflé en 2010

Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b, c, d, e), sur chaque site ne sont pas significativement différentes ($p < 5\%$).

T0 (témoin : 0 dose E. m. et E. o.) ; T1 (0 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T2 (0 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T3 (0 % E. m. + E. o.) ; T4 (100 % E. m. + 0 Lha⁻¹ E. o.) ; T5 (100 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T6 (100 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T7 (100 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.). E.m. : Engrais minéral ; E.o : Engrais organique

2.2 - Matière organique du sol, rapport C/N et rendement de la tomate en 2011

Au regard des résultats du Tableau 4, l'effet de l'engrais organique et celui conjoint des engrais ont augmenté significativement ($p < 5\%$) la teneur du sol en matière organique. La Figure 2 montre qu'à Bimbresso, l'effet combiné des engrais à travers les traitements T6, T7, T10 et T11 ont mieux amélioré la teneur du sol en matière organique avec 2,99 ; 3,04 ; 2,98 et 3,01 g kg⁻¹ respectivement, par rapport au témoin qui a eu la plus faible teneur (1,36 g kg⁻¹). Ces valeurs correspondent à des augmentations d'au moins 54,36 % par rapport au témoin. A Bouaflé, également (Figure 2), les traitements T6, T7, T10 et T11 ont eu les meilleures teneurs du sol en matière organique, avec 3,27 ; 3,30 ; 3,22 et 3,29 g kg⁻¹ respectivement par rapport au témoin qui a eu la plus petite teneur (1,55 g kg⁻¹), soit une hausse d'au moins 51,86 % par rapport au témoin.

Le rapport C/N du sol des sites (Tableau 4) a été significativement influencé par l'engrais organique. Les traitements avec les doses 2,5 ; 3,75 et 5 L ha⁻¹ d'engrais organique ont eu les meilleures réponses. A Bimbresso, ils ont permis une augmentation de 22,47 ; 20,41 et 21,46 % respectivement par rapport au témoin, tandis qu'à Bouaflé, cette hausse a été de 24,04 et 25 % respectivement par rapport au témoin. Les résultats obtenus dans l'ensemble montrent que le site de Bouaflé a enregistré les teneurs du sol les plus élevées en matière organique et rapport C/N comparativement à celui de Bimbresso.

Les résultats du Tableau 4 montrent que l'engrais minéral et l'effet combiné des engrais ont amélioré significativement ($p < 5\%$) les rendements. L'engrais organique a eu un effet hautement significatif ($p < 1\%$). Les meilleurs rendements bruts (Figure 2) ont été obtenus avec le traitement T7, respectivement, pour 15,50 et 32,75 t ha⁻¹, à Bimbresso et à Bouaflé. A Bimbresso, le traitement T7 (Figure 3) a eu le rendement net le plus élevé (14,75 t ha⁻¹). Les traitements T11 (14 t ha⁻¹), T6 et T10 (13,50 t ha⁻¹) se sont aussi bien distingués. Le témoin a eu le plus faible rendement (3,19 t ha⁻¹). A Bouaflé (Figure 3), le traitement T7

(31,95 t ha⁻¹) a eu le meilleur rendement net. Les traitements T6 (31,87 t ha⁻¹), T10 (29,95 t ha⁻¹) et T11 (31 t ha⁻¹) se sont également bien distingués. Le témoin a obtenu le plus petit rendement (5 t ha⁻¹).

Tableau 4 : Effets d'engrais organique et minéral sur la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N, le rendement brut et net en 2011

Traitements	Bimbresso				Bouaflé			
	MO (g kg ⁻¹)	C/N	Rdt brut (t ha ⁻¹)	Rdt net (t ha ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C/N	Rdt brut (t ha ⁻¹)	Rdt net (t ha ⁻¹)
Engrais minéral (%)								
0	2,25	11,91	10,05	9,58	2,37	11,50	20,69	20,06
50	2,48	11,08	11,03	10,55	2,74	12,23	25,94	25,54
100	2,49	11,15	12,03	11,53	2,77	12,38	26,71	26,50
PPDS (à 5%)	0,72	1,72	3,96	3,78	1,71	0,60	3,10	5,67
Engrais organique (L ha⁻¹)								
0	1,36	9,88 b	6,04	5,69	1,62	10,4 b	12,14	11,63
2,5	2,31	12,1 a	8,54	8,19	2,67	12,9 a	23,56	23,19
3,75	2,87	11,9 a	13,96	13,42	3,13	13,0 a	30,36	30,11
5	2,77	12,0 a	15,52	14,92	3,15	13,0 a	31,85	31,71
PPDS (à 5%)	0,44	1,08	1,76	2,11	0,29	0,44	3,88	3,39
Engrais minéral	NS	NS	S	S	NS	NS	S	S
Engrais Organique	S	S	HS	HS	S	S	HS	HS
Engrais minéral x organique	S	NS	S	S	S	NS	S	S
Moyenne	2,4	11,46	11,02	10,55	2,64	12,22	24,46	22,27
CV (%)	6,7	9,6	8,4	10,1	7,1	8,08	9,15	7,2

PPDS : Plus Petite Différence Significative à 5 % ; NS : Non Significatif ; S : Significatif (p < 5 %) ; HS : Hautement Significatif (p < 5 %). Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b), dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes (p < 5 %), selon le test de Duncan. Rdt. : Rendement ; CV : Coefficient de Variation.

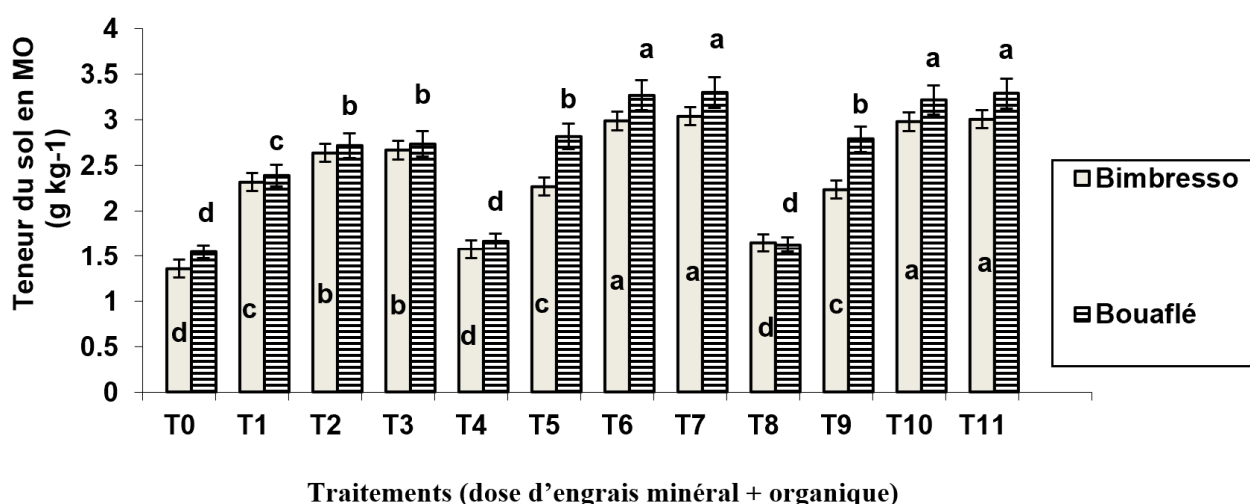


Fig. 2. Effets d'engrais organique et minéral sur la teneur du sol en matière organique à Bimbresso et à Bouaflé en 2011

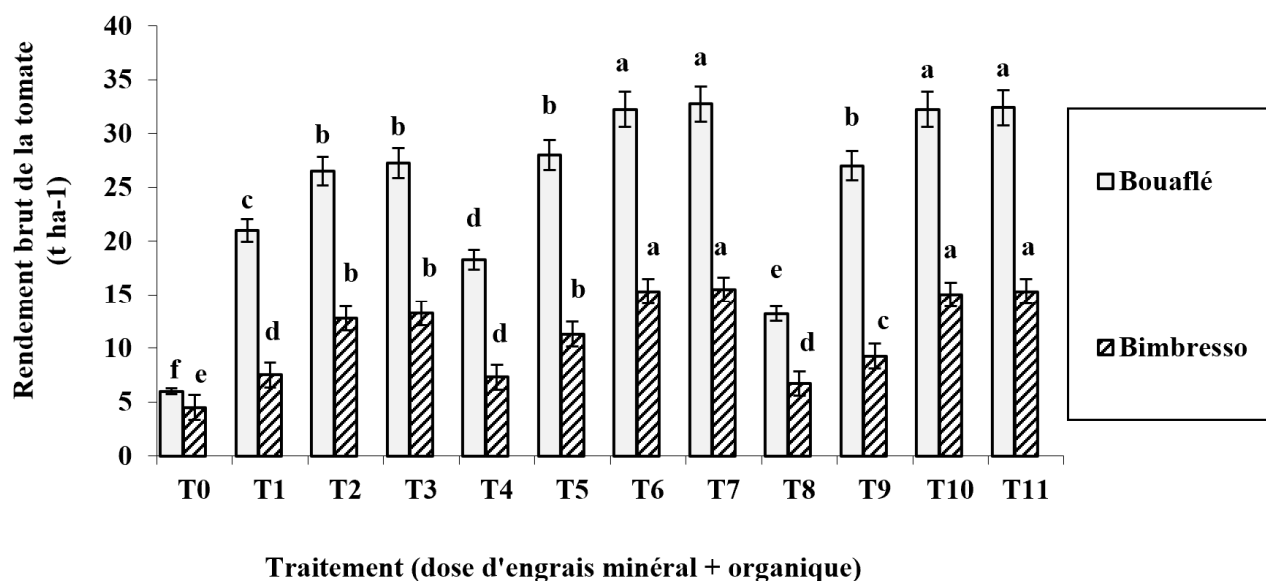


Fig. 3. Effets d'engrais organique et minéral sur le rendement brut de la tomate à Bimbresso et Bouaflé en 2011

Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b, c, d, e, f), sur chaque site ne sont pas significativement différentes ($p < 5\%$), T0 (témoin : 0 dose E. m. et E. o.); T1 (0 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.); T2 (0 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.); T3 (0 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.); T4 (100 % E. m. + 0 Lha⁻¹ E. o.); T5 (100 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.); T6 (100 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.); T7 (100 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.); T8 (50 % E. m. + 0 Lha⁻¹ E. o.); T9 (50 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.); T10 (50 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.); T11 (50 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.) E.m. : Engrais minéral ; E.o : Engrais organique

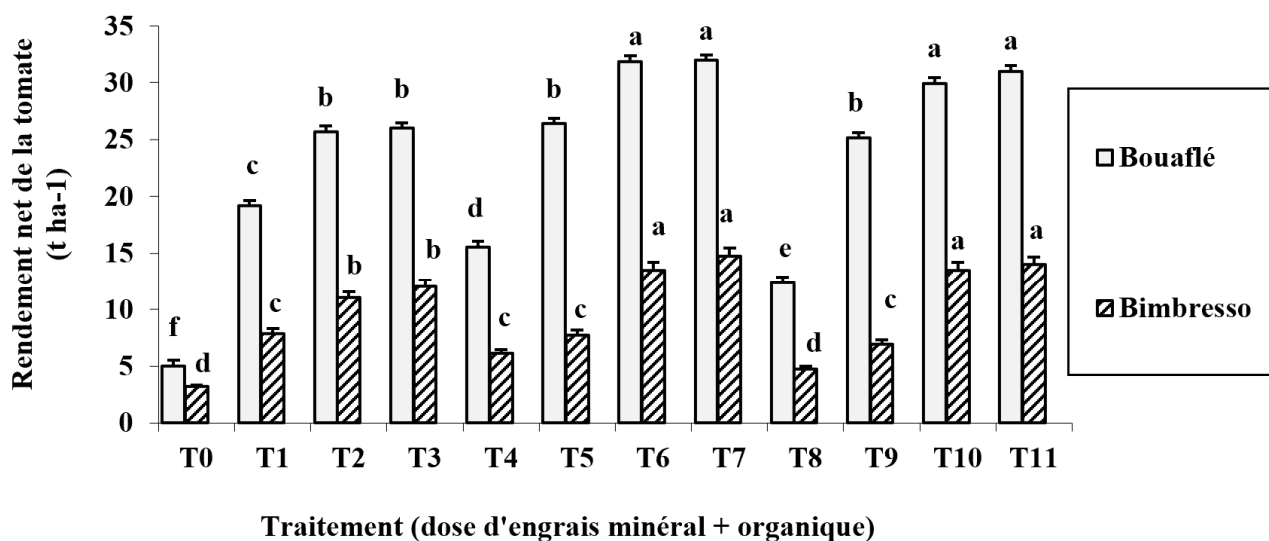


Fig. 4. Effets d'engrais organique et minéral sur le rendement net de la tomate à Bimbresso et Bouaflé en 2011

Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b, c, d, e, f), pour chaque site ne sont pas significativement différentes ($p < 5\%$).

4 DISCUSSION

La Matière organique joue un rôle déterminant dans la fertilité du sol. Elle est essentielle pour retenir les éléments nutritifs et l'humidité dans le sol. Elle en stabilise la structure, nourrit et abrite les organismes du sol. Les producteurs agricoles biologiques doivent tenter d'atteindre au moins 4 % de matière organique et considérer des valeurs stables ou à la hausse comme indicatrices d'une bonne gestion de leur sol ([9]). Cette matière organique va alors enrichir le sol en produisant de l'humus qui va se minéraliser pour fournir suffisamment d'éléments minéraux aux plantes pour leur développement. Selon la référence [5], plus la teneur du sol en matière organique est élevée, plus le sol retient des éléments nutritifs pour les mettre à la disposition des plantes pour leur croissance.

Les travaux de la référence [3] ont montré que la demi dose d'engrais minéraux, associée à 20 t ha⁻¹ de fiente de volaille, a entraîné une augmentation de la teneur en C total du sol de 32 %, et une amélioration de sa teneur en matière organique. Les essais conduits en petite saison pluvieuse deux années consécutives ont montré que la dose 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique liquide, associée à la dose 50 % engrais minéral, est plus efficace pour améliorer la teneur du sol en matière organique. La référence [17] a également montré que les engrais organiques améliorent la matière organique du sol.

Le rapport C/N est déterminant dans la décomposition de la litière. En effet, une litière qui se décompose trop lentement peut bloquer le cycle des éléments minéraux. Le rapport C/N des deux essais, a été plus élevé à Bouaflé (13.07 à 13) qu'à Bimbresso (12.79 à 11.9) sur les deux essais, avec l'apport de la dose 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique liquide. Ces ratios ont eu des valeurs normales sur les deux sites d'étude, selon les références [6] et [24] qui ont montré que le processus de minéralisation est plus ou moins normal lorsque $8 \leq C/N \leq 15$.

Au vu de ces valeurs, bien qu'elles soient normales, la décomposition de la matière organique pourrait être plus rapide à Bimbresso qu'à Bouaflé, parce qu'à la deuxième année d'essai le rapport C/N à Bouaflé a été supérieur (13) à celui de Bimbresso (11.9). Le risque de lixiviation des éléments minéraux pourrait donc être plus grand à Bimbresso qu'à Bouaflé. A Bouaflé, avec une décomposition un peu plus lente et les éléments nutritifs pourrait se mettre progressivement à la disposition de la plante, offrant ainsi une meilleure disponibilité des éléments minéraux du sol aux plantes à Bouaflé qu' à Bimbresso. Selon la référence [10], bien que la décomposition de la matière organique soit normale sur certaines toposéquences, la teneur en N des sols tropicaux est généralement faible. L'engrais organique liquide (NPK 5-9-19) pourrait alors jouer le rôle d'engrais et d'amendement avec la dose 3,75 L ha⁻¹ si de meilleures conditions pédoclimatiques sont réunies. Toutefois, il demeure plus efficace quand il est associé à la ½ dose d'engrais minéral.

Concernant le rendement de tomate, si le site de Bouaflé (25 – 29,95 t ha⁻¹ 2010 à 2011) a eu le meilleur résultat par rapport à celui de Bimbresso (7,78 – 13,50 t ha⁻¹ 2010 à 2011), cela est dû, entre autres à l'efficacité du traitement avec la dose 3.75 Lha⁻¹ en 2010, à celui de l'effet combiné de la dose 3.75 Lha⁻¹ d'engrais organique avec la ½ dose d'engrais minéral en 2011 et certainement aux propriétés physico-chimiques satisfaisantes de ce site. Ces traitements ont favorisé une meilleure disponibilité des éléments nutritifs du sol pour la plante sur le site de Bouaflé, à travers l'augmentation de la matière organique qui a favorisé une bonne activité biologique et une meilleure disponibilité des éléments nutritifs du sol pour la plante.

Comparativement aux rendements obtenus par les références [20] en Côte d'Ivoire et [21] en Afrique Subsaharienne où le rendement de la tomate était 10 t ha⁻¹, les rendements obtenus dans notre essai sont de façon générale au-dessus de la moyenne nationale obtenus dans ces deux pays. Ainsi donc, pour maintenir ou accroître la productivité des sols, il est nécessaire d'y apporter des matières organiques associées ou non à la ½ dose d'engrais minéral. L'apport d'engrais minéraux seuls ne peut pas maintenir à long terme la productivité des sols à cause du lessivage et de la dégradation des propriétés des sols ([4]).

Les travaux des références [16] et [2] ont montré que la fertilisation organique améliore durablement les propriétés physiques du sol et la production, tandis que l'utilisation d'engrais minéraux seuls provoque, à la longue, une baisse de production. Les travaux des références [12], [18] ont aussi montré que la combinaison d'engrais organiques et minéraux a créé de meilleures conditions de production pour les cultures.

5 CONCLUSION

Le traitement T10 à travers la dose 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique liquide, associée à la ½ dose d'engrais minéral a été le plus efficace en deuxième année d'essai pour augmenter significativement ($p < 5 \%$), la teneur du sol en matière organique et le rendement net de la tomate (Bimbresso : 13,50 t ha⁻¹; Bouaflé : 29,95 t ha⁻¹). En première année d'essai par contre, le traitement T6 (100 % engrais minéral + 3,75 L ha⁻¹ engrais organique) a amélioré la matière organique du sol et les traitements issus respectivement, des doses 3,75 et 5 L ha⁻¹ ont amélioré le rendement à Bouaflé (25 t ha⁻¹) et Bimbresso (7,78 t ha⁻¹). Durant les essais, les traitements témoins ont obtenu de faibles rendements net (2011 : Bimbresso (3,19 t ha⁻¹) ; Bouaflé (5 t ha⁻¹)). Le rapport C/N du sol, qui caractérise la décomposition de la matière organique et la minéralisation a été augmenté significativement ($p < 5 \%$), par les traitements issus des doses 2,5 et 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique, sur les deux années d'étude.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche scientifique (PASRES) et le Centre Suisse de recherche Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) pour le financement du Projet de thèse sur les performances agronomiques d'un engrais organique liquide « Dragon 1 » sur les cultures maraîchères du Sud et du Centre - Ouest de la Côte d'Ivoire.

RÉFÉRENCES

- [1] Ahishakiye, M., & Aitamou, M., Transformation industrielle de tomates ; extraction et caractérisation de l'huile de graines de tomates 4 p, 2010.
- [2] Alexandra, M., Raphaël, C., & Sokral, S., Fertilité du sol et productivité cultures. Effets des apports organiques et du labour, Recherche Agronomique. Suisse 2: 3 124 p, 2011
- [3] P. K., Akanza et. G. Yoro, Effets synergiques des engrais minéraux et de la fumure de volaille dans l'amélioration de la fertilité d'un sol ferrallitique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine, 15 : 3 140 p, 2003.
- [4] R. Alvarez, A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. Soil Use and Management, 21: 38-52, 2005.
- [5] Anne, W., & Jean, D., Amendement et fertilisation. Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée. 7 : 7 p, 2009.
- [6] Assa, A., Précis de pédologie. Collection Sciences. Edition Universitaire de Côte d'Ivoire. Université de Cocody-Abidjan. Côte d'Ivoire. 100 p, 2005.
- [7] Bado B. V., Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Laval Canada, pp. 141-184, 2002.
- [8] Boli Z. et Roose E., Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord-Cameroun. In Floret Ch. et Pontanier R., (Eds). La jachère en Afrique tropicale John Libbey. Paris, pp.149-154, 2000.
- [9] Désirée J., Comprendre votre analyse de sol. Centre d'agriculture biologique du Canada, 1 p, 2012.
- [10] Ettien, D. J. B., Intensification de la production d'igname (*Dioscorea ssp.*) par la fertilisation minérale et l'identification de nouvelles variétés en zone forestière et savicole de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université, Cocody, Abidjan, 167 p, 2004.
- [11] FAO, Fertilizers and their use. A pocket guide for extension officers. Fourth édition. Rome, 34 p, 2000.
- [12] FAO, Les engrais et leur application. Brochure, 4^e édition. 5 p, 2003.
- [13] Hanson, P., Chen, J., T., Kuo, C., G., Morris, R., and Opena, R. T., Suggestions sur les pratiques culturales de la tomate. Learning center, pp.1- 9, 2001.
- [14] Henao J., Baanante C.A., Agricultural Production and Soil Nutrient Mining in Africa. Summary of IFDC Technical Bulletin, IFDC, Muscle Shoals, Alabama, USA, 75 p, 2006.
- [15] Kjedaahl B. J., Total Nitrogen. in: Methods of soil analysis, 2^e partie. Agronomy. Madison, Wisconsin, pp. 1149 – 1178, 1965.
- [16] Ladha, J., K., Dawe, D., P., Athak, H., Padre, A., T., Yadav, R., L., Singh P., Kundu, A., L., Sakal, R., Ram, N., Regmi, A., P., Gami, S., K., Bhandari A., L., Amin, R., Yadav, C., R., Bhattarai, E., M., Das, S., Aggarwal, H., P., Gupta, R., K., and Hobbs, P. R. How extensive are yield declines in long-term rice wheat experiments in Asia? Field Crops Res. 81: 159 –180, 2003.
- [17] R. Lal, Challenges and opportunities in soil organic matter research. European Journal of Soil Sciences, 60 : 158 – 169, 2009.
- [18] Laurence, P., et Philippe, E., Les engrais organo-minéraux. Union des industries de la fertilisation. 17 : 1 p, 2008.
- [19] Michel, L., Système racinaire de la tomate de serre, champignons phytopathogènes et environnement. Rapport technique, Québec. 13 p, 1998.
- [20] Minagra, Plan directeur du développement agricole 1992-2015. Ministère de l'agriculture, rapport technique, République de Côte d'Ivoire. Rapport final. 257 p, 1993.
- [21] Nono, W., R., Swai, I., S., and Chadha, M. L., Management of vegetable diseases in Eastern and Southern Africa : case study of tomato. In : Anonym, Proceedings of the Workshop on vegetable research and development in West Africa ARUSHA TANZANIA, pp. 19-31, 2001.
- [22] Ouattara N. D et Zoro B. I. A., Etude comparative de l'influence de la fumure minérale et Organique sur la productivité du cultivar à baies allongées de *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl (Cucurbitaceae). Mémoire de Maîtrise ; UFR des Sciences de la Nature. Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), 34 p, 2009.
- [23] N. A. Somé, K. Traoré, O.Traoré, et M. Tassembodo, Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon* spp. dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). Biotechnol. Agron. Soc Environ. 11(3) : 245 – 252, 2007.
- [24] Tossou R., Vodouhè S., Fanou J., Babadankpodji P., Kouévi A., et Ahouloukpe H., Caractéristiques physico – chimiques et aptitudes culturales de sols de la conurbation Abomey Bohicon, Ecocité, 9 : 10 p, 2006.
- [25] Toufouni Z. H., Contribution à l'étude des maladies bactériennes de la tomate (*Lycopersicum esculentum*) cultivée dans l'Est Algérien. Mémoire de Magister en Biologie Appliquée. pp. 9 – 10, 2013.
- [26] S.Y. Useni, K.M. Chukiyabo, K. J. Tshomba, M. E. Muyambo, K. P. Kapalanga, N.F. Ntumba, A. K. P. Kasangij, K. Kyungu, L. L. Baboy, K. L. Nyembo, et M. M. Mpundu, Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* L.) sur un ferralsol du Sud-Est de la RD Congo. J.Appl. Biosci. 66 : 5070-5081, 2013.
- [27] Walkley A. et Black A., Dosage de la matière organique; modification apportée au dosage de l'acide chromique, Soil Science 37 : 29 – 38, 1934.

Effets du Conseil à l'Exploitation Familiale (CEF) sur les performances économiques de production cotonnière dans la commune de Banikoara au Nord-Benin

[Effects of the advice for family farm on the economic efficiency of cotton production in the district of Banikoara in North Benin]

Moudachirou AYENA, Rosaine Nérice YEGBEMEY, and Jacob Afouda YABI

Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), Université de Parakou, BP 123
Parakou, Benin

Copyright © 2019 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 SNV's Program for Strengthening Cotton Producer Organizations, due to the failure of the prescriptive approaches used in the past in rural area, has implemented another more participative and holistic approach (the Advice for the Family Farming: AFF). This approach aims at improving the decision-making process of the producers and consequently, the improvement of their incomes. This article therefore aims at evaluating the effects of the Advice for the Family Farming (AFF) on the economic performance of cotton producers. The data collection involved 160 randomly selected producers including eighty (80) AFF auditors and eighty (80) non AFF auditors. These data were analysed using the multiple linear regression method. The results showed that the AFF auditor's cotton producers were economically more efficient than their homologous non-auditors. In fact, the net margin of the auditors was significantly higher than the net margin of their homologous non-auditors as the coefficient of the variable "contact with an AFF facilitator" is positive and significant at the 1% threshold. Accordingly, the net margin of an AFF auditor was increased by 25,294.68 F CFA. The AFF therefore had a positive effect on the net margin of the beneficiaries. However, the adoption of the AFF by the producers has been a major problem. Thus, continuing with the alphabetisation of the producers would be a guarantee for the control of the AFF. Finally, the extension of the approach to other household activities and the inclusion of a larger number of women will help to improve considerably the living conditions of rural populations.

KEYWORDS: Advice for the Family Farm; cotton; North-Benin.

RESUME: Le Programme Renforcement des Organisations de Producteurs de Coton (PROCOTON) de la SNV, compte tenu des échecs qu'ont connus les approches dirigistes d'intervention en milieu rural, a mis en œuvre une autre plus participative et holistique (le Conseil à l'Exploitation Familiale : CEF) visant l'amélioration du processus de prise de décision des producteurs et l'augmentation de leurs revenus. Le présent article a donc pour objectif d'évaluer les effets du CEF sur les performances économiques des exploitations cotonnières. Les données collectées auprès de 160 producteurs choisis de façon aléatoire, à raison de quatre-vingt (80) auditeurs CEF (AC) et quatre-vingt (80) non auditeurs, ont été analysées par la régression linéaire multiple. Les résultats ont montré que les producteurs de coton auditeurs CEF étaient économiquement plus performants que leurs homologues non auditeurs. En effet, la marge nette des auditeurs était significativement supérieure à celle des non auditeurs au seuil de 1% puisque le coefficient de la variable "contact avec un animateur CEF" est positif et significatif au seuil de 1%. Ainsi, en passant d'un auditeur CEF à un non auditeur, la marge nette augmentait de 25 294,68 F CFA. Le CEF avait donc un effet positif sur la marge nette des bénéficiaires. Toutefois, l'appropriation du CEF reste un défi vu leur faible niveau d'instruction. Ainsi, la continuité avec l'alphabetisation des adoptants serait un gage pour la maîtrise du CEF. Aussi, l'extension de la démarche aux autres activités du ménage ainsi que la prise en compte d'un nombre plus élevé de femmes contribueront-elles à améliorer considérablement les conditions de vie des populations rurales.

MOTS-CLEFS: Conseils à l'Exploitation Familiale, coton, Nord-Benin.

1 INTRODUCTION

Ces quarante dernières années, le paysage agricole et rural béninois a connu de profondes réformes institutionnelles [1]. Après plusieurs années de tâtonnement en matière de dispositifs d'appui à l'agriculture, les pays africains au Sud du Sahara ont fini par adopter le système de formation-visite (Training and Visit) introduit par la banque mondiale dans les années 1980. Force a été de constater que cette approche de vulgarisation, malgré l'importance des moyens investis, a conduit à des résultats en grande partie insatisfaisants à cause de son caractère hiérarchique, dirigiste et peu flexible [2]. Le producteur, infantilisé, y est considéré comme un récepteur d'appuis techniques indifférenciés [3]. Or, Il est aujourd'hui largement accepté que les besoins des producteurs vont au-delà de la seule diffusion d'informations sur les techniques agricoles. Il est désormais question d'accompagner les producteurs dans un processus de prise de décisions conséquentes pour une conduite stratégique de ses activités et donc de l'ensemble de son exploitation [1]. C'est ainsi que les approches qui se veulent plus participatives [4] ont été mises en œuvre dans de nombreux pays de l'Afrique de l'Ouest et du centre. Ces approches paraissent plus pertinentes pour les zones cotonnières béninoises, où, les producteurs sont caractérisés par de faibles rendements, de faibles productivités et de revenus relativement bas, du fait de manque d'appui adapté ([5], [6], [7]). Ainsi, le Conseil à l'Exploitation Familiale (CEF) a été conçu pour sortir ces paysans de leur impasse. Son objectif principal est d'assurer la sécurité alimentaire, de diversifier et de sécuriser les revenus des producteurs. De nombreuses études relatives aux CEF ont été effectuées ; beaucoup d'entre elles se sont intéressées au processus d'apprentissage des producteurs, à l'influence du profil des animateurs sur les dispositifs de mise en œuvre du CEF, à la caractérisation des processus d'apprentissage, etc. Celles ayant été relatives aux aspects économiques l'ont abordé qualitativement ([8], [9]). Au Bénin, peu d'études [10] ont traité des effets économiques du CEF. Il se pose donc un problème de manque de données quantitatives qui renseignent sur les effets économiques du CEF sur les bénéficiaires. C'est pour combler ce vide que le présent article a été rédigé. Son objectif est de renseigner sur les effets économiques du Conseil à l'Exploitation Familiale sur les producteurs bénéficiaires de la mise en œuvre du Conseil dans la commune de Banikoara. Il permet d'identifier les forces et faiblesses de la démarche et d'opérer les ajustements nécessaires à l'amélioration des performances productives des producteurs tel qu'exigé par leur environnement actuel.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 CADRE THÉORIQUE

Une innovation est généralement perçue comme une variable inconnue, un nouveau mode de pensée, d'agir, qui est mis en place pour opérer des changements dans le milieu où il est introduit. Selon [11], l'innovation est une idée, des pratiques ou des objets perçus comme nouveau dans la société. Pour la référence [12], l'innovation technologique est une pratique ou une idée qui permet à la fois de raccourcir le processus de production et d'augmenter de façon durable, la productivité. Ainsi, une innovation agricole permet aux producteurs d'augmenter leurs revenus et d'améliorer leurs bien-être et ceux de leur ménages ([13], [14], [15]).

L'adoption d'une innovation par un individu est déterminée par plusieurs facteurs qui lui sont endogènes ou exogènes (directement observables et non) et par les caractéristiques intrinsèques de l'innovation ([16], [17]). Le producteur étant un agent économique rationnel, son ultime but est la maximisation de son profit sous contrainte de ses coûts de production en vue de satisfaire ses propres besoins et celui des membres de son ménage [18]. Il combine donc les ressources dont il dispose et les avantages offerts par son environnement pour atteindre son objectif. De ce fait, toute décision d'adopter ou non une innovation est prise sur la base du principe de rationalité, notamment de l'hypothèse de maximisation de l'utilité de la théorie néoclassique. Le producteur adoptera donc l'innovation en espérant tirer profit de celle-ci.

Partant de ces postulats, le Conseil à l'Exploitation Familiale (CEF) est donc considéré comme un nouveau mode de gestion des exploitations, une innovation institutionnelle dont l'adoption engendre l'augmentation des performances aussi bien productives qu'économiques de l'adoptant.

Les performances d'un exploitant peuvent être appréciées à travers un ensemble d'indicateurs. La référence [19] utilise la marge nette, la rémunération de la force de travail et celle du capital investi dans l'exploitation pour évaluer la rentabilité économique des exploitations qui est un indicateur de performance économique. La référence [20] a aussi utilisé la marge brute pour analyser la rentabilité d'un système de production laitière au Sénégal. Dans le présent article, la performance de la production cotonnière est appréciée à travers la marge nette que dégage cette activité.

2.2 MODÉLISATIONS THÉORIQUE ET EMPIRIQUE DE L'EFFET DU CEF SUR LE REVENU

Plusieurs approches d'évaluation d'effets d'un programme/projet ont été identifiées dans la littérature. Il s'agit de l'approche expérimentale ([21], [22], [23]) de l'approche quasi-expérimentale et de celle non-expérimentale. Dans les deux premières approches, la démarche consiste à constituer deux groupes. L'un est le groupe des traités (ceux qui participent au programme/projet) et l'autre le groupe de contrôle (ceux qui ne participent pas). Ces approches se sont révélées inefficaces dans le cas des sciences sociales parce qu'elles sont confrontées au problème de sélection et donnent des résultats peu fiables. D'où les économistes utilisent essentiellement l'approche non-expérimentale en se basant sur les théories économiques et économétriques pour guider l'analyse et minimiser les erreurs potentielles dans l'estimation d'impact [24]. Ainsi, on peut comparer les participants au programme aux non participants en faisant appel à des méthodes statistiques pour contrôler les différences observées entre les deux groupes qui peuvent influencer l'indicateur d'effet indépendamment de la participation au programme. Il est aussi possible à l'aide d'une régression simple de contrôler l'influence d'autres facteurs socio-économiques sur l'indicateur d'effet [24].

Soient Y l'indicateur de mesure de l'effet du CEF sur les bénéficiaires (le revenu par exemple), Y_1 et Y_0 deux variables aléatoires représentant le niveau du revenu pour un producteur i (Y_1 s'il participe au CEF et Y_0 s'il ne participe pas) et W la variable binaire qui prend la valeur zéro (W_0 si le producteur ne participe pas) et W_1 si le producteur participe au CEF. L'effet de la participation au CEF sur le revenu est :

$$\Delta_y = Y_1 - Y_0 \quad (1)$$

Mais la difficulté rencontrée dans la détermination de Δ_y est que pour un participant au CEF donné, il est difficile de déterminer ce qui allait être son revenu actuel s'il n'avait pas participé au CEF et pour un non participant donné, il est également difficile de déterminer le revenu qu'il allait obtenir s'il participait au CEF. En d'autres termes, on ne saurait estimer le résultat qu'un participant au CEF pourrait obtenir s'il n'avait pas participé et s'il ne participait pas, on ne saurait non plus déterminer ce qu'il allait avoir comme revenu s'il participait au CEF ([25], [26], [27], [24] ; cités par [28]). Dans la littérature économétrique, cette donnée manquante est appelée le « contre-factuels » [29].

Sous l'hypothèse d'indépendance conditionnelle entre Y_1 , Y_0 et W_i , il est possible de déterminer l'effet moyen de la participation au CEF au sein d'une population donnée [30]. Leur idée consiste à faire la différence entre le niveau moyen de l'indicateur des participants et celui des non participants. On obtient alors l'Effet Moyen de Traitement ou Average Treatment Effect (ATE).

$$ATE = (Y_1 - Y_0) \quad (2)$$

Cet indicateur mesure l'effet de la participation au Conseil à l'Exploitation Familiale (CEF) sur un individu i tiré au hasard dans la population, ce qui correspond aussi à la moyenne d'effet du CEF sur toute la population entière ([31], [32]). Partant de cette idée, d'autres indicateurs peuvent être estimés. Il s'agit de l'effet du traitement sur les traités (ATE_1) qui mesure l'effet du CEF sur les participants. Il s'écrit comme suit :

$$ATE_1 = E(Y_1 - Y_0 / w = 1) \quad (3)$$

De façon précise, avec W_i , la variable de mesure d'effet observée peut s'écrire comme suit :

$$Y = (1 - w)y_0 + wy_1 = y_0 + w(y_1 - y_0) \quad (4)$$

En supposant la variable de participation statistiquement indépendante de Y_1 et de Y_0 comme c'est le cas lorsque le traitement est aléatoire, l'estimation de ATE devient alors simple à partir de l'équation (4). Nous avons :

$$E(y / w = 1) = E(y_1 / w = 1) = E(y_1) \quad (5)$$

$$E(y / w = 0) = E(y_0 / w = 0) = E(y_0) \quad (6)$$

Car W , $(y_1 - y_0)$ sont indépendants.

$$D'où ATE = ATE_1 = E(y / w = 1) - E(y / w = 0) \quad (7)$$

Sous cette hypothèse, ATE et ATE_1 sont obtenus par la différence des moyennes de y pour les participants et les non participants. Mais cette hypothèse d'indépendance conditionnelle n'est souvent pas applicable dans les études d'évaluation d'effet des programmes/projet en ce sens que la décision d'un individu de participer à un programme ou non dépend du bénéfice ($y_1 - y_0$) qu'il espère gagner en participant au programme [33]. Il se pose donc le problème d'auto-sélection des participants et non participants au projet. Pour corriger ces insuffisances et mesurer de façon consistante ATE et ATE_1 , la méthode paramétrique de régression linéaire multiple est utilisée en adaptant la méthodologie développée par [34].

Reprenons les variables aléatoires y_1 et y_0 représentant le niveau du revenu d'un producteur i (y_1 s'il participe au programme et y_0 s'il ne participe pas au CEF). En décomposant chaque contre-factuel en fonction des éléments observés (x), nous avons :

$$y_0 = \mu_0 - v_0 \quad (8)$$

$$y_1 = \mu_1 - v_1 \quad (9)$$

En réécrivant l'équation (4), nous avons :

$$Y = \mu_0 + w(\mu_1 - \mu_0) + v_0 + w(v_1 - v_0) \quad (10)$$

$$E(y/w, x) = \mu_0 + \alpha w + g_0(x) + w[g_1(x) - g_0(x)] \quad (11)$$

Où $\alpha = ATE$; $g_0(x) = E(v_0/x)$ et $g_1(x) = E(v_1/x)$

En supposant $g_0(\cdot)$ et $g_1(\cdot)$ linéaire en x , nous pouvons écrire :

$$g_0(x) = \eta_0 + h_0(x)\beta_0 \quad (12)$$

$$g_1(x) = \eta_1 + h_1(x)\beta_1 \quad (13)$$

Equations (12) et (13) dans (11) donne :

$$E(y/w, x) = \gamma + \alpha w + x\beta_0 + w \cdot (x - \psi)\delta_2 \quad (14)$$

β_0, δ sont les vecteurs des paramètres à estimer ; $\alpha = ATE$, $\psi = E(x)$

L'estimation de l'équation (14) donne une valeur consistante de ATE [32].

2.3 ZONE D'ÉTUDE ET BASE DE DONNÉES

La commune de Banikoara, située au Nord-Ouest du Département du Borgou entre 10°50' et 11°45' de latitude Nord et 2°0' et 2°55' de longitude Est, a servi de cadre pour l'enquête de terrain. Les sols argileux rencontrés, sont de type ferrugineux tropical lessivé à concrétions granito-gneissique (pH voisin de la neutralité). Ils abritent une végétation composée de savane boisée, arbustive et herbacée avec des plages d'épineux aux endroits soumis à une forte pression anthropique. La commune présente des caractéristiques climatiques de type soudano- sahélien. Elle bénéficie en effet d'une saison sèche de novembre à avril et d'une seule saison pluvieuse de mai à octobre dont généralement l'intensité maximale se situe en août. La moyenne pluviométrique varie entre 1000 et 1200 millimètres (mm). L'agriculture est la principale activité exercée dans la commune avec le coton comme la spéculation la plus dominante. La production agricole de la commune regroupe la production céréalière et celle de la culture de rente (le coton), l'élevage des bovins, ovins, caprins et les volailles. La Figure 1 illustre la carte de la zone d'étude.

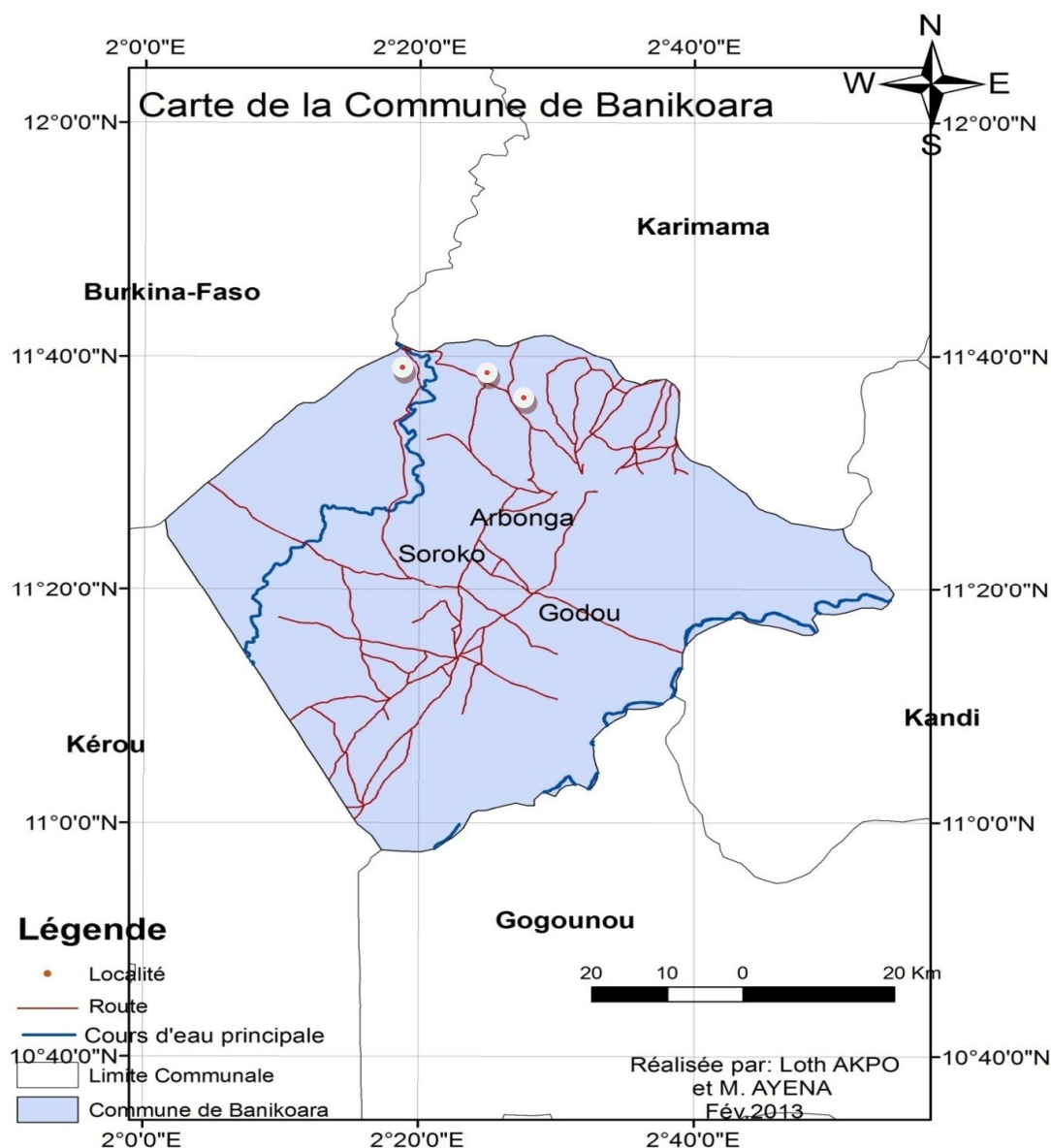


Fig. 1. Carte de la zone d'étude (commune de Banikoara, Nord-Benin)

L'unité de recherche est le producteur de coton. Les données collectées auprès de cent soixante (160) producteurs de coton choisis aléatoirement, à raison de (80) auditeurs CEF (adoptants) et (80) non auditeurs CEF sont essentiellement de nature quantitative et qualitative. Elles sont relatives aux coûts de production, aux rendements des exploitations et données socio-démographiques des ménages. Ces données ont été collectées à l'aide d'un questionnaire administré aux enquêtés et des "focus group" tant au niveau des groupes d'auditeurs CEF (GAC) qu'au niveau des groupements villageois (GV). En décembre 2016, les données complémentaires relatives à la tenue des outils, aux processus de prise de décision, au volume de production, à la gestion financière des exploitations ont été collectées. La triangulation a été utilisée pour vérifier la certitude des informations recueillies.

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

En s'inspirant des travaux de [35], [36], [34], les variables suivantes ont été introduites dans le modèle. Il s'agit de la taille du ménage, de l'âge du producteur, de l'expérience du producteur, de l'accès au crédit, du contact avec un animateur du CEF, du niveau d'éducation et du nombre d'actif agricole. Plusieurs méthodes/modèles sont utilisées pour évaluer l'effet des facteurs socio-économiques sur le revenu. Il s'agit entre autres de la régression linéaire simple, régression linéaire multiple, du

modèle semi-log et de la méthode des moindres carrée ordinaires [34], la méthode des moments généralisés, etc. Dans la présente étude, la régression linéaire multiple a été utilisée pour évaluer l'effet du CEF sur le revenu agricole des producteurs.

Ainsi, le modèle empirique peut s'écrire comme suit :

$$RN = \alpha_0 + \alpha_1 AGE + \alpha_2 EXP + \alpha_3 CPRO + \alpha_4 TME + \alpha_5 ACRED + \alpha_6 EDUC + \alpha_7 ACTAG + e_i$$

Avec **RN**, le revenu net du producteur ; **ei**, le terme d'erreur ; **αi**, les coefficients de régression à estimer et qui correspondent à l'effet de chacune de ces variables sur le revenu.

Selon les références [34], [19] et [37], pour un producteur *i* donné et pour une spéculation *j*, le revenu net (**RNij**) est déterminé par la formule suivante :

$$RNij = PBij - (CVij + CFij) \text{ ou } RNij = MBij - CFij \text{ (en FCFA/ha)}$$

RNij est le revenu net du producteur *i* pour la spéculation *j*.

Les **CVij** : coûts variables, correspondent aux dépenses liées à l'acquisition d'intrants (engrais, insecticides, pesticides et main d'œuvre) faites par le producteur *i* sur la surface de la spéculation *j*.

Les **CFij** : coûts fixes, correspondent à la part des dépenses d'investissement engagées par le producteur *i* allouées aux activités sur la parcelle abritant la spéculation *j*. Les **CF** sont déterminés en appliquant un taux d'amortissement linéaire à la valeur totale d'acquisition du matériel. Ce taux correspond à l'inverse de la durée de vie de ce matériel.

Si **RN** > 0, l'activité de production cotonnière est économiquement rentable. Le produit brut permet donc de couvrir toutes les charges de production. Par contre, si **RN** < 0, l'activité n'est pas rentable du point de vue économique. Cette situation est souvent engendrée soit par les coûts variables trop importants et un produit brut faible à telle enseigne qu'il n'arrive pas à les couvrir, soit par des coûts fixes exorbitants.

Notons que, dans cette étude, le revenu agricole du producteur *i* est assimilé à la marge nette de la production du coton. Les autres activités de l'exploitation ne sont pas prises en compte dans le calcul du revenu.

AGE : c'est la variable qui correspond à l'âge du producteur. Un producteur très âgé ne disposera plus de force pour emblaver de grandes superficies sauf en cas d'utilisation de main d'œuvre salariée. Ainsi, plus le producteur est âgé, moins son revenu sera élevé. L'âge aura donc effet négatif sur le revenu du producteur.

EXP : correspond à l'expérience du producteur. Un producteur qui a une bonne expérience en production cotonnière est sensé avoir de meilleurs rendements que le jeune producteur. De par les connaissances/techniques culturelles acquises tant auprès des parents qu'auprès des services de vulgarisation, le producteur expérimenté améliore sa productivité donc ses rendements. D'où l'expérience en production du coton aura un effet positif sur le revenu.

CPRO : variable binaire qui renseigne sur la participation ou non au CEF. Elle prend la valeur 1 si oui et 0 si non. Le CEF ayant pour objectif l'amélioration des performances technico-économiques des producteurs par la mise en œuvre de divers outils de gestion et de techniques visant l'amélioration des pratiques culturelles, la participation au CEF est supposée augmenter le revenu des paysans. Ainsi, l'effet du CEF sur le revenu serait positif.

TME : correspond à la taille du ménage. Le producteur dont le ménage compte un grand nombre de membres, dispose de ce fait de la main d'œuvre familiale en quantité nécessaire pour l'exécution des activités champêtres, donc ses coûts de production seraient moindres. Toutefois, l'effet de la taille du ménage sur le revenu ne saurait être prédit parce que, un ménage qui compte beaucoup de membres qui ne sont que ou sont en grande partie des non actifs agricoles (enfants et personnes âgées) ne dispose pas de main d'œuvre familiale à exploiter dans son exploitation. Contrairement à un producteur dont tous les membres de son exploitation sont des actifs agricoles, ce dernier n'aura pas peut être besoin autant de main d'œuvre salariée que le premier, il aurait donc des marges brutes meilleures que le précédent. D'où l'effet de la taille du ménage sur le revenu ne sera pas prédéterminé.

ACRED : variable binaire qui informe sur l'obtention du crédit ou non par le producteur. Elle prend la valeur 1 si le producteur a obtenu du crédit et 0 si non. Un producteur qui a reçu de crédit d'une quelconque institution financière pourrait d'une part accroître la superficie qu'il emblave et de l'autre investir dans l'acquisition des matériels agricoles destinés à améliorer son rendement. Donc le crédit est supposé avoir un effet positif sur le revenu.

EDUC : variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur est instruit (c'est-à-dire a fréquenté) et 0 si non. Dans ce cas précis de la mise en œuvre du CEF, le producteur instruit est plus réceptif que celui qui ne l'est pas. Il aura aussi un effet sur le revenu. Son signe prédit est le signe positif.

ACTAG : correspond au nombre d'actifs agricoles dans le ménage des producteurs enquêtés. Plus le nombre d'actifs agricoles est élevé, plus le producteur dispose de main d'œuvre familiale pour la production dans son exploitation. Ainsi, le nombre d'actif agricole est sensé avoir un effet positif sur le revenu du producteur. Le tableau 1 ci-après récapitule les variables introduites dans le modèle.

Tableau 1. Récapitulatif des variables introduites dans le modèle

Variables	Codes	Codage	Unités	Signes attendus
Quantitatives				
Revenu net	RN		F CFA/ha	
Age du producteur	AGE		Année	-
Taille ménage	TME		Nombre de personnes	+/-
Expérience du producteur	EXP		Année	+
Actifs agricoles	ACTAG		Nombre de personnes	+
Qualitatives				
Contact avec un animateur CEF	CPRO	1= Oui		+
		0= Non		
Accès au crédit	ACRED	1= Oui		+
		0= Non		
Education formelle	EDUC	1= Oui		+
		0= Non		

Source : Résultat enquête Septembre-Octobre 2012et Décembre 2016

3 RESULTATS

3.1 STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES VARIABLES INTRODUITES DANS LE MODÈLE

Le Tableau 2 ci-dessous présente les statistiques descriptives des variables introduites dans le modèle économétrique.

Tableau 2. Statistiques descriptives des variables introduites dans le modèle

Variables quantitatives		
Revenu net	80 308 (55 222)	
Age	36 (9)	
Expérience	15 (9)	
Taille du ménage	12 (7)	
Actifs agricoles	6 (4)	
Variables qualitatives (en %)		
Obtention du crédit	Oui	3,6
	Non	96,3
Education formelle	Oui	36,3
	Non	63,8
Contact avec un animateur CEF	Oui	50
	Non	50

Source : Enquête de terrain Septembre-Octobre 2012et Décembre 2016

Les valeurs entre parenthèses correspondent aux écart-types.

De l'analyse de ce Tableau 2, il ressort que l'âge moyen des enquêtés est de trente-six (36) ans avec un écart-type de neuf (09) ans. Le plus jeune est âgé de dix-huit (18) ans tandis que le plus âgé a soixante-cinq (65). Aussi, a-t-il été constaté que les participants au CEF dans la zone d'étude sont essentiellement des jeunes ménages. Moyennement expérimentés (15 ans), les enquêtés ont des ménages composés en moyenne de douze (12) personnes dont six (06) actifs agricoles. 36, 3% d'entre eux ont reçu une éducation formelle. Quant à l'accès au crédit, seuls 3,6% des enquêtés en ont bénéficiés.

3.2 DESCRIPTION DE L'APPROCHE CEF DANS LA ZONE D'ÉTUDE

Le Conseil à l'Exploitation Familiale est une approche participative d'appui aux producteurs. De par son caractère holistique, il est devenu l'approche privilégiée d'encadrement des producteurs à la base. Il est donc utilisé par plusieurs structures tant publiques que privées intervenant dans le domaine d'appui des producteurs. Au Nord-Bénin et plus précisément dans la commune de Banikoara, le Conseil à l'Exploitation Familiale (CEF) a été l'œuvre du Projet d'Appui à la Diversification des Systèmes d'Exploitation (PADSE) et du Projet de Renforcement des Organisations de producteurs de Coton (PROCOTON) jusqu'au moment où, cette étude se réalise. Le CEF tel que mis en œuvre par le PROCOTON, a été objet de la présente étude. Ainsi, la démarche utilisée se résume comme suit.

Etant donné que le CEF opte pour l'approche participative, la première étape de la démarche était la collaboration avec les organisations des producteurs (OP). Dans le cas du CEF PROCOTON, la SNV qui est le partenaire technique et financier a collaboré avec l'Union Communale des Producteurs du Coton (UCPC) de ladite commune ; laquelle collaboration a permis de sélectionner les conseillers CEF qui ont la responsabilité de renforcer les capacités des animateurs paysans (AP), suivre leurs activités et d'appuyer au besoin, directement les auditeurs CEF. Les AP quant à eux, ont pour rôles essentiels l'alphabétisation des producteurs, les former sur la tenue des différents outils de gestion mise en œuvre par l'approche (CEF), déterminer les agrégats, organiser des séances de restitution et les aider à prendre de bonnes décisions. La Figure 2 qui suit schématise la démarche.

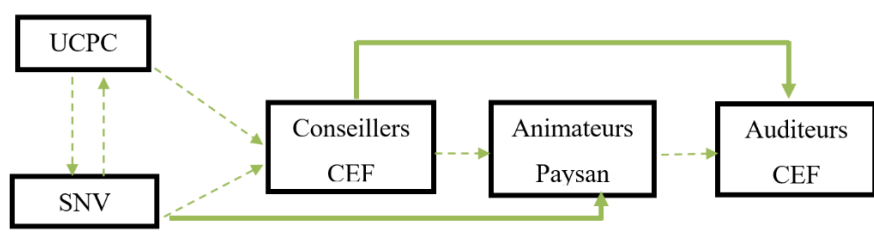


Fig. 2. Schématisation de la démarche de mise en œuvre du CEF par le PROCOTON.

Source : données de terrain Septembre-Octobre 2012 et Décembre 2016

Les animateurs paysans encore appelés animateurs relais reçoivent des formations-recyclages des conseillers qui à leur tour reçoivent des recyclages des partenaires techniques et financiers. Il arrive des fois où les AP sont directement appuyés par l'équipe de Coordination. L'opérationnalisation de la démarche se résume en deux grands modules. Il s'agit du module technique et celui de gestion. Le module technique vise à renforcer les capacités techniques des producteurs à travers l'amélioration de leurs connaissances sur les itinéraires techniques des cultures et d'autres bonnes pratiques culturales (assolement, rotation des cultures, associations, les bonnes dates de semis, les techniques de restauration de la fertilité des sols, etc.). Dans ce module, il existe également un outil technique appelé "plan prévisionnel de campagne", qui consiste à déterminer pour la campagne prochaine les plans de production c'est-à-dire les différentes spéculations à cultiver, les superficies à allouer, les besoins en intrants, en crédit et à programmer les activités de la campagne. Dans le module gestion, plusieurs outils de gestion ont été élaborés. Les plus importants sont le cahier de caisse, le cahier de stock, le cahier d'utilisation de la main d'œuvre, le cahier de culture, la fiche d'exploitation, le tableau de flux mensuels de trésorerie et la restitution technico-économique. C'est sur la tenue de ces outils que les AP appuient les producteurs.

- Le cahier de culture : dans ce cahier, le paysan enregistre toutes les dépenses relatives à chaque culture du début de la campagne jusqu'à la fin. Il y met les dates de semis, les dates des différentes opérations culturales, les quantités de main d'œuvre salariée comme familiale utilisée, la quantité d'engrais et toute autre dépense faite pour cette culture.
- Le cahier de caisse : dans ce journal, toutes les dépenses effectuées par l'exploitant qu'elles soient relatives à l'unité économique (exploitation) ou à celle sociale (ménage) sont enregistrées. C'est cet outil qui est le plus important aux yeux des producteurs parce qu'il leur permet de suivre clairement leurs dépenses. C'est grâce à ce document que les producteurs se rendent compte des gaspillages qu'ils font.
- Le cahier de stock : comme son nom l'indique, la fiche de stock enregistre les quantités des différents intrants utilisés en précisant leur origine et leur destination, les quantités d'outputs pour chaque spéculation. Elle permet, à la fin de la

campagne, d'avoir une idée exacte des quantités d'intrants consommés par culture, les parts de produits consommées, données et restant comme stock.

- La fiche d'exploitation : tous les biens (actifs) et les dettes (passifs) de l'exploitant y sont enregistrés. C'est la fiche qui renseigne sur le patrimoine de l'exploitation.
- Le tableau de flux mensuels de trésorerie (TFMT): ici, le producteur fait le bilan mensuel de ses dépenses et recettes.

L'analyse économique quant à elle consiste à élaborer à la fin de la campagne le bilan, les comptes de résultat afin d'apprécier les marges brutes et nettes dégagées par les producteurs. C'est à ce niveau que se trouve le grand rôle de l'AP, qui doit analyser avec le paysan les différents écarts obtenus et l'aider à en identifier les causes dans le but de lui permettre de prendre les meilleures décisions.

3.3 ANALYSE DE LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DE LA PRODUCTION COTONNIÈRE

La marge nette de la production cotonnière est positive pour l'ensemble des producteurs enquêtés. Elle varie de -64 800 F CFA/ha à 236 000 F CFA/ha et s'établit à une moyenne de 80 308 F CFA/ha (écart-type : 55 223 F CFA/ha). Cette marge nette étant positive, la production cotonnière était donc économiquement rentable. La Figure 3 ci-après présente les marges nettes moyennes pour l'ensemble des producteurs enquêtés selon leur statut (auditeurs CEF et non auditeurs).

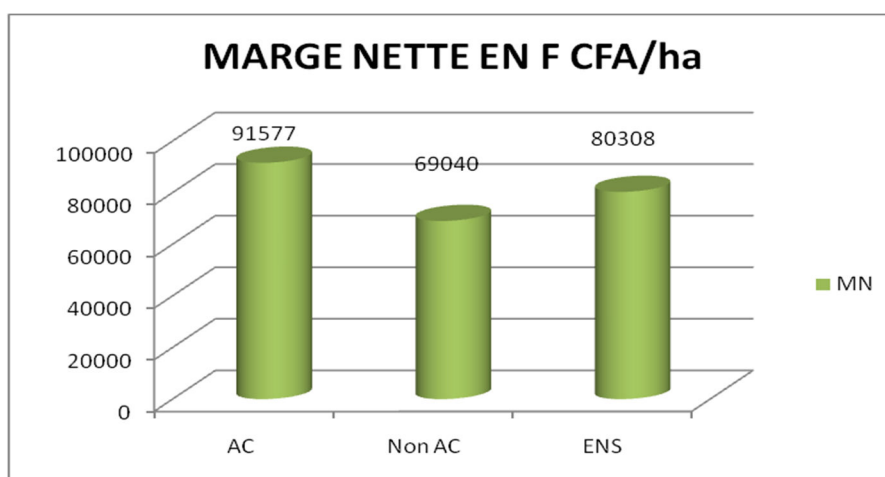


Fig. 3. Distribution de la marge nette par statut d'enquêtés.

Source : Enquête Septembre-Octobre 2012 et Décembre 2016

AC : auditeur CEF ; Non AC/NAC : non auditeur CEF ; ENS : échantillon ou ensemble des enquêtés.

3.4 EFFET DU CEF SUR LA MARGE NETTE DE LA PRODUCTION COTONNIÈRE

Le Tableau 3 présente les résultats du modèle d'estimation de l'effet de l'approche CEF sur la marge nette de production cotonnière.

Tableau 3. Résultats d'estimation du modèle économétrique utilisé

Variables	Coefficients	Erreur -type	Statistique t de Student	Probabilité de signification p
MN (variable dépendante) en FCFA par ha				
Constante	75 583,38**	21 434,25	3,53	0,001
Expérience du producteur	678,14	854,66	0,79	0,42
Age du producteur	-559,99	805,81	-0,69	0,48
Taille du ménage	2 741,06*	1 181,47	2,32	0,02
Actifs agricoles	-4 378,17*	2 115,55	-2,07	0,04
Education formelle	-13 575,7	9 600,0	-1,41	0,15
Accès au crédit agricole	28 232,8	23 484,89	1,2	0,23
Contact avec un animateur CEF	25 294,68**	8 761,81	2,88	0,004
Résultats de signification globale et du pouvoir explicatif du modèle	N=160			
	R ² = 30,5			
	F = 2,20* ; ddl1=152 et ddl2=7 ; p = 0,037			

Source : Enquête Septembre-Octobre 2012 et Décembre 2016

** significatif à 1% ; * significatif à 5%

L'analyse du tableau révèle que le modèle utilisé est globalement significatif au seuil de 5%. De même, le pouvoir explicatif du modèle R² étant égal à 30,5, on en déduit que 30,5% des variations du revenu sont expliquées par les variables explicatives introduites dans le modèle. Les 69,5% restant sont dues aux facteurs difficilement mesurables non introduits dans le modèle comme les facteurs climatiques, l'environnement économique, les fluctuations du marché, etc.

En ce qui concerne les variables introduites dans le modèle, trois sont significatives. Il s'agit, de la taille du ménage, du nombre d'actif agricole et du contact avec un animateur CEF, respectivement significatifs au seuil de 5% et de 1%.

La signification positive de la taille du ménage indique que la marge nette des producteurs augmente avec elle. De ce fait, plus la taille du ménage est grande, plus la marge nette est élevée. A l'opposé, le coefficient du nombre d'actifs agricoles est négativement significatif au seuil de 5%. Alors le nombre d'actifs agricoles a un effet négatif sur la marge nette. Une première analyse pourrait conclure que ce résultat vient en contradiction à l'effet de la taille du ménage. Cependant, cet effet négatif du nombre d'actifs agricoles sur le revenu pourrait s'expliquer par le fait qu'un grand nombre de personnes considérées comme actives selon leur tranche d'âges ne l'étaient plus ou travaillaient moins dans les exploitations cotonnières. En réalité, ce sont les jeunes de 8 à 12 ans, considérés comme non actifs selon leur tranche d'âges et majoritaires dans les ménages qui consacrent plus de temps de travail dans les exploitations. Ce constat est fait lors du semi, du sarclage et de la récolte qui sont des activités culturelles très consommatrices de main-d'œuvre. Ainsi, un nombre élevé d'actifs agricoles ne conduirait pas nécessairement à une efficacité dans l'allocation du travail.

La variable « contact avec un animateur CEF » est positivement significative au seuil de 1%. On en déduit donc que indiquant qu'elle a un effet positif sur la marge nette des producteurs. Lorsqu'on passe d'un producteur auditeur CEF à un autre non auditeur CEF, la marge nette de production cotonnière augmente de 25 294,68 F CFA/ha.

Il a été également constaté au terme de cette étude que le CEF contribue à la maîtrise des coûts d'exploitation par les adoptants. La Figure 4 ci-dessous illustre les différences de coûts par statut d'enquêtés.

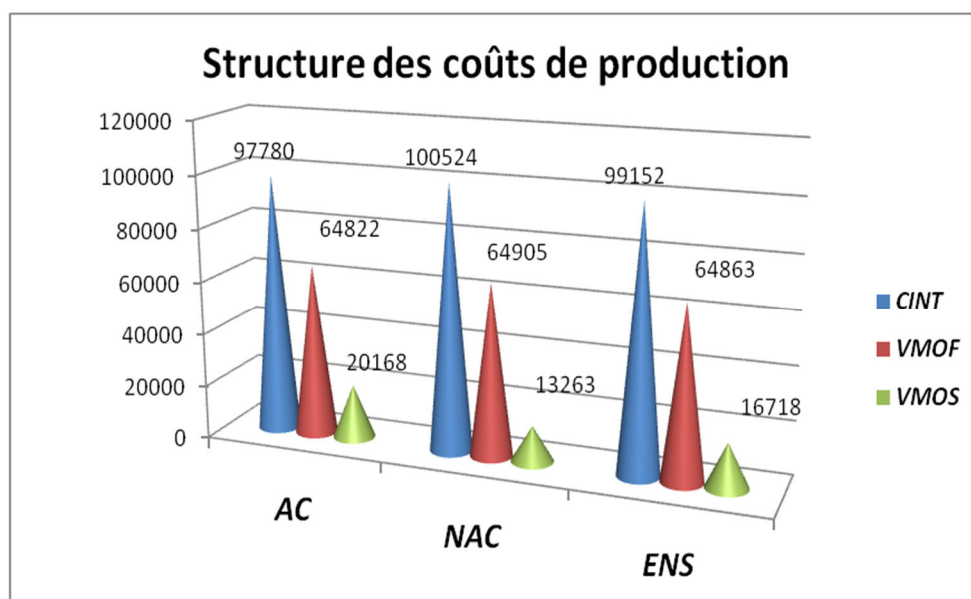


Fig. 4. Structure des coûts des facteurs de production selon le statut des producteurs

Source : Enquête Septembre-Octobre 2012 et Décembre 2016 ;

CINT : coût engrais et pesticides en F CFA/ha ; VMOF : valeur de la main d'œuvre familiale en F CFA/ha ; VMOS : valeur de la main d'œuvre salariée en F CFA/ha.

De l'analyse de cette figure, il ressort que les producteurs dans leur ensemble investissent plus dans l'acquisition des engrais, insecticides et herbicides. Ils dépensent en moyenne quatre-vingt-dix-neuf mille cent cinquante-deux (99 152 FCFA) par ha. Les auditeurs CEF (AC) quant à eux, dépensent 97 780 F CFA par ha tandis que les non AC y mettent 100 524 F CFA. Quand bien même la différence n'est pas significative au seuil de 5%, on note une légère réduction de coût au niveau des auditeurs CEF. Quant à la main d'œuvre familiale comme salariée, elle est utilisée dans les mêmes proportions par tous les producteurs. D'où on conclut que l'effet perceptible du CEF est la réduction des quantités de pesticides utilisés dans la production cotonnière par les AC, qui se traduit par la diminution de leurs dépenses dans la consommation d'intrants, donc la réduction de leur coût de production.

4 DISCUSSIONS

La production du coton permet aux producteurs qui s'y adonnent de dégager une marge nette positive qui s'élève en moyenne à 80 308 F CFA. Cette positivité de la marge nette, dénote ainsi de la rentabilité économique de l'activité. Des résultats similaires à ceux de cette étude ont été obtenus par [38] ; [9] et [37]. En effet, ces auteurs ont conclu que la production du coton est économiquement rentable au Nord du Bénin et au Burkina Faso, à la seule différence que la richesse créée varie d'une zone à une autre. Selon la référence [37], certes, la production cotonnière est économiquement rentable dans la commune de Ouaké, mais la richesse créée est faible comparativement à celle créée dans les autres communes. Par contre, la référence [7] quant à lui conclut que la production cotonnière n'est pas financièrement rentable. Le prix de revient du kilogramme de coton est de 185 F CFA tandis que le prix de vente était de 170 F CFA/kg. Une marge nette de -20 000 F CFA est obtenue par hectare de coton. Pour cet auteur, la motivation des producteurs pour cultiver le coton se base sur les revenus monétaires plus réguliers et en gros et non sur la rentabilité élevée de l'activité. Cette différence de marge nette entre les travaux de [7] et ceux de cette étude pourrait s'expliquer par l'évolution qu'ont connue les prix de vente de coton qui sont passés de 170 F CFA/kg à 250 F CFA/kg au moment de la collecte des données. Les producteurs tirent leur motivation pour la culture du coton non seulement du fait de la régularité des revenus telle signalée par [7], mais aussi à cause des intrants qu'ils obtiennent à travers ce dispositif d'appui au coton qu'ils utilisent sur d'autres spéculations vivrières.

Aussi, a-t-il été constaté à l'issue de cette étude, que le CEF a un effet positif sur la marge nette des producteurs. L'adoption du Conseil à l'Exploitation Familiale fait augmenter de 25 294,68 F CFA/ha la marge nette de la production cotonnière. En d'autres termes, lorsqu'on passe d'un producteur auditeur CEF à un autre non auditeur CEF, la marge nette de production cotonnière augmente de 25 294,68 F CFA. Cette meilleure performance des auditeurs CEF s'explique par le fait que ceux-ci maîtrisent mieux le fonctionnement de leurs exploitations. Etant dans le dispositif de CEF, les producteurs de par la tenue des

outils de gestion (cahier de culture, journal de caisse, fiche de stock, tableau des flux mensuels de trésorerie, etc.) comprennent les mouvements des dépenses de l'exploitation et opèrent des choix judicieux en termes de quantité de facteurs de production à utiliser. Aussi, maîtrisent-ils les dates de semis, améliorent l'itinéraire technique de leurs cultures, ce qui entraîne l'augmentation de leur rendement qui influence en conséquence la marge nette. Les références [39], [8] ont abouti à de tels résultats à l'issue de leur étude d'évaluation du CEF réalisées au Nord-Cameroun. Ils stipulent que le Conseil à l'Exploitation Familiale améliore les processus de prise de décision des producteurs, améliorent leurs rendements et par ricochet leurs revenus agricoles. La référence [9] a quant à lui conclu que le Conseil à l'Exploitation Familiale entraîne l'augmentation des revenus des producteurs adoptants au Burkina-Faso. La référence [10] a lui aussi trouvé que les exploitations agricoles participant au CEF ont des rendements élevés et réalisent des marges nettes importantes. Le CEF a réellement un effet positif sur les performances économiques des producteurs adoptants. De par son caractère holistique, il offre aux producteurs les capacités de faire une analyse globale de son exploitation et donc de prendre de bonnes décisions.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude, il ressort que le conseil à l'exploitation familiale améliore réellement les performances technico-économiques des producteurs. Le CEF a permis à ses auditeurs d'accroître d'une part leur productivité tant en main d'œuvre qu'en capitaux investis, et de l'autre, d'améliorer considérablement leur marge nette par ha, qui est supérieure à celle des non auditeurs de l'ordre de 32%. Ce gain de productivité a induit l'accroissement de revenus qui permettent aux producteurs d'autofinancer leurs activités agricoles et de subvenir aux besoins tant financiers que matériels de leur famille. En d'autres termes, le CEF a permis une amélioration de la situation générale de l'exploitation. Toutefois, on note des contraintes à l'appropriation de l'outil par les producteurs. Leur niveau d'instruction et d'alphabétisation étant bas, ils éprouvent de difficultés d'une part à assimiler les informations données au cours des formations et d'autre part à appliquer les conseils qui leurs sont prodigués. Ils éprouvent également de difficultés à tenir les différents outils de gestion enseignés. L'alphabétisation en langue locale et l'adaptation des outils au niveau d'instruction des producteurs faciliteront l'appropriation et la pérennisation des acquis.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Organisation Néerlandaise de Développement (SNV) pour son appui financier lors de la première phase de la collecte des données pour la production de cet article. Aussi, remercient-ils les producteurs enquêtés pour la qualité des informations fournies et les évaluateurs pour les apports et suggestions.

REFERENCES

- [1] MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche), *Livre blanc sur le conseil agricole au Bénin*, MAEP, Cotonou, Bénin, pp. 67, 2007.
- [2] I. Moumouni, G.S. Nouatin, M.N. Baco, "Du système formation et visites au conseil à l'exploitation agricole familiale au Bénin: rupture ou continuité?", *Cah Agric* **20**: 376-81, 2011.
- [3] P. Gouton, *Évolution des appuis aux producteurs béninois : de la vulgarisation agricole au conseil à l'exploitation familiale*, 2005.
- [4] M. Gafsi, P. Dugué, J. Y. Jamin, J. Brossier, *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre : Enjeux, caractéristiques et éléments de gestion*, Éditions Quæ RD 10, 78026 Versailles Cedex, France, 2007.
- [5] B. Fadegnon, E. Gerrardeux, F. Okry, *Etude des pratiques paysannes et diagnostics des facteurs de variation du rendement des cotonniers*, PARCOB, Composante 1 ; Bibliothèque Numérique Universitaire ; dans Livres et ouvrages de référence, 2002.
- [6] A. Matthes, E. Van Den Akker, D. Chougourou, J. S. Midingoyi, *Compétitivité et durabilité de cinq systèmes culturaux cotonniers dans le cadre de la filière*, ProCGRN/GTZ et MAEP, pp. 206. 2005.
- [7] G. S. Midingoyi, *Analyse des déterminants de l'efficacité de la production cotonnière au Bénin : cas des Départements de l'Alibori et de l'Atacora*, Thèse de Master, Faculté universitaire des sciences Agronomiques, Gembloux, Belgique, pp. 90, 2008.
- [8] N. Ngouambe, "L'expérimentation du conseil à l'exploitation familiale agricole à Akonolinga (centre, Cameroun) : Bilan et perspectives. Colloque SFER "Conseil en agriculture : acteurs, marchés, mutations" 14 et 15 octobre 2010 – AgroSup Dijon, 26 boulevard Docteur Petit Jean 21079 Dijon, France. 2010.

- [9] A. Lalba, *Evaluation de l'impact / effets du conseil aux exploitations familiales dans la zone d'intervention de la SNV*. Rapport d'enquête, Bobo Dioulasso, Burkina-Faso pp. 68, 2010.
- [10] A. Aminou, J. Moutangou, *Evaluation des effets à long terme du Conseil à l'Exploitation Familiale (CEF) : cas des anciens adhérents de PADSE au Bénin*, Rapport d'étude ; (IREEP) ; Bénin, 2010.
- [11] M. E. Adams, "Agricultural extension in developing countries". Intermediate Tropical Agriculture Series. Longman groupe LTD, 1982.
- [12] R. Treillon, *L'innovation technologique dans les pays du sud : Cas de l'agro-alimentaire*, ACCT-CTA-Karthala. Edition Française, 1992.
- [13] G. D. Hansen, E. C. Prescott, "Malthus to Solow". *American economic review*, vol. 92, no. 4, pp. 1205-1217, 2002.
- [14] R. E. Lucas, "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, **22**, 3–42, 1988.
- [15] O. Galor, D. N. Weil, "From Malthusian Stagnation to Modern Growth." *American Economic Review*, **89**(2):150-154, 1999.
- [16] Y. Ngondjeb, P. Nje, M. Havar, "Déterminants de l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion hydrique en zone cotonnière du Cameroun", *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* **64** (1-4), pp. 9-19, 2011.
- [17] C. Roussy, A. Ridier, K. Chaib, "Adoption d'innovations par les agriculteurs : rôle des perceptions et des préférences". *Working Paper SMARTLERECO N°15-03*, 2015.
- [18] C. D. Echaudemaison, F. Bazureau, S. Bosc, J. P. Cendron, P. Combemale, J. P. Faugere, *Dictionnaire d'économie et de science sociale*. Edit. Les préférences NATHAN, France, 1990.
- [19] A. J. Yabi, A. Paraïso, R. N. Yegbemey, P. Chanou, "Rentabilité économique des systèmes rizicoles de la commune de Malanville au Nord-est du Bénin", *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Numéro spécial Productions Végétales & Animales et Economie & Sociologie Rurales*, 2012.
- [20] S. S. Dassou, I. Wade, C. E. Agbangba, "Typologie et rentabilité des systèmes de production laitière à Linguère au Sénégal", *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **11**(5): 2163-2176, 2017.
- [21] K. A. Avonyo, "Effets de différentes doses de carbonate et de sulfate de calcium sur les rendements de l'avoine (*Avena sativa*) et de chou de Chine (*Brassicae sp*)", *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **10**(4): 1617-1625, 2016.
- [22] A. Onzo, M. S. Seidou, N. Zoumarou-Wallis, B. D. Datinon, M. Tamó, "Effets des associations culturales sur la dynamique de population des principaux insectes ravageurs et la production en graines de *Jatropha curcas* L. au Sud-Bénin", *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **10**(3): 993-1006, 2016.
- [23] M. F. Obulbiga, C. A. T. Gava, V. Bougouma, H. O. Sanon, D. Kocty, D. Kiemde, A. Coulibaly, M. Diallo, "Effet du type de bouture de la palme fourragère (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) sur la capacité de reprise et le développement de la plante sous conditions pluviales au Burkina Faso" *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **12**(3): 1199-1207, 2018.
- [24] A. Diagne, *Evaluation de l'impact : synthèse des développements méthodologiques récents*, ADRAO/Conakry, pp 15, 2003.
- [25] A. D. Roy, "Some Thoughts on the Distribution of Earnings". *Oxford Economic Papers, New Series*, **3** (2), pp. 135-146, 1951.
- [26] D. B. Rubin, "Estimating Causal Effects of the Treatments in Randomized and Nonrandomized Studies". *Journal of Educational Psychology*, **66** (5), pp 688 – 701, 1974.
- [27] P. W. Holland, "Statistics and Causal Inference", *Journal of the American Statistical Association*, **81**: 945–970, 1986.
- [28] L. Bassole, *Programme d'infrastructures rurales et bien-être des ménages : analyse en termes d'indicateurs anthropométriques des enfants*, CERDI-CNSR, Université d'Auvergne 65, Boulevard François Mitterrand 63000, Clermont Ferrand, France, 2004.
- [29] D. Rubin, "Assignment to Treatment on the Basis of a Covariate", *J. Educ. Stat.* **2**:1-26, 1977.
- [30] P. R. Rosenbaum, D. R. Rubin, "The central role of the propensity score in observational studies for causal effects", *In Biometrika*. **70**:41-55. *Tradeport, Country-Facts Guinea*, 1983.
- [31] J. Heckman, "Instrumental variables: a study of the implicit assumptions underlying one widely used Estimator for Program Evaluations", *Journal of human resources*. **32**:441-462, 1997.
- [32] J. Wooldridge, "Econometric analysis of cross-section and panel data", *The MIT press, Cambridge, Massachusetts, USA*, pp. 603-644, 2002.
- [33] A. A. Fall, *Impact du crédit sur le revenu des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal*, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure de Montpellier, Université Montpellier I, France ; pp. 357, 2006.
- [34] A. J. Yabi "Analyse des déterminants de la rentabilité économique des activités menées par les femmes rurales dans la commune de Gogounou au Nord-Bénin", *Annales des Sciences Agronomiques*, **14**(2), pp. 221-239, 2010.
- [35] D. W. McBride, H. S. El-Osta, "Impacts of the adoption of genetically engineered crops on farm financial performance", *J. Agric. Appl. Econ.* **34** (1), pp.175-191, 2002.
- [36] B. E. Bravo-Ureta, D. Solis, H. Cocchi, R. E. Quiroga, "The impact of soil conservation and output diversification on farm income on Central American hillside farming", *Agric. Econ.* **35**:271-275, 2005.
- [37] A. Paraïso, A. J. Yabi, A. Sossou, N. Zoumarou-wallis, R. N. Yègbémey, "Rentabilité économique et financière de la production cotonnière à Ouaké au Nord-Ouest du Bénin", *Annales des Sciences Agronomiques* **16** (1), pp. 91-105, 2012.

- [38] C. Kinkpe, *Impact des politiques de prix sur les systèmes de production à base coton: une analyse à partir d'un modèle de programmation mathématique des exploitations agricoles*, Thèse d'Ingénieur Agronome, Université de Parakou, Parakou, Benin, 2011.
- [39] P. Djamen Nana, A. Djonnéwa, M. Havard, A. Legile, "Former et conseiller les agriculteurs du Nord-Cameroun pour renforcer leurs capacités de prise de décision", *Cahiers Agriculture* **12** (4), pp. 241-245, 2003.

Trade Liberalization and Economic Performance in the ECOWAS Zone: A Granger Causality Analysis

Lesfran Sam Wanilo Agbahoungba¹⁻² and Barthélémy Biao¹

¹Economic and Management Research Unit (LAREG), University of Parakou, Benin

²Applied Economics and Finance Research Centre of Thiès (CREFAT), University of Thiès, Senegal

Copyright © 2019 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: Understanding the causal link between trade liberalization and economic performance enables a better analysis of the likely impact of the former on the latter and vice versa. It is also highly important for analyzing the potential of trade liberalization to improve people's well-being in the mid-long term. Thus, this paper seeks to analyze the causal relationship between trade liberalization and economic performance in the ECOWAS zone. The Granger causality approach has been applied to this end on a panel including twelve (12) countries over the period 2000-2017. The results show that trade liberalization does not cause any of the economic performance variables examined in the study. This raises the challenge for economic policy makers to rigorously assess trade agreements and policies and to take into account certain macroeconomic aspects and country-specific characteristics of the West African community.

KEYWORDS: Trade liberalization, Economic performance, Granger causality, ECOWAS.

1 INTRODUCTION

For a long time not well considered in the theories of economic growth, foreign trade or trade policies have regained their importance in economic policies very recently. The main research in the 1980s, including that of endogenous growth theorists such as [1], [2]; [3]; [4]; and [5], established a positive relationship between foreign trade and economic growth. Moreover, since the failure of import-substitution industrialization strategies in developing countries and under the auspices of both the Bretton Woods institutions and the World Trade Organization (WTO), a number of countries have committed themselves to a process of trade liberalization. The prevailing belief is that openness to foreign trade is the privileged channel that is likely to have a positive impact on economic growth. The conclusion of [6] that open economies have grown faster than those that adopted protectionism over the past three decades, has reinforced this widespread belief. In addition, other studies have even demonstrated the positive and significant impact of trade liberalization policies on some variables of economic performance. In fact, trade liberalization promotes the reduction of production costs and thus increases production and consequently job creation. In this respect, liberalization encourages the inflow of foreign direct investment (FDI) as it attracts multi-national companies that are looking for lower production costs [5]. In fine, imports and exports increase.

In this spirit, the Economic Community of West African States (ECOWAS) countries have undertaken a progressive trade liberalization process, mainly under the auspices of the WTO. While respecting the fundamental principle of non-discrimination of the organization, ECOWAS countries also apply Article 24 of the GATT and sign united, bilateral and multilateral trade agreements. In fact, the community is strengthening its regional integration process¹ through the launch of its Common External Tariff (CET)² in 2015. On the other hand, the region has set up and implemented the trade liberalization scheme (ETLS) to facilitate the free movement of goods and services in space. In addition, as a trading bloc and individually, ECOWAS Member

¹ RTAs or regional integration is a step towards multilateral trade liberalization although the debate on the matter is not final. See the concepts of "Building blocks" and "Stumbling blocks".

² According to the ECOWAS website, ETLS is the main tool for trade liberalization in the community.

States have signed and implemented with their EU trading partners, agreements (Economic Partnership Agreements (EPAs)) for the freeing of trade between them. More recently, trade facilitation agreements (TFAs) are under negotiation and/or ratification in some countries in the community.

Thus, ECOWAS shows, through these various trade agreements, its full commitment to free trade or at least with a minimal level of tariff barriers. As a result, tariff levels have fallen sharply since the 1990s. In fact, at around 13% in the beginning of the 2000s, ECOWAS' weighted average tariff is about 9% in 2017 according to World Bank (WDI) data. It is worth noting that average tariffs are even lower in some ECOWAS countries such as Côte d'Ivoire and Senegal, reflecting the region's commitment towards trade liberalization. The main objective is to deepen intra-zone and global trade, increase FDI inflows to the region, reduce unemployment, economic growth and, in fine, economic performance for the countries in the region.

However, the results in terms of economic performance in ECOWAS, despite the implementation of trade policies, are somewhat disappointing or even not very good. In fact, in terms of foreign trade, although ECOWAS recorded a positive trade balance over the period 2000-2017, this balance is mainly due to two countries: Nigeria and Côte d'Ivoire. The report issued by the Central Bank of West African States (BCEAO) in 2016 highlighted that the trade performance observed in the West African Economic and Monetary Union (WAEMU)'s countries was due to the sharp increase in raw materials prices and quantities. The West African region (ECOWAS) is facing a crucial problem of unemployment. According to employment statistics provided by the Penn World Table (PWT 9), on average and over the period 2000-2017, the number of people in employment is about 7 million (6,690,447) out of an estimated population of 350 million inhabitants in 2017. Like the sub-Saharan African developing countries, which attract just the small share of foreign direct investment (FDI) to the world's developing countries, those coming into ECOWAS are mainly geared towards countries such as Nigeria and Côte d'Ivoire. In addition, although ECOWAS countries do not have a significant economic growth problem, it is nevertheless highly unstable and vulnerable to both internal and external shocks.

Some authors have focused on the issue of the relationship between trade liberalization and economic performance in regional blocs in West and Sub-Saharan Africa. They focused on the impact of trade openness on economic growth [7]; regional integration and trade dynamics [8], [9]. Nevertheless, to our knowledge, there is no study evaluating the impact of trade liberalization policies on the performance of the zone. However, given the socio-economic characteristics of ECOWAS countries, before addressing any study on the impact of these trade policies on performance, it is important to analyze the causal relationship that may exist between the two concepts. In other words, do the level of the economic performance variables analyzed in this study have any sensitivity to ECOWAS trade liberalization policies? This is the purpose of this paper, which therefore seeks to determine and analyze whether or not there is a causal relationship between the two phenomena.

The rest of the article is structured as follows. Section 2 presents the theoretical and empirical literature review in relation to the subject, the section 3 is devoted to the methodology adopted, which sets out the theoretical framework of Granger causality and the specification of the model. Section 4 is concerned with the presentation, analysis and interpretation of the results. Section 5 concludes and gives the main economic policy implications.

2 LITERATURE REVIEW

The relationship between foreign trade, trade openness or liberalization and economic performance has been, continues to be a subject of theoretical and empirical debate, and remains a central issue in several countries. Although theoretically, it would be inappropriate to conclude that there is a convergence in findings on this subject, the current trend is a belief in the ability of foreign trade with no barriers to generating economic performance. Since then, countries have been working under the aegis of the World Trade Organization (WTO) to set up and implement trade liberalization policies. The objective is to reduce tariff barriers and non-tariff barriers and then after, to achieve free trade without or with minimized restrictions. Empirically, the conclusions on the effects of trade liberalization policies on economic performance indicators do not converge and vary by country and by methodological approach and estimation techniques employed.

We will therefore examine the theoretical and empirical links between trade liberalization and key economic performance indicators, particularly foreign trade, economic growth, employment and foreign direct investment.

TRADE LIBERALIZATION AND FOREIGN TRADE

The earliest studies that tackled the empirical relationship between these two concepts in the early 1990s were those by [10]; [11]; [12], etc. For most of these studies, trade liberalization promotes an intensification of trade and thus has positive effects on economies. According to [13] and [14], trade liberalization has a positive and significant effect on export growth. In other words, the more a country liberalizes its trade with its partners, the more it increases its exports. [15] found similar results. Based on long-term time series for Pakistan, [16] concluded that trade liberalization stimulates both exports and imports and is therefore beneficial to Pakistan's trade balance. The author argues for further trade liberalization for that

country. Addressing Mercosur countries, [17] found arguments supporting the positive relationship between trade liberalization and trade growth. The authors use long time series and find strong long-term relationships between tariffs and imports only from the 20th century onwards. They conclude that the trade liberalization implemented by Latin American countries under the auspices of the WTO and Mercosur is key to the trade performance achieved. However, for other authors, trade liberalization is not a panacea for trade growth. Even more so, it can even be a source of a worsening trade balance, particularly in developing countries. For example, [18]; [19]; [13]; etc. have shown that trade liberalization has different effects on imports and exports, the former growing faster than the latter sometimes leading to transitional trade imbalances. There is little and sometimes very mixed evidence about the relationship between trade liberalization and trade [10], [14]. This asymmetric and diverse impact of trade liberalization on exports, imports and the trade balance is because studies differ in terms of periods, estimation techniques, databases, theoretical models and trade liberalization indicators [16]. For WAEMU countries, [8] analyzed the role of the WAEMU's Common External Tariff (CET) in the external performance of the WAEMU's countries. He concludes that WAEMU's countries are not benefiting from the positive effects of trade liberalization. Moreover, the trade liberalization measured by the CET has not contributed to the improvement of the trade balance in these countries. In a recent comparative work involving developed and developing countries, [20] found Presbich and Singer's conclusions whose interpretations are well synthesized by [21]. According to them, while trade liberalization is beneficial for developed economies by increasing their specialization, this is not the case for developing economies. Trade liberalization has led developing economies to impoverishing specializations that do not promote growth. [22], in an African Development Bank (AfDB) study covering 28 African countries, pointed out that even if trade liberalization leads to an increase in export volumes, import volumes grow more rapidly, leading to a deterioration in the trade balance.

TRADE LIBERALIZATION AND ECONOMIC GROWTH

The conclusions regarding the empirical relationship between trade liberalization and economic growth can be categorized into two main groups. For the first category, the authors found a positive and significant relationship between the two concepts. For example, in 1978, Balassa had already shown, through his research on 11 developing countries over the period 1960-1973, that exports have a positive impact on the economy. The same conclusion can be drawn from [23] that, the increasing growth of exports leads to an increase in the growth rate. According to [24], the positive relationship between trade policies and economic growth is based on three assumptions: (i) positive relationship between export growth, total factor productivity growth and market size growth, (ii) the reduction of costs resulting from competitive pressures related to exports and (iii) the easing of restrictions on the exchange rate regime and the wide variety and availability of non-substitutable import goods, including inputs, semi-finished products and capital. In [25]'s view, openness to international trade as well as other factors such as the devaluation of the real exchange rate, exchange rate stability could contribute to an improvement in economic performance in several countries. Investment is the channel through which the opening-up to international trade affects positively on economic growth. The results by [26] indicate that there is a positive relationship between openness and economic growth. The positive impact on trade openness on growth was also confirmed by [27], [28]. According to [29], trade liberalization has led to short-term and long-term growth. For the latter, on the contrary, trade liberalization does not generate economic growth. [30] concluded that there is a lack of a robust relationship between openness and economic growth. In their paper, [31] found that liberalized economies have not experienced as much as a proportional increase in their exports relative to their imports. This leads [32] to conclude that trade liberalization in developing countries apparently leads to a deterioration in the trade account. Studies on some Asian countries have shown that there is no long-term relationship between trade liberalization and growth [33]. According to [34], although trade liberalization is a key variable for long-term growth, its correlation with growth is indirect. In their research on 21 African countries, [35] found little evidence to support the hypothesis of strong trade-dependent growth. [36] found similar results when investigating trade liberalization efforts in Kenya, Tanzania and Uganda.

TRADE LIBERALIZATION AND JOBS

Empirically, [37] carried out a study on trade and unemployment in twenty (20) OECD countries. They concluded that greater trade openness would lead to lower unemployment rates. If the results seem more or less homogeneous with developed countries, the reality is not straightforward with developing countries. On the other hand, [38] carried out a Granger non-causality analysis between trade liberalization and several other variables, including employment in Malaysia. Their findings indicate that trade liberalization can increase the overall productivity of differentiated sectors, increase the efficiency of economic performance and also increase employment opportunities for both skilled and unskilled labor. [39] examined the empirical relationship between trade liberalization and the national unemployment rate in Nigeria over the period 1970-2010. Their findings reveal that, while total production and per capita income improve employment levels, trade liberalization policies lead to an increase in long-term unemployment. [40], on their side, highlighted the relationship between unemployment and trade reforms in India. They found no evidence between the decline in unemployment and trade policies. In addition, the

authors concluded that the decreasing level of unemployment in urban areas is due to trade liberalization in states with labor market flexibility; and that, as a result, employment opportunities in those states are increasing. In the case of Bangladesh, [41] applied a VECM (Vector Error Correction Model) to determine the relationship between trade openness and the level of employment. Their conclusion is similar to that of [39]. For them, trade liberalization merely leads to an increase in the unemployment rate in Bangladesh. [42] analyzed the relationship between the evolution of the trade balance, as a result of trade liberalization policies, and the national unemployment rate in Jordan over the period 2000-2012. He concluded that there is no long-term relationship between the two phenomena.

TRADE LIBERALIZATION AND FOREIGN DIRECT INVESTMENT (FDI)

Several authors have examined the issue of the main determinants of foreign direct investment (FDI) flows to regional blocs, particularly in the early 2000s.

[43] found in his study of 71 sub-Saharan African and emerging non-ASS countries over the period 1988-1997 that trade openness favors an increase in inward FDI flows to sub-Saharan African countries. Similarly, [44] concluded that, in addition to stimulating FDI inflows for 16 Asian countries, bilateral trade agreements attract more FDI than standard trade liberalization. In reviewing the cases of 23 developing countries, [45] concluded that the inflow of FDI is not increasing in countries with restrictive trade and investment regimes. For [46], the positive impact of trade liberalization on FDI depends on whether the country is developed, emerging or developing. The effect is generally positive for the former and second groups of countries, but for the latter groups of countries, the effect is ambiguous. In the case of India, trade liberalization has had a positive impact on the increase in FDI according to [47]'s findings obtained from their research on 78 Indian companies. Their findings are similar to those found by [48] in their research involving 54 countries in Latin America, Africa and Asia over the period 1990-2000. However, the authors note that the effect was greater for smaller economies than for emerging economies. For West African countries, [49] have determined the main drivers of FDI inflows to ECOWAS. Based on a dynamic panel estimated with the Generalized Moments Method (GMM), they concluded that the attractiveness of the region to FDI depends on several factors, including the opening-up of the economy to the world, which have a positive and significant influence on FDI flows. In fact, according to the findings of [50], the key factors in ECOWAS' attractiveness to FDI are financial development, governance and market size. Therefore, the empirical relationship of the impact of trade liberalization on FDI could therefore be dependent on the methodology and estimation techniques employed. By conducting a dynamic analysis of the determinants of FDI in ECOWAS with methodology that is more robust and estimation techniques³, [51] found a conclusion almost similar to that of [50]. Thus, in ECOWAS, there is little evidence that trade liberalization causes the inflow of FDI. More likely, [52] also investigated the factors affecting FDI in the countries of the West African Economic and Monetary Union (WAEMU). The author finds the traditional results found. In other words, trade openness, public investment rate, human capital are the main determinants for attracting FDI to the region. By focusing on Sub-Saharan Africa, [53] found that trade dynamics are one of the major factors affecting the inflows of FDI. The authors therefore suggest a reduction of transaction costs, an improvement in the predictability of economic policies on this subject, and therefore a trade liberalization to attract FDI to these countries. Similarly, [54] argue that, amongst several other factors that could lead to FDI inflows, trade liberalization is of prime importance for Sub-Saharan African countries. In their work on a range of emerging countries, [55] sought to verify the assertion that trade liberalization promotes increased foreign direct investment. According to their findings, they confirmed the hypothesis. In other words, both trade and investment regime liberalization have had positive and significant effects on the FDI inflow to the countries in question⁴. This is mainly due to the reduction in tariffs and the flexible investment regime towards foreigners. Moreover, among the factors explaining the FDI inflow to Iran during the period 1980-2006 includes the trade opening[56]. Thus, over this period, the trade policies implemented by this country benefited the country in that it experienced a significant increase in inward FDI.

In a nutshell, the empirical evidence on the relationship between trade liberalization and economic performance is not straightforward in their findings. These vary and depend on the authors, the methods and estimation techniques employed and on the level of development of the countries studied. However, while most of this work has analyzed the impact of liberalization on economic performance variables, which can be positive, negative or neutral depending on the case, there is a research gap relating to the causal relationships between the two phenomena. This is even more visible when one focuses on developing countries in sub-Saharan Africa, particularly those in West Africa.

³ In this review article, the authors employed a dynamic panel with the Least Square Estimator with Bias-Corrected Binary Variables (LSDVC)

⁴ In Shah and Khan's (2016) paper, these emerging countries include Brazil, China, India, Mexico, Russia and Turkey.

3 METHODOLOGY

3.1 THEORETICAL FRAMEWORK

On the theoretical level, a good understanding of economic phenomena requires a good knowledge of the causal relationships that may exist between them. Thus, as [57] pointed out, it is very crucial to know the meaning of causality, beyond highlighting the relationship between economic variables.

The most popular causality test is Granger causality test. Causality was introduced into the economic analysis by two authors, Weiner in 1956 and Granger in 1969. This notion relies essentially on two principles:

- The principle of anteriority: the cause precedes the effect or it is contemporary with it;
- The causal distribution contains information on the effect that is not contained in any other distribution in the sense of the conditional distribution.

According to Granger (1969), the variable Y_{2t} is the cause of Y_{1t} if the predictability of Y_{1t} is improved when information about Y_{2t} is introduced into the analysis. In other words, Y_t causes X_t implies that it is preferable to predict X_t based on knowing Y_t . The non-availability of information related to Y_t is a source of bias that can affect the prediction of X_t . Empirically, to test the X_t hypothesis "Granger cause" Y_t , the variable Y_t is regressed on the lagged values of the variable Y_t and on the values of the variable X_t . The procedure remains the same for the Y_t hypothesis "Granger cause" X_t . However, the order of the variables will have to be taken into account. Based on the existing empirical literature discussed in the previous section and in accordance with the purpose hereof, the bivariate model could be presented as follows:

$$\text{Economic performance} = f(\text{Trade liberalization}) \quad (1)$$

More specifically, in the mathematical expression, it consists of four (04) equations to estimate, namely:

$$\begin{aligned} Pib_pc_{it} &= \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_{1k} Pib_pc_{it-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{2k} Libcom_{it} + e_{1it} \\ Emp_{it} &= \theta_0 + \sum_{k=1}^p \theta_{1k} Emp_{it-k} + \sum_{k=1}^p \theta_{2k} Libcom_{it} + e_{2it} \\ Ide_{it} &= \rho_0 + \sum_{k=1}^p \rho_{1k} Ide_{it-k} + \sum_{k=1}^p \rho_{2k} Libcom_{it} + e_{3it} \\ Bc_{it} &= \delta_0 + \sum_{k=1}^p \delta_{1k} Bc_{it-k} + \sum_{k=1}^p \delta_{2k} Libcom_{it} + e_{4it} \end{aligned}$$

Where Pib_pc_{it} and Emp_{it} represent respectively the gross domestic product per capita (variable indicating economic growth) and the level of employment of the country i at date t ; Ide_{it} and Bc_{it} indicate the FDI inflows and the trade balance of the country i at date t ; finally, $Libcom_{it}$ represents average tariffs in ECOWAS (variable indicating trade liberalization).

3.2 DESCRIPTION OF VARIABLES AND DATA SOURCES

In this research, trade liberalization is approximated by the weighted average of the applied tariff rate. As for the economic performance variable, it is controversial. The choice of an appropriate indicator is a subject of debate in the economic literature. In general, economic performance can be appropriately approximated by GDP if the horizon is relatively short [58]. Following the discussion made earlier in the introduction and in line with the objectives of this research, five key variables of economic performance have been selected, mainly: (i) Economic growth: the sustainable increase in an economy's overall production. According the report by Stiglitz-Sen-Fitoussi (2009)'s Commission, the GDP per capita indicator is used to analyze a country's economic performance, (ii) Investment: In this paper, we refer to foreign direct investment (FDI). The motivation for this choice is that, in the sphere of the international economy, trade liberalization, by reducing trade transaction costs, promotes a sharp FDI inflow that is seeking efficiency [54]. In addition, this study only focuses on inward FDI flows because the economic performance of developing countries is more sensitive to inward FDI than to outward FDI. Moreover, in the case of developing countries, outward FDI is relatively negligible compared to inward FDI; (iii) Unemployment: the number of people engaged in paid work. Since trade liberalization is associated with an intensification of inward FDI flows, high delocalization of firms to more profitable regions, it contributes to an increase in the level of employment through the creation of enterprises; (iv) Commerce international: international trade has been taken into account through the trade balance, which is the difference between exports and imports. it captures both the trade dynamics and the state of a country's productive system and competitiveness as a result of trade liberalization. The table below provides a description of the variables and their sources. In addition, it presents the proxies employed for each variable.

Table 1. Variable description and data sources

Variables	Indicators	Sources
Economic growth	PIB per capita	WDI, World Bank
Emploi	Number of people employed	PWT 9.0
Investment	FDI, Inward	UNCTAD
Trade	Trade Balance	Perspective monde, World Bank

Source: Author

4 RESULTS

This section presents both the analysis procedures and the results of the various tests completed. The first test is the unit root test. The results of the IPS test (Im-Pesaran-Shui) are recorded in Table 2. Then, the Spearman rank test to test the correlation relationship between the variables. The results obtained for the ECOWAS region are summarized in Table 3. Finally, Table 4 summarizes the results after the Granger causality test.

4.1 RESULTS OF THE UNIT ROOT TESTS

Table 2. Results of stationarity tests

IPS				
Variables	t-stat	p-value	Options	Decision
LIBCOM	-3,91736	0,0000	Trend and Intercept	I(0)
EMP	-6,56394	0,0000	Trend and Intercept	I(1)
PIB_PC	-5,32042	0,0000	Trend and Intercept	I(1)
IDE	-1,79558	0,0363	Trend and Intercept	I(0)
BC	-1,80636	0,0354	Trend and Intercept	I(0)

Source: Author

The above table presents the results of the stationarity tests performed on the variables. The test used here is the Im, Pesaran and Shui (IPS) test. The most appropriate model for each of the variables is the one presenting the trend and intercept. From the results of the test, it appears that the trade liberalization (libcom), foreign direct investment (FDI) and trade balance (BC) variables are stationary at level. This is because the probabilities (p-value) associated with the coefficients of these variables are lower than the 5% threshold. Therefore, these three variables are considered zero-order integrated (I(0)). On the contrary, the other variables representing respectively the employment level (emp) and the gross domestic product per capita (gdp_pc) are not stationary at level because their p-value is greater than 0.05. However, they become stationary at first difference. Their p-values become zero respectively, which implies that they are stationary. In this case, the variables emp and pib_pc are stationary in first difference and therefore integrated in order 1 or I(1). Before proceeding with the analysis of the causal relationship between trade liberalization and economic performance variables, it is important to analyze the correlation between the variables. To this end, the Spearman correlation rank test is employed. It is a non-parametric hypothesis test. Threshold is 5%. The table below synthesizes the correlation results between the selected variables.

4.2 CORRELATION RELATIONSHIP BETWEEN VARIABLES

Table 3. Spearman correlation rank results

Variables	PIB_PC	EMP	IDE	BC
CEDEAO				
LIBCOM	-0,2779	-0,4454	-0,3619	0,2395
Significativité	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005

Source: Author

The table above helps to analyze the correlations between the variables considered in this study. This is mainly the trade liberalization indicator variable and the economic performance variables considered, namely: GDP per capita, employment, FDI, and the trade balance. The above table presents the summary of the results, with details in the appendix. At ECOWAS level as a whole, the results reveal the existence of significant correlative relationships between trade liberalization and economic

performance. In fact, the significance associated with each correlation coefficient is lower than the 5% threshold. The value $R = -0.2779$ reveals a strong negative correlation relationship between trade liberalization and ECOWAS GDP per capita. The analysis remains similar for the relationship between trade liberalization and employment, FDI. The correlation relationship between trade liberalization and these variables is significant and negative. This means that trade liberalization and economic performance variables are moving in the opposite direction. An increase in the applied tariff would be associated with a decrease in these variables and vice versa. The correlation is average and positive for trade liberalization and the trade balance. This means that these two variables are moving in the same direction. An increase in the applied tariff would be followed by an increase in the balance of trade and vice versa. Since correlation does not necessarily mean causality, we test the Granger causal relationship for these different variables.

4.3 RESULT OF GRANGER CAUSALITY

Table 4. Results of the Granger causality between trade liberalization and economic performance variables

Null hypothesis	F-Statistic	Probability
H1: Trade liberalization does not cause GDP per capita	0.68709	0.5044
H2: Trade liberalization does not cause Employment	1.99743	0.1388
H3: Trade liberalization does not cause FDI inflows	2.46468	0.0878
H4: Trade liberalization does not cause the trade balance	0.21064	0.8103

Source: Author based on estimates

The table below summarizes the results of the Granger causality. In relation to the objective of the paper, four (04) null hypotheses have been tested. The first hypothesis tested is this: "trade liberalization does not cause GDP per capita". According to H1's results, the probability of the test is equal to 0.5044, i.e. greater than 5%. Therefore, we cannot reject the null hypothesis. The null hypothesis is therefore accepted and it is concluded that trade liberalization does not cause GDP per capita in ECOWAS' countries. In other words, previous information on trade liberalization does not improve the prediction of GDP per capita in ECOWAS countries. It is therefore impossible to predict any economic growth based on trade liberalization in these countries. The second hypothesis is formulated as follows: "trade liberalization does not cause employment". Similar to the previous result, the probability of the test is equal to 0.1388, higher than the threshold of 0.05. We then accept the null hypothesis and conclude that trade liberalization does not cause the employment in the countries of the West African community. Previous information on the level of trade liberalization is not a better predictor of employment in this region. In other words, the employment cannot be predicted based on information on tariff liberalization in this regional block. The results are slightly different with H3, according to which "Trade liberalization does not cause inward FDI". In fact, the probability associated with the Granger causality test is equal to 0.08788, i.e. greater than 5%. Thus, at the 5% threshold, we cannot reject the null hypothesis. We then accept the null hypothesis and conclude that trade liberalization does not cause inward FDI into ECOWAS. This means that a better forecast of FDI inflows to ECOWAS countries cannot be made based on previous information on trade liberalization. At the 5% threshold and all other things being equal, the volume of inward FDI cannot be predicted from trade liberalization. However, at the 10% threshold, the results of the causality show that trade liberalization causes the value of incoming FDI in this area. The last hypothesis is H4 "Trade liberalization does not cause the balance of trade balance". The result is similar to the previous ones. In fact, the probability of the test (0.8103) is greater than 5%. Thus, we accept the null hypothesis. Trade liberalization policies do not cause the balance of trade in ECOWAS. In other words, the current level of trade liberalization is not a good predictor of the trade balance in the ECOWAS region. In summary, trade liberalization policies measured by tariffs do not cause the economic performance of ECOWAS countries. In other words, there is no Granger causal relationship between trade liberalization and economic performance in these countries. This shows a disconnection between trade policies and real aspects of the domestic economies of these countries. In such a context where there is no causal relationship, it is unlikely that trade liberalization policies serve as a source of economic performance for ECOWAS countries. In addition, this non-causality could well explain the previous results found by [59]; [60]. For these authors, the countries of the Economic and Monetary Community of Central Africa (CEMAC) and ECOWAS do not benefit or do not enjoy the positive effects of trade liberalization policies.

5 CONCLUSION

The aim of this paper was to do a Causal Analysis on trade liberalization and economic performance in ECOWAS over the period 2000-2017. The weighted average tariff indicator was applied to capture trade liberalization, unlike the traditional trade ratio indicator. As for economic performance, it is approximated by GDP per capita as pointed out by the Stiglitz's Commission in 2009. In addition, the analysis of performance has also been extended to include key macroeconomic variables such as trade balance, employment and inward FDI. In this paper, the Granger causality has been used. The results show that, over the period

of the study, liberalization policies do not cause any economic performance variables in ECOWAS. In other words, *ceteris paribus*, one cannot expect a change in economic performance for ECOWAS countries based on trade liberalization. This result invites policy makers to reassess trade liberalization policies to better anchor them in the economic and social context of these countries in order to benefit from the positive effects of trade liberalization. This suggestion is of crucial importance for these countries at a time when liberalization at continental level, precisely the Continental Free Trade Area (ZLEC), is in the process of negotiation at a relatively advanced stage.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are thankful to Pr. Ibrahima Thiam who has read the preliminary version of this paper. We also thank the anonymous referees for their contributions.

REFERENCES

- [1] G. M. Grossman and E. Helpman, "Quality ladders in the theory of growth," *Rev. Econ. Stud.*, vol. 58, no. 1, pp. 43–61, 1991.
- [2] G. M. Grossman and E. Helpman, "Trade, knowledge spillovers, and growth," *Eur. Econ. Rev.*, vol. 35, no. 2–3, pp. 517–526, 1991.
- [3] L. A. Rivera-Batiz and P. M. Romer, "Economic Integration and Endogenous Growth," *Q. J. Econ.*, vol. 106, no. 2, p. 531, May 1991.
- [4] P. M. Romer, "Increasing Returns and Long-Run Growth," *J. Polit. Econ.*, vol. 94, no. 5, pp. 1002–1037, Oct. 1986.
- [5] P. Krugman, "The role of geography in development," *Int. Reg. Sci. Rev.*, vol. 22, no. 2, pp. 142–161, 1999.
- [6] A. Vamvakidis, "Regional trade agreements or broad liberalization: which path leads to faster growth?," *IMF Staff Pap.*, vol. 46, no. 1, pp. 42–68, 1999.
- [7] P. Zahonogo, "Trade and economic growth in developing countries: Evidence from sub-Saharan Africa," *J. Afr. Trade*, vol. 3, no. 1–2, pp. 41–56, Dec. 2016.
- [8] B. Biao, "Libéralisation commerciale et performance extérieure dans les Pays de l'UEMOA," *Afr. Integr. Dev. Rev.*, vol. 10, pp. 133–151, 2017.
- [9] L. Dramani and O. Laye, "Impact du Commerce bilatéral Intra-Zone dans la zone UEMOA et CEMAC: Approche par les VAR Structurels," 2007.
- [10] J. D. Ostry and A. K. Rose, "An empirical evaluation of the macroeconomic effects of tariffs," *J. Int. Money Finance*, vol. 11, no. 1, pp. 63–79, 1992.
- [11] D. Greenaway and D. Sapsford, "What does liberalisation do for exports and growth?," *Weltwirtschaftliches Arch.*, vol. 130, no. 1, pp. 152–174, 1994.
- [12] M. R. Agosin, "Réforme des politiques commerciales et performances économiques: un panorama de la question et quelques éléments d'appréciation préliminaires," *Rev. Tiers Monde*, pp. 499–520, 1994.
- [13] A. U. Santos-Paulino, "Trade liberalisation and export performance in selected developing countries," *J. Dev. Stud.*, vol. 39, no. 1, pp. 140–164, 2002.
- [14] J. Ju, Y. Wu, and L. Zeng, "The impact of trade liberalization on the trade balance in developing countries," *IMF Staff Pap.*, vol. 57, no. 2, pp. 427–449, 2010.
- [15] N. Ahmed, "Export response to trade liberalization in Bangladesh: a cointegration analysis," *Appl. Econ.*, vol. 32, no. 8, pp. 1077–1084, 2000.
- [16] M. Zakaria, "Effects of trade liberalization on exports, imports and trade balance in Pakistan: A time series analysis," *Prague Econ. Pap.*, vol. 23, no. 1, pp. 121–139, 2014.
- [17] S. Nenci and C. Pietrobelli, "Does Tariff Liberalization Promote Trade? Latin America in the Long Run (1900–2000)," CREI Working Paper, 2007.
- [18] G. Bertola and R. Faini, "Import demand and non-tariff barriers: the impact of trade liberalization: an application to Morocco," *J. Dev. Econ.*, vol. 34, no. 1–2, pp. 269–286, 1990.
- [19] A. Santos-Paulino and A. P. Thirlwall, "The impact of trade liberalisation on exports, imports and the balance of payments of developing countries," *Econ. J.*, vol. 114, no. 493, pp. F50–F72, 2004.
- [20] Y. Kurihara and A. Fukushima, "Openness of the Economy, Diversification, Specialization, and Economic Growth," *J. Econ.*, vol. 4, no. 1, pp. 31–38, 2016.
- [21] J. F. Toye and R. Toye, "The origins and interpretation of the Prebisch-Singer thesis," *Hist. Polit. Econ.*, vol. 35, no. 3, pp. 437–467, 2003.
- [22] L. Kassim, "The impact of trade liberalization on export growth and import growth in Sub-Saharan Africa," in *Regional Integration and Trade in Africa*, Springer, 2015, pp. 47–68.

- [23] A. O. Krueger, "Liberalization, direction of bias, and economic growth," in *Liberalization attempts and consequences*, NBER, 1978, pp. 277–300.
- [24] M. Nishimizu and S. Robinson, "Productivity growth in manufacturing," *Ind. Growth Comp. Study*, pp. 283–308, 1986.
- [25] D. Dollar, "Outward-oriented developing economies really do grow more rapidly: evidence from 95 LDCs, 1976-1985," *Econ. Dev. Cult. Change*, vol. 40, no. 3, pp. 523–544, 1992.
- [26] A. Harrison, "Openness and growth: A time-series, cross-country analysis for developing countries," *J. Dev. Econ.*, vol. 48, no. 2, pp. 419–447, 1996.
- [27] L. Edwards, "Has South Africa liberalised its trade?," *South Afr. J. Econ.*, vol. 73, no. 4, pp. 754–775, 2005.
- [28] J. A. Frankel and D. Romer, "Does Trade Cause Growth?," *Am. Econ. Rev.*, vol. 89, no. 3, pp. 379–399, Jun. 1999.
- [29] M. Brückner and D. Lederman, *Trade Causes Growth in Sub-Saharan Africa*. The World Bank, 2012.
- [30] F. Rodríguez and D. Rodrik, "Trade Policy and Economic Growth: A Skeptic's Guide to the Cross-National Evidence," *NBER Macroecon. Annu.*, vol. 15, pp. 261–325, Jan. 2000.
- [31] A. Parikh and C. Stirbu, "Relationship between trade liberalisation, economic growth and trade balance: an econometric investigation," 2004.
- [32] J. Semančíková, "Trade, trade openness and macroeconomic performance," *Procedia-Soc. Behav. Sci.*, vol. 220, pp. 407–416, 2016.
- [33] P. Sarkar and A. S. Girons, "La libéralisation des échanges a-t-elle un impact sur la croissance ? Les expériences de l'Inde et de la Corée," *Rev. Tiers Monde*, vol. 184, pp. 907–927, 2005.
- [34] M. N. Eriş and B. Ulaşan, "Trade openness and economic growth: Bayesian model averaging estimate of cross-country growth regressions," *Econ. Model.*, vol. 33, pp. 867–883, Jul. 2013.
- [35] K. Menyah, S. Nazlioglu, and Y. Wolde-Rufael, "Financial development, trade openness and economic growth in African countries: New insights from a panel causality approach," *Econ. Model.*, vol. 37, pp. 386–394, Feb. 2014.
- [36] D. M. Read and K. A. Parton, "Economic deregulation and trade liberalization in Kenya, Tanzania and Uganda: growth and poverty," *J. Econ. Issues*, vol. 43, no. 3, pp. 567–586, 2009.
- [37] G. Felbermayr, J. Prat, and H.-J. Schmerer, "Trade and unemployment: What do the data say?," *Eur. Econ. Rev.*, vol. 55, no. 6, pp. 741–758, 2011.
- [38] N. Loganathan, M. N. Sukemi, and M. Kogid, "Dynamic causal relationship between trade balance and unemployment scenario in Malaysia: granger non-causality analysis," *Econ. Finance Rev.*, vol. 1, no. 3, pp. 13–20, 2011.
- [39] I. D. Nwaka, K. E. Uma, and G. Tuna, "Trade openness and unemployment: Empirical evidence for Nigeria," *Econ. Labour Relat. Rev.*, vol. 26, no. 1, pp. 117–136, 2015.
- [40] R. Hasan, D. Mitra, P. Ranjan, and R. N. Ahsan, "Trade liberalization and unemployment: Theory and evidence from India," *J. Dev. Econ.*, vol. 97, no. 2, pp. 269–280, 2012.
- [41] M. I. Hossain, F. Tahrim, M. S. Hossain, and M. M. Rahman, "Relationship between trade openness and unemployment: empirical evidence for Bangladesh," *Indian J. Econ. Dev.*, vol. 6, no. 8, Aug. 2018.
- [42] M. Alawin, "Trade balance and unemployment in Jordan," *Eur. Sci. J. ESJ*, vol. 9, no. 7, 2013.
- [43] E. Asiedu, "On the determinants of foreign direct investment to developing countries: is Africa different?," *World Dev.*, vol. 30, no. 1, pp. 107–119, 2002.
- [44] N. N. Binh and J. Haughton, "Trade liberalization and foreign direct investment in Vietnam," *ASEAN Econ. Bull.*, pp. 302–318, 2002.
- [45] P. Basu, C. Chakraborty, and D. Reagle, "Liberalization, FDI, and growth in developing countries: A panel cointegration approach," *Econ. Inq.*, vol. 41, no. 3, pp. 510–516, 2003.
- [46] T. Addison and A. Heshmati, *The new global determinants of FDI flows to developing countries: The importance of ICT and democratization*. WIDER Discussion Papers//World Institute for Development Economics (UNU-WIDER), 2003.
- [47] B. Goldar and R. Banga, "Impact of trade liberalization on foreign direct investment in Indian industries," ARTNeT Working Paper Series, 2007.
- [48] D. Greenaway, D. Sapsford, and S. Pfaffenzeller, "Foreign direct investment, economic performance and trade liberalisation," *World Econ.*, vol. 30, no. 2, pp. 197–210, 2007.
- [49] A. Diaw and D. C. Guidime, "Une tentative d'explication des flux d'Investissements Directs Etrangers dans les pays de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO)," *Rev. Econ. Monet.*, vol. 11, pp. 11–26, 2012.
- [50] E. Aho, "Les déterminants des investissements directs étrangers dans la Communauté des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO)," *Rev. D'Economie Théorique Appliquée*, vol. 3, no. 2, pp. 159–178, 2013.
- [51] A. Diaw and D. C. Guidime, "Une analyse dynamique des déterminants des investissements directs étrangers dans les pays de la Communauté Économique Des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO)," *Can. J. Dev. Stud. Can. Détudes Dév.*, vol. 34, no. 1, pp. 37–53, 2013.
- [52] P. Dje, "Les determinants des investissements directs etrangers dans les pays en developpement: leçons pour l'UEMOA. Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest. Document d'Etude et de Recherche, No," *Doc. D'Etude Rech.*, 2007.

- [53] F. L. Bartels, F. Napolitano, and N. E. Tissi, "FDI in Sub-Saharan Africa: A longitudinal perspective on location-specific factors (2003–2010)," *Int. Bus. Rev.*, vol. 23, no. 3, pp. 516–529, Jun. 2014.
- [54] G. Okafor, J. Piesse, and A. Webster, "The motives for inward FDI into Sub-Saharan African countries," *J. Policy Model.*, vol. 37, no. 5, pp. 875–890, Sep. 2015.
- [55] M. H. Shah and Y. Khan, "Trade Liberalisation and FDI Inflows in Emerging Economies," *Bus. Econ. Rev.*, vol. 8, no. 1, pp. 35–52, 2016.
- [56] H. Sharifi-Renani and M. Mirfatah, "The impact of exchange rate volatility on foreign direct investment in Iran," *Procedia Econ. Finance*, vol. 1, pp. 365–373, 2012.
- [57] D. Abdoulaye, "Droits de Propriété, corruption et croissance économique dans les Pays de l'UEMOA : Une analyse de la causalité au sens de Granger," *Afr. Integr. Dev. Rev.*, vol. 10, pp. 87–106, 2017.
- [58] J. E. Stiglitz, A. K. Sen, and J.-P. Fitoussi, "Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social," 2009.
- [59] L. S. W. Agbahoungba and I. Thiam, "Effets du Commerce Extérieur sur la Croissance Economique en zone CEDEAO," *Ann. Univ. Parakou Sér. Sci. Econ. Gest.*, vol. Vol. 3, no. 1, Jun. 2018.
- [60] R. Ekodo and A. Ngomsi, "Ouverture Commerciale Et Croissance Economique En Zone CEMAC," *J. Econ. Dev. Stud.*, vol. 5, no. 3, 2016.

EPIDEMIOLOGICAL PROFILE OF THE CANCER AT THE REGIONAL HOSPITAL OF NGAOUNDERE (CAMEROON)

D. Ngaroua^{1,2}, Dah'Ngwa Dieudonné², Djibrilla Yaouba², and Eloundou N. Joseph³

¹Regional Hospital of Ngaoundéré, Cameroon

²Department of Biomedical Sciences, University of Ngaoundéré, Cameroon

³Faculty of Medicine and Biomedical Sciences, University of Yaoundé 1, Cameroon

Copyright © 2019 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: *Objective:* To determine the epidemiologic profile of tumours at the regional hospital of Ngaoundéré. *Materials and methods:* It was a descriptive retrospective design study carried out over a period of five years (2011-2015), on benign and malignant tumours diagnosed clinically and histologically with confirmed results from the laboratories of anatomic pathology of the university hospital of Yaoundé (CHU) and Centre Pasteur of Garoua. The studied parameters were age, sex, type of tumour, site of localisation, histopathological diagnoses, surgical resection. *Results:* A total of 215 cases of tumours was registered amongst which 86.97% was benign and 13.03% malignant with a predominance sex ratio of 3:1 in favour of females. Ages varied in women between 31- 40 years with a mean age of 36.8 years for benign cases and 48.8 years for cancers. Leiomyoma with 50% was the most frequent of all benign tumours followed by fibro adenomas of the breast. Concerning malignant tumours, breast cancer recorded the highest frequency followed by the cancer of the cervix. In males, 24% of benign and 54% of malignant tumours were recorded within the age range of 51- 60 years for benign and 61-70 years for malignant. Benign prostate hypertrophy was the main tumours affecting men with a percentage of 68.88%, whereas, the most prevalent male cancer was still that of the prostate gland followed by the colorectal cancer. *Conclusion:* Though the number of populations in this study was not representative of the Adamawa region, the incidence was similar to those observed in other countries as such, risk factors of tumours were the same therefore this study will better equip health leaders so as to develop and reinforces strategies put in place to better manage, mobilize resources and take preventive measures so as to reduce their incidence.

KEYWORDS: cancer, epidemiology, benign, malignant, tumour, incidence.

1 INTRODUCTION

In Africa, the tumoural pathology has long time remained behind great tropical endemics. The African oncology was hardly known at the beginning century, before the first descriptions of malignant tumours carried out in Uganda. In Cameroon, the first cases were described in 1934 by Ledentu (Mamadou *et al.*, 1994). With time, studies have being carried out which showed the incidence of tumours but much more on cancers which is a public health issue in Africa. Cancer is the second among fatal diseases, next to cardiovascular diseases, in the industrialized countries (Colin, 2001). Nowadays, tumours call for attention by their frequency, their late discovery, difficulties in their care management and their serious prognostic (Diallo *et al.*, 1996).

According to the international research for cancer, the most common cancer diagnosed in the world are the lungs, breast and colorectal. Breast cancer in women and prostate cancer in men have now become the most commonly diagnosed cancers in many Sub-Saharan African countries, replacing cervical and liver cancer (Ahmedin *et al* 2012., WHO 2012). This burden is more than that in the past because of changes in lifestyle factors and detection practices associated with urbanization and economic development. Cancer control programs and the provision of early detection and treatment services are limited

despite this increasing burden (Ahmedin *et al.*, 2012). Cameroon, like many other sub-Saharan countries, is facing many challenges. The majority of cancer patients go for consultation only at an advanced stage of the disease. Ignorance, local beliefs and poverty influence the behaviour of patients. Lungs, female breasts, colorectal and stomach cancers accounted for more than 40% of all cases diagnosed worldwide (Ferlay *et al.*, 2012). In Africa, 715000 cases of cancer registered out of which 542000 died in 2008 (Ferlay *et al.*, 2012). A five years study on cancer incidence in Yaounde, Cameroon reported a total of 4,689 new malignant cases, of which 2,901 (68%) were in females and 1,788 (32%) were males.

It would be of great importance to know the epidemiological profile of tumours in different regions of the country so as to know their incidence, prevalence which would be useful to prevent and take in charge the population which are vulnerable.

General objective: Determine the epidemiological profile of tumours at the Regional Hospital of Ngaoundéré so as to know their incidence and later study their etiologies

Specific objectives:

- Define the incidence, prevalence of the tumours;
- Determine the different types of tumours diagnosed;
- Determine the histo-pathological aspect of the diagnosed tumours;

2 MATERIALS AND METHODS

Choice of study place: Is based on unknown statistics of the epidemiology of tumours at the Regional Hospital of Ngaoundéré.

Type and period of study: descriptive retrospective study within a period of 5 years going from 2011 to 2015.

Data collection: Data were collected from the registers of: Consultation, Hospitalization and Surgical reports.

Inclusion criterion

All clinically and histopathologically diagnosed tumour cases confirmed by the laboratories of anatomic pathology of the university hospital of Yaoundé, central hospital of Yaoundé and centre Pasteur of Garoua and Yaoundé;

Non-inclusion Criterion

Clinically and histopathologically diagnosed tumour cases without any confirmation of the nature of the anatomic pathology from the given laboratories.

Sampling and variables: A non-probabilistic random sampling method was used by the means of the registers present in the hospital with complete files. The studied variables were: age, sex, type of tumour, site of localization, histopathological diagnoses. Recorded data were processed using Excel 2013 and transferred to the software SPSS 17.0 for analysis. The variables were described in tables and some were represented in charts.

3 RESULTS

3.1 EPIDEMIOLOGICAL ASPECTS

FREQUENCY OF BENIGN TUMOUR WITH SEX

From 2011 to 2015, 187 cases of benign tumors were observed. Women were more representative (142 cases; 76%), and men counted for (45 cases; 24%) with a sex ratio of M/F of 1:3 as shown in the figure below.

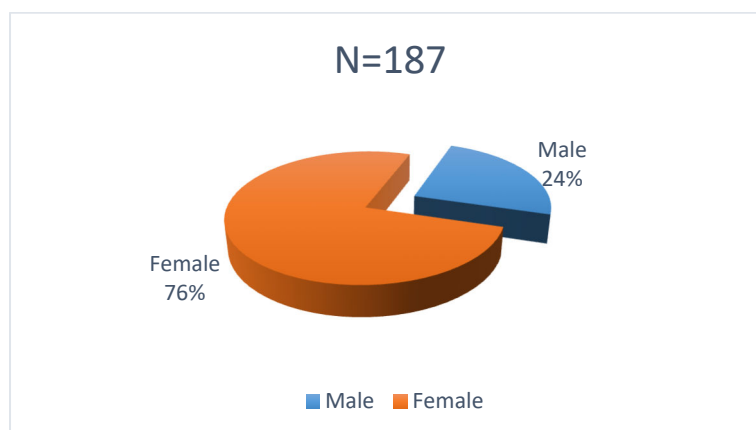


Fig. 1. Distribution of benign tumor according to sex

AGE

The most represented age group in females was that of [31- 40] years with a percentage of 51.74% and a mean age of 36.8 years. In male, the most represented age group was that of [51-60] years with a percentage of 28.88%. Their mean age was 58.3 years.

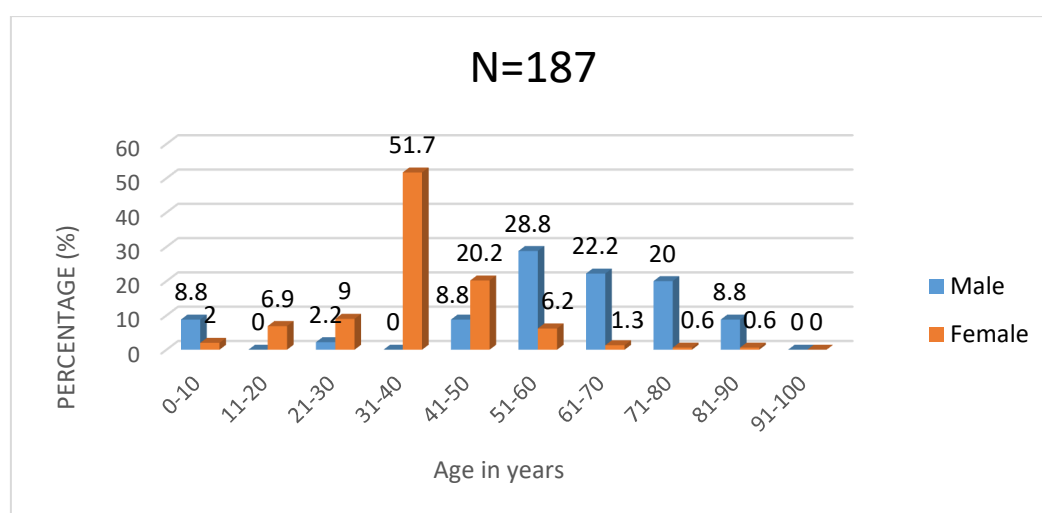


Fig. 2. Distribution of benign tumor according to age in males and females

FREQUENCY OF MALIGNANT TUMOURS

We recorded during this study period concerning malignant tumours in males (15 cases; 54%) and in females, (13 cases; 46%) as shown in the figure below.

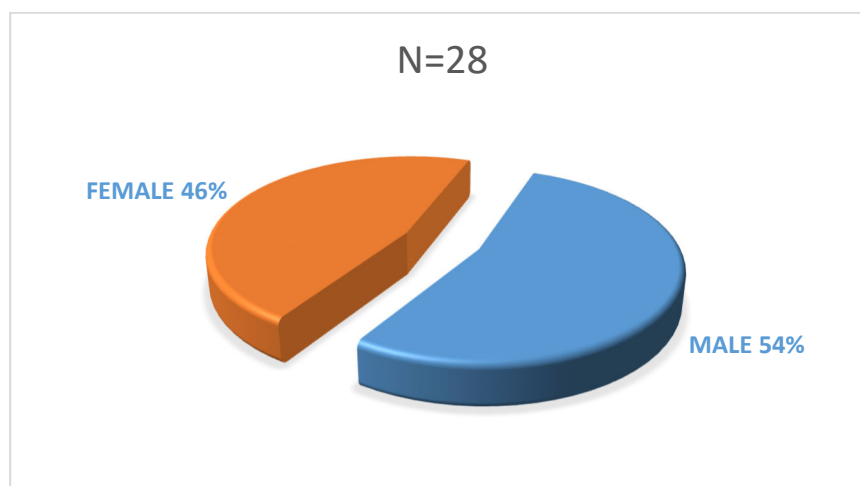


Fig. 3. Distribution of malignant tumors with sex

AGE (MALIGNANT TUMOURS)

The average age of female patients was 48.8 years with extremes ranging from 18 to 74 years. The peak incidence was noted with patients from the age group of [31-40] years. In the male category, the average age was 49.5 years with extremes ranging from 14 to 87 years. The peak incidence was noted with patients of [51-60] years.

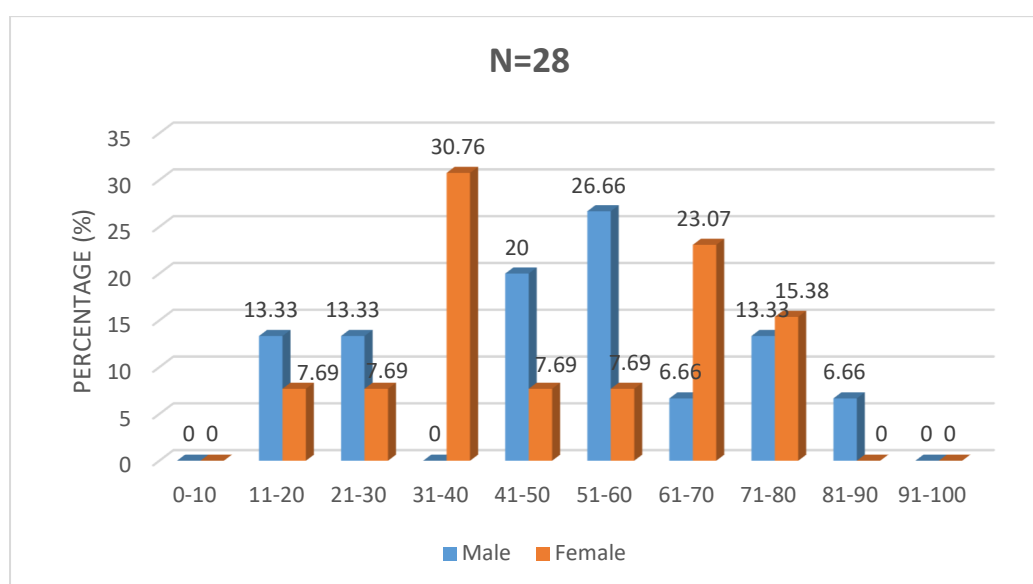


Fig. 4. Distribution of malignant tumours according to age

3.2 HISTOPATHOLOGICAL ASPECTS

BENIGN TUMOUR

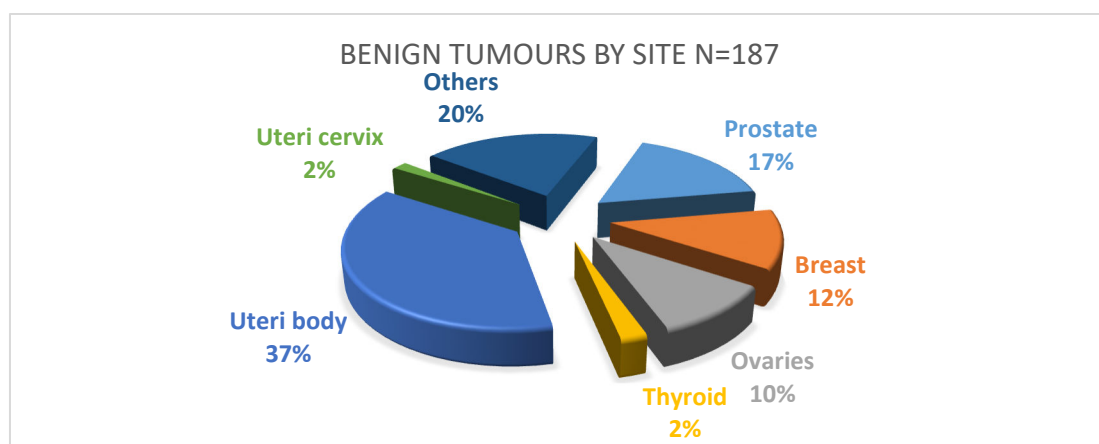
Out of the specimens sent to a pathology laboratory, 20 were benign cases whereby fibro adenomas of the breast recorded the highest percentage with 55% and angiofibrolipoma the least percentage with 5%.

Table 1. Histological type of benign tumors

Diagnosis	Number	Frequency (%)
Fibro adenoma	11	55
Angiofibrolipoma	1	5
Fibrolipoma	2	10
Mammary tuberculosis	2	10
Inflammation	4	20
Total	20	100

BENIGN TUMOURS DISTRIBUTION FOLLOWING SITE

The prevalence of benign tumours according to the different sites of lesion is represented as follows: the uteri body, 37%; prostate, 17%; breast, 12%; ovaries, 10%; uteri cervix 2% and the thyroid gland 2%. (Figure 5)

**Fig. 5. Distribution of benign tumors in both gender****DISTRIBUTION OF BENIGN TUMOURS ACCORDING TO YEARS**

The prevalence of tumours increased from 10.69% in 2010 to 36.89% in 2015. We notice a slight drop in 2013 and 2011 with respectively 11.22% and 12.29%

Table 2. Frequency of benign tumours according to years

Years	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Number	20	23	27	21	27	69
Frequency	10.69%	12.29%	14.43%	11.22%	14.42	36.89%

MALIGNANT TUMOURS

In males: 15 cases of cancers were registered in males. The most frequent site of cancer in male was the prostate with 33.33% followed by colorectal cancer with 13.33%. 66% as shown in the figure below.

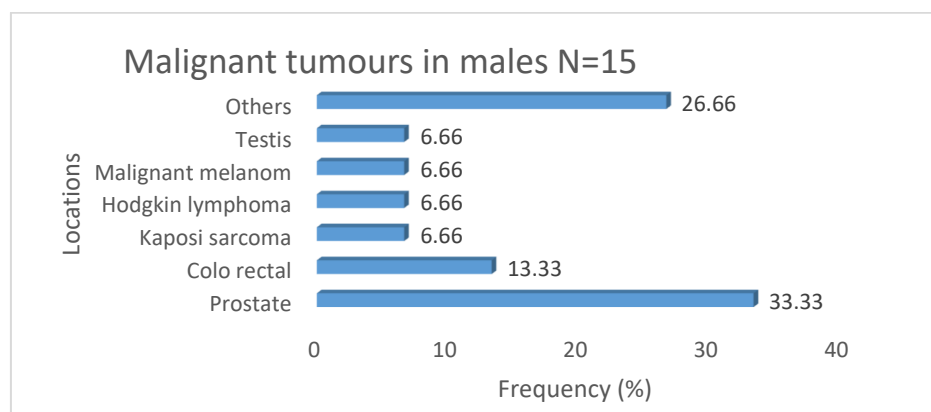


Fig. 6. Distribution of malignant tumors by site in male

In females: We had 13 cases of cancers found in females. Cancer of the breast was predominant with 46.15%. Cancer of the cervix followed with a percentage of 15.38%.

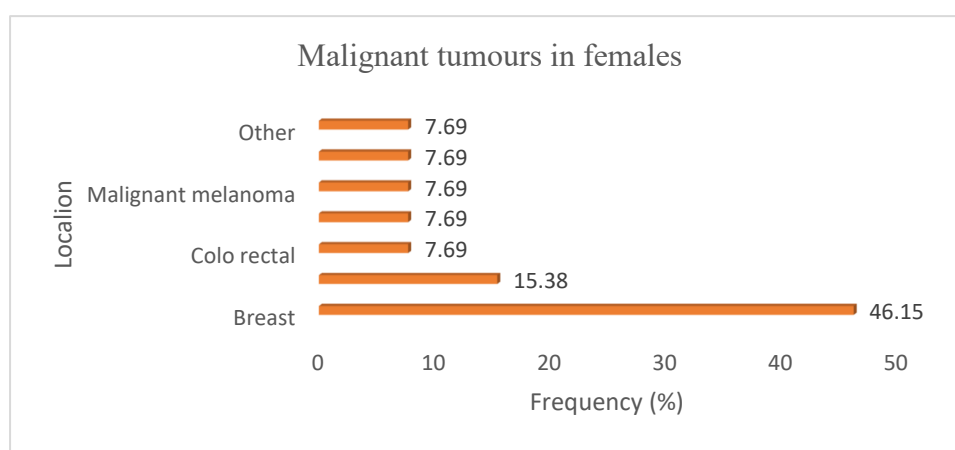


Fig. 7. Distribution of cancers by site in females

DISTRIBUTION OF TUMOURS ACCORDING TO YEARS

We recorded the highest peak of malignant tumour in 2015 with 50% appearance cases for just 3.57% in 2011. Records of the frequencies of the other years is shown in the table below.

Table 3. Frequency of malignant tumor according to years

Years	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Number	2	1	2	5	4	14
Frequency	7.14%	3.57%	7.14%	17.86%	14.29%	50%

4 DISCUSSION

Sex: Our population census reported 215 cases of tumours, 72.09% in female and 27.91% in males. Benign tumour counted for 76% in female and 27.90% in males whereas malignant tumour recorded 54% in male and 46% in female. This difference in cancer prevalence in the Ngaoundéré population may be explained by the fact that women in this population are not thoroughly screen due to lack of laboratories and pathologist in the region and samples are rarely sent or those that are sent return lately thus bias the results. A cancer census carried out at the Yaoundé population reported 68% of cancers in females and 32% in males which is different from our study (Enow et al., 2015).

Age: This study reveals that the incidence of cancer increased with increase in age. Age limits went from 2 years to 87 years with a predominance of benign tumour within the age group of [31-50] years. In females, reports on benign tumours found that uterine fibroids are common, appearing in 70% of women by the age of 50 years. A random sampling of women aged 35 to 49 years who were screened by self-report, medical record review, and sonography found that by the age of 35 years, the incidence of myomas was 60% among African-American women; the incidence increased to over 80% by age 50. This age range is similar to that of our study whereby benign tumours in female were mostly found in the age group of [30-50] years. Concerning malignant tumours in females, the most common age range was that of [31-70] years. The incidence of malignant tumours were highest in the age groups of [31-40] years and [61-70]. Besides, one of the largest studies by Erlandsson *et al.*, (2003) reported to have found the most favourable prognosis in the [35-49] age group and poorest in patient older than 75 years and younger than 34 years. In a study done by Giridhara, *et al.* (2013), the incidence of breast cancer was the highest in the age group of 51-60 years with 61% of patients. The risk increased in women having menopause after 49 years.

In males, the age extremes of benign tumours appearance was 41 years and 80 years. A study of Berry *et al.* (1984) summarizing data from prior studies showed that no man younger than 30 had evidence of BPH and the prevalence of BPH was 8% in the fourth decade while 50% of men had evidence of pathologic BPH when they were between (50-60) years old (Kevin, 2015). This incidence reported on BPH shows similarity in our range of benign tumours. A study carried out at Maroua on prostate disease on 44 patients found 81.1% of BPH out of the overall disease for which the age range 60-70 years was predominant (Noumi K, 2013). This age range falls in the most common age range in our study. Malignant tumours were common in the age range 51-80 and predominant at the age range of 51-60. Most cancers were in patients aged 51-60 and 71-80 similar to those of Enugu and Kenya.

Histopathological type: The numbers of tumours diagnosed histologically by the pathology laboratory were 42. The most common benign tumour diagnosed was fibro adenomas of the breast. A study on benign tumours of the breast in the red sea, found that fibro adenoma was the second common benign breast disease (30.2%) after fibrocystic changes (39.9%) (Ageep, 2011). Ihekweba *et al.* (1994) reported high incidence of fibro adenoma in Western Nigeria, where it was shown to constitute 55.6% of all benign breast lesions. Perhaps, the social habits, diet and environmental differences may account for this disparity (Ihekweba *et al.* 1994). Another study by Chaithanya *et al.*, (2016) had 41.06% of fibro adenomas out of 55.84% of benign tumours of the breast which is similar to the results of our study with fibro adenomas at a high prevalence. Concerning malignant tumours, the most predominant histopathological type diagnosed was carcinomas which is of the breast. A study of breast cancer by (Eshwar *et al.*, 2016) found that most breast cancers were mostly carcinomas. The same study by Chaithanya *et al.* (2016), concerning breast cancers found 44.16% of carcinomas. The high incidence of adenocarcinomas in cancer of the prostate is reported by Akang *et al.* (2013). Another report found that most cancers of the prostate were adenocarcinomas (Dusylvant *et al.*, 2014).

The study has some limits given that this was a hospital based study and cannot be said to be a reflection of the wider community. Also, because of the fact that it is a retrospective study, results of missing documents and hospital booklets limited the study. Data were collected by a single observer, with risk of subjective bias.

5 CONCLUSION

The present study provides valuable informations to clinicians and pathologists regarding frequency, clinical presentation and histopathological types of tumours at the regional hospital of Ngaoundéré. Cancer of the breast and cervix were the most common malignant tumours concerning females and cancer of the prostate, the most frequent in males. Because majority of cancers are prevented by screening, this study can thus be further used to formulate strategies for better management and care of these tumours.

REFERENCES

- [1] Ahmedin J., David F., MegO' B., Jacque F., Melissa C., et Maxwell P. (2012). Cancer burden in Africa and opportunities for prevention (404):327-645.
- [2] Berry. S.J., Coffey D.S., Wash .P, et Edwing L. (1984). The development of benign prostatic hyperplasia with age. *Journal of Urology* 132 (3):474-479.
- [3] Chaithanya B., Manmadha R.V., Hemasundar B., et Sanjay M. (2016). A Retrospective Study on the Incidence of Breast Carcinoma in tertiary Care Hospital. *International Journal of Contemporary Medical Research*.1714 Volume 3 | Issue 6 | June 2016 | ICV: 50.43 | ISSN (Online): 2393-915X; (Print): 2454-7379. Pharmacology.10, 308-353.
- [4] Colin. S., Cynthia B., Alan D, et Christophe. (2001). Global program on evidence for health policy discussion.13
- [5] Enow O., Ndom. P., et Doh A.S. (2012). Current cancer incidence and trends in Yaounde, Cameroon; *Oncology. Gastroenterology. Hepatology*. 1(1):54-62.
- [6] Erlandsson G., Montgomery SM., Cnattingius S., et Ekblom A. (2003). Abortions and breast cancer: Record-based case-control study. *International Journal on Cancer*.103: 676-9.
- [7] Eshwar N.L., V Ravi., Anuradha. P. (2016). Prognostic factors in carcinoma breast – A retrospective study. *International Archive of integrated medicine* 3 (3):81 -86.
- [8] Ferlay J., Parkin D.M., Pisani P. (2012). Cancer Incidence and Mortality Worldwide. *International journal of cancer*.132 (1): 1133-1141
- [9] Giridhara R. B., et Srikanthi B.L., (2013). Epidemiological Correlates of Breast Cancer in South India. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* 14 (9): 5077-5083.
- [10] Ihekweba FN., (1994). Benign breast disease in Nigerian women: A study of 657 patients. *Journal of Royal College of Surgeons of Edinburgh.*, 39: 280-283.
- [11] Noumi K. (2013). Prostatic illness: Epidemiology and treatment with medicinal plants at Maroua. *International journal of research Ayurveda and pharmacy*2 (3) 822-829.
- [12] Parkin D.M., Whelan SL., Ferlay J., Teppol, et Thomas D B. (2013). Cancer Incidence in Five Continents. *International agency on research on cancers Scientific Publications*: 155
- [13] W.H.O. (2012). Cancer incidence and mortality worldwide. Copy right cancer research. Consulted on June 2016.

DYNAMIQUE DES STRATÉGIES CONCURRENTIELLES DES GRANDES FIRMES : LE CAS DU GROUPE CHIMIQUE TUNISIEN

[DYNAMIC OF COMPETITIVE STRATEGIES FOR LARGE FIRMS : THE CASE OF THE TUNISIAN CHEMICAL GROUP]

Arem SAY¹ and Karima DHAOUADI²

¹Département de Management, Institut Supérieur d'Administration des Entreprises, Université de Gafsa, Tunisia

²Département de Management, Institut Supérieur d'Administration et de Comptabilité des Entreprises, Université de Manouba, Tunisia

Copyright © 2019 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 last decades have been marked by a high competitive intensity and a strong turbulence of the environment. Passive strategies that are based on the structuralist model are no longer reliable in a dynamic environment where it becomes difficult to maintain a sustainable competitive advantage. Hence, what models and strategic choices were adopted by companies as regards with these environmental changes? Through the study of the case of the Tunisian Chemical Group (GCT), our research aims to understand the strategic behavior of a large firm in a turbulent environment and in a sector with strong rivalry. Our research is based on the case study method which is the most frequently used in previous works dealing with the complex issues such as a competitive dynamics field. The primary finding argue the idea of polyvalent strategy inspired by the behavioral model which consists in alternating two logics often considered as antagonistic: market fit and strategic intent. We believe that firms tend, within the framework of a dual strategic flexibility, to combine contradictory competitive advantages and different strategic postures.

KEYWORDS: Competitive Dynamic; Model of Porter; Market Fit Model; Strategic Intent Model; Large Firms.

RÉSUMÉ: Ces dernières décennies ont été marquées par une forte intensité concurrentielle et une forte turbulence de l'environnement. Les stratégies passives qui se basent sur le modèle structuraliste ne sont plus valables dans un environnement concurrentiel dynamique où il devient difficile de préserver un avantage compétitif durable. Quels modèles et choix stratégiques ont été alors déployés par les entreprises à la lumière de ces nouvelles données environnementales ? A travers l'étude du cas du Groupe Chimique Tunisien (GCT), notre recherche a pour objectif d'expliquer les enjeux du comportement stratégique d'une firme leader dans un environnement en pleine mouvance et dans un secteur à forte rivalité multi marchés. Notre recherche est basée sur la méthode de l'étude de cas souvent privilégiée dans les travaux portant sur le phénomène complexe de la dynamique concurrentielle. Elle débouche principalement sur l'idée de la polyvalence stratégique inspirée du modèle comportemental qui consiste à alterner deux logiques souvent considérées comme antagonistes : l'adéquation au marché et l'intention stratégique. Nous estimons que les firmes ont tendance, dans le cadre d'une double flexibilité stratégique, de combiner des avantages concurrentiels contradictoires et des postures stratégiques différentes.

MOTS-CLEFS: Dynamique concurrentielle; Modèle de Porter; Modèle d'adéquation à l'environnement; Modèle d'intention stratégique; Grandes firmes.

1 INTRODUCTION

La turbulence est la caractéristique majeure de l'environnement d'aujourd'hui. La concurrence dans ce type d'environnement est basée sur le développement des connaissances spécifiques ("*Knowledge Based*"). Dans ces conditions, l'entreprise peut soit aligner sa stratégie à la concurrence, soit se différencier de celle-ci. L'analyse de la capacité stratégique

permet de déterminer si l'organisation est capable de s'adapter à l'environnement dans lequel elle évolue, notamment en termes de menaces et d'opportunités. Afin de mieux correspondre à un environnement changeant, la modification du comportement stratégique constitue l'un des problèmes stratégiques les plus récurrents. Dans un environnement turbulent, la seule capacité réellement durable est la faculté à infléchir la stratégie au gré des évolutions de la concurrence. Pour concrétiser un avantage compétitif, une organisation doit maîtriser certains éléments de l'environnement qui sont les facteurs clés du succès. L'avantage compétitif durable dans un environnement concurrentiel dynamique ne peut être que temporaire et les stratégies génériques de Porter (1980) ne sont plus valables dans un contexte concurrentiel dynamique puisqu'elles sont conçues pour un environnement relativement stable. Dans un contexte mouvant, l'adoption d'une seule stratégie ne peut plus garantir la pérennité d'une entreprise.

De nos jours, les firmes ont tendance à combiner plusieurs logiques concurrentielles en s'éloignant du schéma classique d'un comportement standard d'adéquation à l'environnement.

Une littérature récente en management stratégique révèle un débat opposant deux logiques concurrentielles : une logique classique d'adaptation et d'adéquation (exclusivité des avantages concurrentiels) et une logique volontariste d'intention stratégique (modification radicale des règles du jeu concurrentiel). En outre, la concurrence est tantôt considérée comme un ensemble de structures, tantôt comme un ensemble de décisions [1]. Nous retrouverons ici aussi un débat opposant la conception structuraliste où la structure du secteur détermine l'intensité de la concurrence [2] et la conception comportementaliste où la rivalité dans le secteur est le résultat des comportements et des décisions stratégiques des firmes en place [3]. Dans la première approche, la firme opte pour un comportement stratégique passif où il suffit de s'adapter à l'environnement alors que dans la seconde approche, la firme est appelée à déstabiliser le jeu concurrentiel en adoptant par exemple des stratégies de rupture et d'innovation radicale [4]. L'entreprise ne doit pas hésiter à exploiter les nouvelles opportunités avant les concurrents, puisque si un dirigeant tient bon à maintenir un avantage concurrentiel dans un contexte mouvant, peut facilement conduire son entreprise vers l'échec.

L'objectif de cet article est de comprendre le comportement stratégique de l'une des plus grandes firmes en Tunisie, le Groupe Chimique Tunisien (GCT), à la lumière de la dynamique concurrentielle et environnementale en vigueur. La nature complexe de l'enjeu de la concurrence conduit à privilégier l'étude de cas approfondie comme méthode de recherche pour bien comprendre ce phénomène économique. D'ailleurs, cette méthode a été l'apanage d'un grand nombre de recherches en la matière ([5], ([6])). Le GCT, notre terrain d'investigation, est un exemple typique des grandes firmes qui jouissent d'une position de monopole sur le marché national et d'oligopole¹ sur le marché international. Notre souhait est de répondre à la question suivante : quel modèle (adéquation ou intention) explique t-il le comportement stratégique des grandes firmes en position dominante de leader dans cette nouvelle ère économique ? Autrement dit : Quelles sont les manœuvres stratégiques employées par ces entreprises ? Comment une grande firme en position dominante crée ses avantages concurrentiels ? Quels sont ses choix stratégiques à la lumière de ces nouvelles données environnementales ?

La réponse à notre question de recherche semble problématique. Deux propositions de recherche antagonistes découlent de la revue de la littérature. Une première alternative stipule qu'une firme leader peut opter pour un comportement stratégique passif en bénéficiant du statu quo et en se contentant d'une seule stratégie générique alors qu'une seconde alternative, dans une logique comportementaliste et volontariste (intention stratégique), recommande aux firmes dominantes d'adopter un comportement stratégique actif en essayant de perturber le jeu concurrentiel et d'influer sur la rivalité dans le secteur ([4], ([7])).

Pour trancher entre ces deux propositions et répondre à notre question de recherche, nous présenterons, dans une première partie, le cadre conceptuel de l'étude. Plus spécifiquement, nous allons essayer de retracer l'évolution de la pensée en stratégie depuis les années 1980 en analysant les caractéristiques de l'environnement actuel et en mettant en relief le passage d'une approche structuraliste à une approche dynamique comportementale de la concurrence. Une deuxième partie sera réservée à notre étude de cas et nos résultats de recherche.

¹ L'oligopole désigne une situation de marché dans laquelle quelques entreprises font face à une multitude d'acheteurs.

2 CADRE CONCEPTUEL

2.1 LE PASSAGE D'UNE APPROCHE STRUCTURALISTE À UNE APPROCHE DYNAMIQUE COMPORTEMENTALE DE LA CONCURRENCE

2.1.1 L'APPROCHE STRUCTURALISTE DE MICHAEL PORTER

Popularisée en 1980, le modèle de Porter a été critiqué par nombreux chercheurs et amendé par Porter lui-même. En effet, le monde économique actuel diffère beaucoup de celui des années 1980 avec l'avènement de plusieurs changements bouleversant les règles du jeu concurrentiel. Plusieurs reproches ont été adressés au modèle de Porter. De nombreux chercheurs affirment que le modèle de Porter est exclusivement concurrentiel c'est-à-dire le gain d'une entreprise se fait nécessairement au détriment de ses concurrents, ce qui n'est pas le cas du marché d'aujourd'hui où l'entreprise peut améliorer ses bénéfices en adoptant des comportements coopératifs avec ses parties prenantes. C'est ainsi que le modèle relationnel de Dyer et Singh (1998) et le modèle de coopération de Nalebuff et Brandenburger (1996) ont vu le jour. Selon Dyer et Singh (1998), la coopération inter-organisationnelle peut accroître la performance d'une entreprise et réduire les risques et les coûts, ce qui donnera lieu à des avantages relationnels appelés encore avantages concurrentiels inter organisationnels ("*Relational Rents*")([8]). Selon Astley et Fombrun (1983), agir en coopération revient à chercher un partenaire qui peut se situer dans une relation verticale du type «symbiotique» (avec les clients / fournisseurs) et/ou dans une relation horizontale du type «commensale» (entre les concurrents) [9]. La coopération qui n'était pas du tout envisagée dans les années 1980 et qui était considérée même comme une entente qui fausse le jeu concurrentiel, est aujourd'hui un fait bien réel. De nos jours, les firmes peuvent se concurrencer sur certains produits et coopérer sur d'autres [10]. Cette stratégie est nommée de coopération (un nouveau modèle concurrentiel situé entre la coopération et la concurrence) et a été popularisée par Nalebuff et Brandenburger (1996) [11]. Dans cette logique, les firmes adoptent des stratégies agressives dans un univers hyper compétitif [3] et des stratégies de coopération pour contrer les concurrents ou échanger du savoir ([12], ([13], ([14])). Le modèle classique de Porter ne fournit pas le cadre théorique approprié pour comprendre ces deux stratégies de nature paradoxale. D'un autre côté, certains auteurs pensent que le modèle de Porter est centré sur l'environnement alors que l'entreprise peut créer des avantages concurrentiels en partant de ses propres ressources (valorisables, rares, tacites, peu transférables, uniques et inimitables)² ou en optant la stratégie d'océan bleu qui consiste à proposer une offre inédite sur le marché ou à créer carrément de nouveaux besoins et marchés afin d'échapper de la concurrence [15]. De surcroit, tous les chercheurs s'accordent sur l'inadéquation du schéma initial de Porter où tout est remis en cause dans cette nouvelle ère d'économie numérique. En effet, des concurrents qui étaient autrefois éloignés exercent aujourd'hui un effet direct et palpable.

Par ailleurs, le modèle de Porter suppose qu'il n'est pas possible de modifier les rapports de domination des firmes leaders dans le marché. Il n'y a pas de place à la dynamique des stratégies concurrentielles. Or ceci est largement contredit par la réalité où une firme dominante peut perdre sa place si elle n'arrive pas à résister à une concurrence rude. En plus, selon Porter, l'entreprise ne doit se munir que d'une seule stratégie générique. Mais empiriquement parlant, ceci n'est plus vrai car les entreprises peuvent concilier plusieurs stratégies, avoir plusieurs logiques concurrentielles et posséder donc un portefeuille d'avantages concurrentiels : c'est le cas notamment des firmes japonaises.

En s'appuyant sur les arguments précités, on l'aura compris que le modèle de Porter ne s'accorde plus avec un environnement économique complexe, incertain et dynamique. Tous les efforts déployés par une entreprise peuvent être invalidés suite à un changement brutal. L'effet conjugué de la mondialisation, des nouvelles technologies et de nouveaux "*business models*" a bouleversé les marchés et a occasionné l'avènement de nouveaux compétiteurs. Le modèle de Porter ancré dans le déterminisme structuraliste et basé sur la logique d'adéquation à l'environnement n'a plus raison d'être aujourd'hui dans un environnement insaisissable. En effet, l'analyse de la structure industrielle ne suffit plus pour déterminer la stratégie des entreprises ou pour se prononcer sur leurs performances.

Dans ce cadre de réflexion, un nouveau courant de recherche a émergé : c'est le courant de la dynamique concurrentielle.

2.1.2 LE COURANT DE LA DYNAMIQUE CONCURRENTIELLE

Constatant la rigidité et la non plausibilité du modèle de Porter par rapport à notre marché économique actuel, un mouvement d'analyse de la dynamique concurrentielle est apparu au début des années 2000 ([16], ([17], ([18], ([19], ([5],

² C'est la théorie basée sur les ressources (TBR) où la performance de l'entreprise s'explique par ses ressources et compétences internes (Wernerfelt, 1984 ; Barney, 1986)

([20]). Avec ce nouveau paysage concurrentiel caractérisé par la vitesse, la flexibilité et l'innovation ([21], ([22]), une nouvelle approche de l'analyse stratégique et de l'étude des relations concurrentielles s'est progressivement développée. L'on est passé alors d'une approche structurelle et statique (modèle d'économie industrielle [2]) à une nouvelle approche dynamique [23]) fondée sur l'étude du comportement des acteurs [5]. Dans son analyse de la concurrence, Le Roy (2002) distingue quatre approches : dans une première opposition, la concurrence est considérée soit comme un ensemble de structures, soit comme un ensemble de décisions. Dans une seconde opposition, la concurrence est étudiée en se basant sur des observations empiriques dans une approche plutôt inductive ou en se basant sur des raisonnements analytiques et mathématiques dans une approche plutôt déductive [5].

D'après Le Roy (2002), le modèle de Porter se situe au niveau de l'analyse structurelle du secteur où il faut partir des observations empiriques pour aboutir à la formulation du paradigme SCP (Structure –Conduite –Performance) indépendamment des comportements des firmes. Une autre approche déductive complémentaire à la première approche inductive considère que l'intensité concurrentielle n'est qu'une conséquence des facteurs environnementaux [24]. Une deuxième approche alternative considère que l'intensité concurrentielle résulte des comportements et des décisions des entreprises. Les décisions des dirigeants et les choix stratégiques des firmes déterminent le degré de rivalité concurrentielle. L'on est passé donc de l'intensité concurrentielle à la rivalité concurrentielle. La rivalité est considérée ici comme une relation sociale ([5], P 5).

Les ambiguïtés des approches statiques ont donné naissance à un nouveau courant celui de la dynamique des mouvements concurrentiels qui se base sur l'étude des interactions du nouveau paysage concurrentiel [18]. Le postulat de base de ce courant est la reconnaissance explicite que les stratégies des firmes sont dynamiques. Les actions initiées par une firme peuvent déclencher des réactions de la part des firmes concurrentes [25]. Dans ce contexte, la performance d'une entreprise dépend de la dynamique de la rivalité concurrentielle, c'est-à-dire de l'ensemble des actions et réactions des concurrents directs ([3], [16], [20]).

Selon Autissier et Bensebaa (2007), cinq niveaux d'analyse apparaissent pour comprendre la nature de l'interaction concurrentielle [26]:

Tableau 1. Les cinq niveaux de l'interaction concurrentielle

Niveau d'analyse	Fondement théorique	Principe de base
L'étude de la concurrence à partir de plusieurs marchés	Théorie de l'oligopole, l'économie industrielle et la sociologie	Les firmes qui partagent les mêmes marchés considèrent qu'une concurrence affaiblit la performance : l'évitement de la concurrence
L'étude de la concurrence au moyen de la dyade action/réaction	Hambrick et al 1996	Le succès des stratégies dépend de la qualité des actions, des réactions, de leur nature et de leur vitesse
Firme leader et firme challenger	Chen 1996	La similarité des ressources et le partage des marchés affaiblissent la concurrence
L'évènement concurrentiel	Lee et al.2000 Hit et al.1998	L'étude de l'évènement et l'exploration des actions stratégiques sur la performance de la firme
Les réseaux	Burt 1982, Granovetter 1985	L'influence du réseau des relations sur le comportement concurrentiel

Malgré la pertinence des résultats réalisés en matière d'analyse de l'interaction concurrentielle, le courant de la dynamique concurrentielle souffre de la limite d'explication du processus dynamique de renouvellement des stratégies efficaces, celles qui refusent l'affrontement [27]. Dans ce qui suit, nous allons essayer d'expliciter les déterminants d'un comportement stratégique adéquat au nouveau paysage concurrentiel afin de déterminer les stratégies qui peuvent être bénéfiques dans un environnement dynamique.

2.2 CHOIX STRATÉGIQUE : UN COMPORTEMENT ACTIF OU PASSIF

L'un des principaux enjeux du management stratégique est de faire face aux fluctuations du contexte et aux actions imprévisibles des concurrents. Il est utile donc de se poser la question sur le type de stratégie le plus adapté à chaque situation. L'entreprise se trouve entre deux grandes alternatives stratégiques : un comportement actif (l'affrontement) ou un

comportement passif, autrement dit entre stabiliser le jeu concurrentiel ou bien le perturber. En analysant la position des leaders sur le marché, ([28], p.211-112) présente les deux situations alternatives suivantes :

- « La première stratégie, la plus communément admise, consiste à entretenir la stabilité au sein du secteur afin d'éviter une rivalité trop accentuée entre les firmes. Les travaux issus de l'économie industrielle s'inscrivent dans ce type de raisonnement. L'analyse de Porter (1980) démontre à ce niveau les risques associés à une forte intensité concurrentielle. Les firmes leaders cherchent à instaurer une inertie sectorielle et à éviter le risque de déstabilisation des conditions environnementales. L'attitude stratégique prescrite ici au leader consiste à ériger des barrières à l'entrée afin de dissuader les concurrents potentiels.
- La seconde thèse, plus récente, s'oppose à la première alternative. Elle postule que le maintien de l'avantage concurrentiel ne passe pas par une limitation de la rivalité. Sachant que les barrières à l'entrée ne sont pas éternelles et que le seul avantage durable résulte de la capacité à créer de nouveaux avantages ([3]), les firmes sont appelées à perturber le statu quo en adoptant des stratégies offensives et des initiatives agressives. Il ne s'agit plus de limiter la concurrence, mais bien au contraire de l'alimenter et d'en tirer profit. Dans le sillon de ces idées, le paradigme du déterminisme structurel cède sa place à une intention stratégique qui consiste à remettre en cause l'état actuel du marché pour que l'entreprise puisse renégocier sa position et son rôle » ([22], ([7])).

Selon Drucker (2000), le père du management par objectifs et de l'innovation systématique, les entreprises qui inventent le jeu concurrentiel n'arrivent pas à leur fin [29]. Sur la base des stratégies innovantes, un monopole ne peut guère être éternel. Rares sont les entreprises qui arrivent à maintenir leurs positions concurrentielles en remettant en cause, elles mêmes, leurs propres conditions de réussite. Hamel et Prahalad (1995) évoquent deux nouveaux processus de formulation de la stratégie : celui de la stratégie par "fit" ou par "stretch" [22]. Dans la même lignée d'idées, Slywotsky (1996), à travers le concept de configuration stratégique, postule que la stratégie de l'entreprise découle d'une compréhension profonde de l'intimité du client [30].

2.3 FORMULATION DE LA STRATÉGIE PAR "FIT" OU PAR "STRETCH"

Hamel et Prahalad (1989) ont été parmi les premiers à formaliser des critiques contre le modèle de Porter. En se basant sur les limites de ce modèle, Hamel et Prahalad (1995) proposent une approche alternative de l'intention stratégique par opposition au principe de l'adaptation à l'environnement de Porter [22]. Pour réussir, une entreprise ne doit pas à chercher à s'adapter à l'environnement mais à le transformer en se basant sur un management spécifique des ses ressources. Le paradigme de l'intention stratégique s'inscrit dans le cadre de la conception volontariste de la stratégie d'entreprise. Les deux idées forces dans le paradigme de l'intention stratégique sont la vision et le portefeuille de compétences centrales (recentrage sur l'interne). Selon [22], l'entreprise en partant d'un diagnostic de l'environnement, identifie les opportunités qui émergent et veille à adapter ses ressources pour en profiter. Cette démarche est appelée la formulation de la stratégie par fit (adaptation à l'environnement). Hamel et Prahalad (1995) ont évoqué, en outre, le processus de formulation par "stretch" (un étirement ou un développement) des ressources et des compétences de l'organisation [22]. Via cette dernière stratégie, l'entreprise développe ses compétences et ses ressources stratégiques pour créer de nouvelles opportunités ou se procurer un nouvel avantage compétitif. La philosophie de cette démarche est -faire *mieux* ce que l'on fait *bien*-.

Tableau 2. La stratégie par "fit" et par "Stretch" (Hamel et Prahalad, 1994 [22])

Aspect de la stratégie	"Fit" dans l'environnement	"Stretch" des compétences et ressources
<i>Base de la stratégie</i>	Une adaptation des ressources aux opportunités offertes par le marché.	Un développement des compétences et ressources pour créer de la valeur.
<i>Source de l'avantage compétitif</i>	Un positionnement "correct". Une différenciation en fonction des besoins du marché.	Une différenciation basée sur les compétences et ressources qui sont développées pour créer des besoins.
<i>Critère de survie pour les petites PME</i>	Identifier et défendre une niche.	Changer les "règles du jeu".
<i>Une réduction du risque par...</i>	Un portefeuille de produits.	Un portefeuille de compétences.
<i>Un investissement axé sur...</i>	Les produits.	Les compétences stratégiques ("core competencies").

Source : Tendon, J. « Une stratégie par "fit" ou par "stretch" », www.systemic.ch

La stratégie par "fit" ou par "stretch" et la configuration stratégique sont les stratégies les plus utilisées par les entreprises dans un environnement à haute vélocité et intensité concurrentielle.

2.4 LA CONFIGURATION STRATÉGIQUE

Pour une longue durée, les chercheurs pensaient qu'une entreprise devait, pour réussir, avoir et défendre une configuration dominante sur le marché [31]. La domination du marché est toujours reliée à un avantage compétitif durable. Les entreprises cherchent à occuper des zones de profit, c'est-à-dire des espaces de création de valeur actionnariale élevée et évolutives en leur faveur. Pour arriver à occuper cette « zone de profit » ou cette « place forte », l'entreprise se base sur la « configuration stratégique ». Cette dernière est centrée sur le client et non pas sur les ressources et compétences de l'entreprise. Il semblerait que la réussite suppose un ajustement constant de la configuration stratégique pour atteindre une sorte de flexibilité stratégique totale. La configuration stratégique est la posture globale de la stratégie de l'entreprise qui découle d'une compréhension profonde et fine de l'intimité du client au delà des techniques classiques de l'étude du marché. Il s'agit de comprendre les besoins actuels et futurs du client sans en avoir lui-même conscience. La configuration stratégique repose sur l'étude de l'évolution des besoins des clients et la dynamique de leurs décisions. C'est le besoin du client qui détermine la chaîne de valeur et les compétences de l'entreprise.

3 ETUDE DE CAS

3.1 MÉTHODOLOGIE ET CHAMP DE RECHERCHE

Notre travail consiste à analyser le comportement stratégique d'une des plus grandes entreprises publiques en Tunisie qui est le Groupe Chimique Tunisien (GCT) en termes d'avantage concurrentiel afin de faire face aux changements de l'environnement suite à la révolution du 14 janvier 2011. Méthodologiquement, cet article s'appuie sur l'étude de cas [32]. Cette méthode ne permet pas de faire émerger des lois universelles. Elle cherche plutôt, en allant au-delà de la simple description à obtenir une « compréhension pratique » du phénomène étudié ([33], [26]). S'agissant d'un cas unique, notre démarche est plutôt exploratoire. Cette dernière s'avère pertinente dans la mesure où le phénomène observé est dynamique et implique plusieurs dimensions difficilement dissociables les unes des autres ([32], [34]). Dans un premier temps, nous présenterons notre terrain d'étude (GCT). Dans un second temps, nous analyserons et discuterons les résultats.

3.2 COLLECTE DES DONNÉES

Concernant la collecte des données, nous avons opté pour plusieurs sources: des données primaires et des données secondaires. Les données primaires sont obtenues en réalisant dix entretiens semi-directifs, d'une durée comprise entre 45 min et 1 h 30, auprès des cadres dirigeants et opérationnels du GCT. Ces données primaires ont été complétées par des données secondaires, dans une approche inspirée de celle de Smith *et al.* (1991 ; [18]), où nous avons effectué une analyse du contenu de la presse professionnelle, du site du GCT, des articles, des rapports financiers et stratégiques publiés. La combinaison des sources primaires et secondaires permet de disposer d'une base de données longitudinale riche ([35]) et de mener une analyse fine en tenant compte des détails contextuels ([36]).

Notre objectif est de dresser un inventaire de l'évolution du comportement stratégique du GCT au fil des années à la lumière de la dynamique concurrentielle en vigueur.

3.3 PRÉSENTATION DU CAS D'ÉTUDE

3.3.1 DONNÉES GÉNÉRALES

Le Groupe chimique tunisien (GCT) est une entreprise publique tunisienne dont l'objet est de produire et de transformer le phosphate extrait en Tunisie en produits chimiques tels que l'acide phosphorique ou les engrais. La Tunisie occupe la deuxième place dans le monde après le Maroc en termes d'exportation du phosphate. Le GCT a été créé en 1947, le capital est de 317 Million de dinars. Le nombre d'employés en 2015 est de 6496 avec un taux d'encadrement de 4.91%. Après une longue expérience d'exportation du phosphate brut, la Tunisie s'est orientée vers la transformation et la valorisation de ce minerai par l'implantation d'une industrie locale de production d'acide phosphorique et d'engrais minéraux. La Tunisie est le deuxième pays au monde à valoriser un grand pourcentage de sa production de phosphate (près de 80%). Le GCT représente le leader concernant l'entrée de la devise pour le pays comme le montre clairement les statistiques du chiffre d'affaires réalisé à travers les exportations.

Tableau 3. Classement international du GCT en termes d'exportation

	TSP	P2O5	DAP	TSP Transformé
Rang international	2	3	4	1

En se basant sur le tableau précédent et sur nos entretiens menés auprès des responsables du GCT, nous pouvons conclure que le GCT investit beaucoup dans l'acquisition du matériel technologiquement sophistiqué pour transformer la matière première et l'exporter aux clients, ce qui lui a permis d'être le premier exportateur dans le monde du TSP transformé.

3.3.2 DONNÉES STRATÉGIQUES : LES ACCORDS DE PARTENARIAT ET LES INVESTISSEMENTS RÉALISÉS

Dans notre étude, nous comptons analyser les actions stratégiques du Groupe Chimique Tunisien (GCT) en tant que leader sur le marché tunisien et international pour certains produits.

* LES ACCORDS DE PARTENARIAT

L'augmentation de la capacité de la production du GCT est atteinte en construisant dans le cadre de **partenariat**, de nouvelles unités de production d'acides et/ou d'engrais. La vision du GCT est orientée vers l'industrie des engrais et la valorisation en acide purifié de l'acide phosphorique produit par les usines du GCT. Cette valorisation ouvrira des perspectives prometteuses pour une **nouvelle** industrie : les engrais solubles et les sels nobles. Le développement du secteur des phosphates en Tunisie repose sur la mise en œuvre de nouveaux projets dans un contexte de partenariat stratégique. A cet effet, le GCT a mis en œuvre avec succès des projets en partenariat avec SACF JV et CNCCC en Chine et avec TIFERT en Tunisie. En **partenariat** avec CNCCC, le GCT a lancé un processus de fusion visant à augmenter la capacité de production annuelle pour atteindre 1,2 millions de tonnes de NPK. TIFERT a été constituée le 26 Septembre 2006. Sa capacité de transformation pouvant atteindre environ 1,5 millions de tonnes de phosphate par an. Récemment, le GCT a investi dans un nouveau projet de TSP en Tunisie (région M'dhilla 2) avec une capacité de 500 000 tonnes qui devrait être opérationnel en 2017 mais qui ne l'est pas à cause des perturbations d'ordre politique qui envahissent le pays.

* LES FUSIONS

Le GCT est le résultat d'une série de fusions et d'absorptions de plusieurs sociétés :

Tableau 4. Les fusions et les absorptions du GCT

1952	Création de l'usine TSP à SFAX sous le nom de la Société Industrielle d'Acide Phosphorique et d'Engrais (SIAPE).
1972	Création d'une usine d'acide phosphorique à GABES sous le nom d'Industries Chimiques Maghrébines (ICM).
1979	Création de l'usine DAP à GABES sous le nom de la Société Arabe des Engrais Phosphatés et Azotés (SAEPA).
1983	Démarrage d'une usine d'ammonitrate par la SAEPA.
1985	Création d'une nouvelle usine sous le nom d'Engrais de GABES (EG) pour la production de DAP. Création des Industries Chimiques de GAFSA (ICG).
1988	Création de l'usine de SKHIRA pour la production d'acide phosphorique et superphosphorique.
1989	Absorption des sociétés ICM, EG et ICG par la SIAPE
1992	Fusion de la SIAPE et de la SAEPA et création du GCT
1994	Unification de la direction générale de la CPG et du GCT par la nomination d'un seul Président Directeur Général.
1996	Fusion des structures commerciales de la CPG et du GCT.

Source : www.gct.com.tn

Ce groupement a permis au secteur phosphatier d'occuper une place importante dans l'économie tunisienne en assurant l'emploi direct de 6496 personnes en 2017. L'emploi indirect a également bénéficié du secteur phosphatier, notamment le transport ferroviaire et maritime, la sous-traitance ainsi qu'un grand nombre d'activités annexes. Les installations industrielles contribuent d'une manière significative à la promotion et au développement des diverses régions du sud Tunisien.

*LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT (R&D)

Le GCT consacre une grande partie de son budget pour la R&D et la certification. L'innovation est le fondement de la stratégie du GCT. Des ingénieurs hautement qualifiés collaborent pour trouver des solutions innovantes et répondre rapidement aux défis de l'avenir. Les objectifs de la R&D sont : la réduction des coûts de production, la satisfaction des besoins des **clients**, le développement de nouveaux procédés de fabrication, la valorisation des différents types de déchets, la **diversification** des produits et la valorisation des éléments stratégiques dans l'acide phosphorique industriel.

Compte tenu de la place qu'il occupe sur le marché mondial des engrais, et soucieux de **diversifier** sa gamme de production et d'adapter sa production à l'évolution de la demande internationale, le GCT a mis en place, depuis une vingtaine d'années, d'importantes unités de production d'engrais à base de formules plus élaborées (Le diammonium phosphate : DAP) ». D'autre côté, le GCT dispose des équipements nécessaires à la disposition des chercheurs pour créer **de nouveaux partenariats et attirer les chercheurs universitaires talentueux**. Le GCT considère que la consolidation des relations bilatérales avec les structures universitaires permet de renforcer la recherche scientifique et de créer de nouvelles synergies. Le partage des ressources et expertises scientifiques potentialise les efforts individuels de chaque partie. Dans ce contexte, le GCT a construit depuis 2006 un nouveau système de collaboration avec l'université basée sur le parrainage des chercheurs universitaires pour mener des travaux de recherches en rapport avec les activités et les axes de recherche du GCT. Finalement, Le GCT a fait des progrès significatifs pour réduire les nuisances environnementales et maintenir des conditions propices de sécurité et de santé pour tous ceux qui travaillent à proximité.

4 RESULTATS & DISCUSSION

A titre illustratif, les résultats de notre enquête (analyse du contenu des documents collectés et des entretiens effectués) montrent les faits saillants et les constats suivants :

1-Configuration stratégique du GCT est essentiellement **orientée client** : Les actions stratégiques menées par le GCT en terme d'innovation (R&D) sont des comportements stratégiques orientées "Client". Le GCT se rapproche de ses clients traditionnels en leur offrant un potentiel important d'engrais phosphatés.

2-Le GCT a axé sa stratégie sur l'innovation et la "diversification liée"³. Ceci apparaît clairement à travers la transformation du TSP par exemple et qui n'a pas été imitée jusque là par les concurrents. A ce niveau, nous constatons que le GCT applique la stratégie du **"first mover advantage"**. L'idée principale de cette stratégie est qu'une entreprise se construit un avantage concurrentiel parce qu'elle est la première à proposer un produit ou un service et en devient donc la référence dans le marché ([37]). La première firme qui s'engage bénéficie d'une certaine loyauté des clients. Sa réputation s'accroissant, il est difficile pour tout nouvel entrant de lui faire perdre des parts de marché. Conscient de la nécessité d'innover pour conserver sa position mondiale, le GCT veille à innover systématiquement et à renforcer les activités de recherche scientifique afin de développer des procédés innovants et compétitifs. A ce niveau, nous retrouvons le concept de **l'innovation systématique** de **Drucker** (2000) [29]. Nous remarquons aussi que l'avantage concurrentiel ne peut être durable. C'est pour cela que le GCT s'attache à innover et à revoir son positionnement sur le marché. Le seul avantage concurrentiel durable est dans la capacité de changement et d'innovation.

3-La stratégie du GCT se focalise sur les opérations de fusion, acquisition ou partenariat. L'évolution historique du groupe le montre clairement. Nous rappelons, à titre d'exemple, les fusions de la SIAPE et de la SAEPA ; la fusion des structures commerciales de la CPG et du GCT..., ce qui a permis la naissance de plusieurs nouveaux projets tels que le projet SACF, TIFERT et les deux usines de M'dhilla. Dans cette acception, la stratégie du GCT rejoint l'approche **relationnelle** de Dyer et Singh (1998) ([8]). Le GCT opte notamment pour les relations du type **vertical symbiotique** avec certains clients.

4-D'après les entretiens et l'analyse du contenu des documents, il paraît que le GCT cherche à renforcer sa position du leader mondial en adoptant la stratégie de la diversification. Cette dernière s'inscrit dans une logique **d'évitement** de la concurrence et d'ajustement aux perturbations de l'environnement et à la dynamique de la concurrence : ce qui nous renvoie au triptyque : évitement-affrontement-coopération de Koenig (1996) [38] qui appréhende ces trois principales **politiques relationnelles** et propose également d'autres situations intermédiaires entre ces pôles (la différenciation, la distinction, l'entente et la coopération).

³ La diversification liée correspond à un développement vers de nouvelles activités qui présentent des points communs avec les activités existantes. http://ressources.auneg.fr/nuxeo/site/esupversions/249abbd8-0669-4a63-9056-1f662cc2b7fd/co/grain_02.html

5- Les résultats laissent entendre que le GCT ne se contente pas d'une seule action stratégique. Nous retrouvons une **combinaison** de plusieurs stratégies, ce qui milite en faveur de la flexibilité organisationnelle de la firme. Nous remarquons aussi que le GCT n'adopte pas une seule stratégie générique tel que recommandé par Porter. Ce raisonnement rejoint les propos de Billard ([39], P.5) selon lesquels « cet environnement exige une mutation radicale en matière de stratégie. L'heure n'est plus à l'avantage durable mais une série d'avantages provisoires. Avoir un comportement hypercompétitif veut dire créer continuellement de nouveaux avantages compétitifs, détruire, rendre obsolète ou neutraliser l'avantage de l'adversaire ». Un grand nombre d'études ont montré que les firmes combinant plusieurs stratégies ont de meilleures performances par rapport à celles qui suivent des stratégies pures. L'introduction d'une dimension dynamique dans les stratégies génériques de Porter permet de réconcilier deux courants de pensée, que l'on a souvent opposés : l'approche structuraliste et l'approche dynamique. Le GCT opte pour plusieurs stratégies et logiques concurrentielles (innovation, adaptation pat fit orientée client et environnement, partenariat, diversification, différenciation...) et dispose donc d'un portefeuille d'avantages concurrentiels. Et c'est là qu'on retrouve le modèle de Billard ([39]) qui recommande une **approche dynamique** des stratégies génériques de M Porter. Le type de comportement du GCT s'inscrit dans le cadre de la **polyvalence stratégique** où l'entreprise peut mobiliser des comportements standards d'adéquation si la situation concurrentielle permet de se satisfaire et passer à une logique de transformation si nécessaire. Cette dernière approche est plus couteuse car elle suppose une remise en cause des cadres des actions habituels.

6- Nul ne peut ignorer l'impact nuisible de l'instabilité économique sur la marche du GCT : En effet, le secteur du phosphate en Tunisie fait face depuis la révolution (en 2011) à une instabilité de la production. Une instabilité qui a pour première cause les sit-in de protestation qui ont bloqué les opérations de transformation et l'exportation des dérivés du phosphate. Le bassin minier de Gafsa, vivier des mouvements sociaux, réclame sans relâche une partie de la rente du phosphate. Les grèves à répétition ont mis à plat ce secteur stratégique. Le secteur du phosphate a, en effet, enregistré, depuis 2011, un manque à gagner de près de 5 mille millions de dinars. La production de phosphate a régressé de près de 60%, atteignant en 2015 environ 3,2 millions de tonnes, alors que le niveau de la transformation a baissé également à 2,5 millions de tonnes ainsi que le transport des phosphates qui est passé de 7,3 millions de tonnes au cours de 2010 à 2,3 millions de tonnes en 2015. Actuellement, la CPG œuvre à retrouver le rythme normal de la production pour atteindre 8 millions de tonnes de phosphate commercial et réaliser les équilibres financiers de la compagnie. Le GCT court un risque de fermeture d'un certain nombre d'unités de production. Cette situation a eu des conséquences néfastes sur les résultats financiers du groupe, ce qui a causé une baisse de sa capacité d'emprunt nécessaire à la garantie de financement de ses projets. Elle a aussi évoqué la perte de la position du groupe sur le marché mondial au profit de ses concurrents directs (le Maroc et l'Arabie saoudite). Le groupe a déjà perdu tout le marché turc et environ 50% des marchés indien et brésilien⁴.

7- La dégradation de la position du CGT a fait profiter à son principal concurrent de la zone : l'office chérifien des phosphates (OCP) du Maroc. Au cours des dix dernières années, l'OCP s'est métamorphosé en géant des engrais. Face aux chinois, aux américains et aux saoudiens, il vise aujourd'hui la 1^{ère} place à l'échelle mondiale. La stratégie de l'OCP est double : être flexible pour vendre du phosphate et des engrais selon les conditions du marché et dissuader les concurrents en ayant les coûts de production les plus bas. Cette stratégie vise d'entretenir la **stabilité du jeu concurrentiel et le statu quo** en érigeant les barrières à l'entrée pour dissuader les concurrents potentiels [5]. Cela passe par la stratégie générique de la domination par les coûts. C'est un choix stratégique **passif** propre aux firmes dominantes en position monopolistique. L'OCP aspire implanter la plus grande usine de lavage du monde en 2020. Récemment, trois nouvelles mines ont démarré leurs activités. Deux nouvelles usines de lavage ont été mises en œuvre en 2015 et une troisième, la plus grande au monde, devrait être opérationnelle en 2020. Entre le GCT tunisien et l'OCP marocain, s'installe une **concurrence multi marchés avec des comportements agressifs du type hyper compétitif**. Cette dernière concerne des entreprises présentes avec un même produit sur différents marchés géographiques et elle joue actuellement en défaveur du GCT qui est frappé par la turbulence politique du pays suite à la révolution 2011 : D'où l'effet du **cadre institutionnel** sur la dynamique concurrentielle des entreprises⁵.

En guise de conclusion, nous remarquons que le comportement stratégique du GCT et de ses concurrents ne semble pas suivre exclusivement la logique de l'intention stratégique de Hamel et Prahalad (1995) ([22]) qui mettent en avant un comportement stratégique actif (où il faut perturber le jeu concurrentiel et apprendre à profiter de la dynamique concurrentielle et ce en développant des ressources spécifiques et en se recentrant sur l'intérieur). Dans ce secteur stratégique de minerais, on retrouve aussi la logique structuraliste classique où l'analyse de la structure de la concurrence et de l'industrie demeure déterminante. Nous constatons, en plus, que la stratégie far du GCT est la **stratégie par fit** dans une démarche de

⁴ Business News du 24/03/2016 par Ikhlas Latif

⁵ Jeune Afrique du 23/10/2018 par Julien Wagner ; Economiste maghrébin du 22/12/2017 par Mohsen Tiss.

compréhension profonde et intime des **clients** : c'est pourquoi, le GCT opte notamment pour les relations de type **vertical** symbiotique avec certains clients. Par ailleurs, il faut noter que le cadre macroéconomique du secteur et du pays (postrévolutionnaire, conjoncture locale et internationale, institutionnel, écosystème d'affaires) a joué en défaveur du GCT. En s'appuyant sur la revue de littérature et sur les constats empiriques, nous pouvons en déduire le comportement stratégique adéquat à chaque type d'environnement. Dans un environnement complexe, dynamique et hyper compétitif, si l'entreprise dispose de moyens pour maîtriser et prévoir les changements, alors elle est appelée à employer des **formes actives** de stratégies en « perturbant le statu quo » via les stratégies d'innovation et de différenciation [28].

En revanche, si l'entreprise opère dans ce même type d'environnement mais elle n'arrive pas à prévoir les changements ou à maîtriser l'incertitude, alors il sera plus judicieux d'opter pour des **stratégies passives** telles que la spécialisation ou la domination par les coûts en cherchant à hausser les barrières à l'entrée afin de dissuader les concurrents potentiels [28].

5 CONCLUSION

Tout au long du papier, nous avons mis l'accent, dans le cadre conceptuel, sur l'évolution de la pensée en stratégie depuis les années 1980. Dans un environnement turbulent, hyper compétitif, on est passé d'un modèle structuraliste d'adéquation à un modèle comportementaliste d'intention caractérisé par une dynamique concurrentielle atroce [2]. Dans ce cadre, le manager doit repenser intégralement son approche stratégique. Il n'est plus possible dans un contexte pareil de planifier à long terme puisque la planification allonge la réponse alors que le facteur temps dans cet environnement est très important. Ainsi, l'avantage concurrentiel à long terme n'est qu'une succession d'avantages temporaires.

Afin de comprendre la logique qui sous tend le comportement stratégique de l'entreprise moderne : adéquation ou intention ; passif ou actif ; par fit ou par stretch?, nous avons adopté la méthode d'étude de cas spécifique du GCT qui demeure, en dépit du contexte postrévolutionnaire nuisible, une « *puissance de feu* » par le fait que c'est une grande entreprise qui a une grande capacité financière et une grande disponibilité, rareté et variété des ressources. L'apport et la conclusion majeure de notre travail est de dépasser le débat qui oppose d'une part l'approche adaptative et passive et d'autre part l'approche active et volontariste. Ces deux approches ne sont pas exclusives et ne doivent pas être considérées comme des idéaux types. A travers l'analyse de l'évolution du comportement stratégique du GCT, nous pouvons défendre l'idée de la **polyvalence stratégique** qui vient contrecarrer nos deux propositions de recherche qui militent en faveur de l'une des stratégies antagonistes : l'adéquation ou bien l'intention. Cette polyvalence stratégique consisterait à concilier des avantages concurrentiels contradictoires en alternant adéquation (stratégie par fit) et intention (stratégie par stretch). Il s'agit de combiner des postures stratégiques différentes : c'est la notion de la double flexibilité stratégique. Ainsi, il est possible d'avoir un portefeuille d'avantages concurrentiels en s'appuyant sur des stratégies de nature paradoxale (stratégie passive d'adéquation à l'environnement ou proactives et offensives d'innovation radicale) et en s'inspirant aussi bien du modèle classique d'économie industrielle que du modèle moderne fondé sur les comportements des acteurs.

Au-delà de l'importance des constats dégagés, cette recherche reste exploratoire. Une étude longitudinale plus approfondie basée sur de plus amples informations sur l'évolution des stratégies du GCT et sur les spécificités de la concurrence multi marché entre le GCT et ses concurrents internationaux (les mécanismes de la théorie des jeux et des cartels) pourrait fournir des résultats plus judicieux. Un plus grand nombre d'entretiens suivis par une analyse du contenu plus rigoureuse donneraient certainement des enseignements plus enrichissants.

REFERENCES

- [1] F.M. Scherer and D. Ross, "Industrial Market Structure and Economic Performance", University of Illinois at Urbana-Champaign's, *Academy for Entrepreneurial Leadership*, Historical Research Reference in Entrepreneurship, 1990.
- [2] M. E. Porter, (1980), *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. New York: Free Press, 1980 (Republished with a new introduction, 1998).
- [3] R. D'Aveni, *Hypercompétition*, Paris, Vuibert, 381 pages, 1995
- [4] H. Dumez and A. Jeune, "Les stratégies de déstabilisation de la concurrence: déverrouillage et recombinaison du marché", *Revue Française de Gestion*, no.158, pp.195 – 206, 2004.
- [5] F. Le Roy, *Introduction: de nouvelles approches de la concurrence* », In F. Le Roy (éd.), *La concurrence: entre affrontement et connivence*, Paris, Vuibert, pp. 3-10, 2002.
- [6] F. Le Roy, "Agressivité concurrentielle et choix stratégique: une étude empirique", *Revue Gestion* 2000, janvier-février, pp. 65-82, 2003.
- [7] T. F. O'Shannassy, "Strategic Intent: The literature, the construct, and its role in predicting organization performance", *Journal of management and Organization*, vol.22, no.5, pp.583-598, 2016.

- [8] J. H. Dyer and H. Singh, "The Relational View: Cooperative Strategy and Sources of Interorganizational Competitive Advantage", *The Academy of Management Review*, vol.23, no.4, pp. 660-679, 1998.
- [9] W. G. Astley and C. J. Fombrun, "Collective strategy, social ecology of organizational environments", *Academy of Management Review*, pp. 576-587, 1983.
- [10] M. Bengtsson and S. Kock, "Cooperation and competition in relationships between competitors in business networks", *Journal of Business & Industrial Marketing*, vol.14, no.3, pp. 178-194, 1999.
- [11] B. Nalebuff and A. Brandenburger, *La coopération, une révolution dans la manière de jouer concurrence et coopération*, Village Mondial, Paris, 1996.
- [12] A.A Lado; N.G., Boyd and S.C Hanlo, "Competition, Cooperation, and the Search for Economic Rents: A Syncretic Model", *The Academy of Management Review*, vol. 22, no.1, pp. 110- 141, 1997.
- [13] J. S. Lacam, "Les interactions concurrentielles lors d'une stratégie de coopération", *Management & Avenir*, no. 97, pp.13-34, 2017.
- [14] G. Ralandison, E. Milliot and V. Harison, "De la coopération intégrée à la coévolution intentionnelle: Cas de réseaux de producteurs et d'exportateurs de la filière des huiles essentielles à Madagascar", *Finance Contrôle Stratégie*, Numéro Spécial no.2, 2018.
- [15] W. C. Kim and R. Renne Mauborgne, *Stratégie océan bleu: Comment créer de nouveaux espaces stratégiques*, Pearson Education, London, 2010.
- [16] P. Baumard, *Analyse stratégique, mouvements, signaux concurrentiels et interdépendance*. Dunod, 2000.
- [17] J. C. Mathé, *Dynamique concurrentielle et valeur de l'entreprise*, Paris, EMS, 2004.
- [18] K. G., Smith, W. Ferrier and C. Grimm, "King of the Hill : Dethroning the Industry Leader", *Academy of Management Executive*, vol.15, no. 2, pp. 59-70, 2001.
- [19] D.J Ketchen, C.C. Snow and V.L. Hoover, "Research on competitive dynamics: recent accomplishments and future challenges", *Journal of Management*, vol.30, no.6, pp. 779-804, 2004.
- [20] F. Bensebaa, "Impact des sphères d'influence sur le comportement concurrentiel des firmes", *Finance Contrôle Stratégie*, vol.4, no.2, pp. 33-61, 2001.
- [21] R. A. Bettis and M. A. Hitt, "The new competitive landscape", *Strategic Management Journal*, vol.16, pp. 7-19, 1995.
- [22] G. Hamel and C. K. Prahalad, "Strategic Intent", *Harvard Business Review*, vol. 67, no.3, pp. 63-77, 1989.
- [23] M. E. Porter, "Towards a dynamic theory of strategy", *Strategic Management Journal*, vol. 12, no. 2, pp. 95-117, 1991.
- [24] M. Hannan and J. Freeman, "The Population Ecology of Organizations", *American Journal of Sociology*, no.82, 1977.
- [25] R. E. Hosckisson, M. A. Hitt, W. Wan and D. Yiu, "Theory and research in strategic management: Swings of a pendulum", *Journal of Management*, vol.25, no.3, pp. 417-456, 1999.
- [26] D. Autissier and F. Bensebaa, *Vivre dans les environnements concurrentiels dynamiques: les difficultés de préservation de l'indépendance stratégique*, XVIème Conférence Internationale de Management Stratégique, Montréal, 6-9 Juin 2007.
- [27] F. Bensebaa, "La dynamique concurrentielle: défis analytiques et méthodologiques", *Finance Contrôle Stratégie*, vol. 6, no.1, pp. 5 – 37, 2003.
- [28] F. LE Roy, "La concurrence entre affrontement et connivence", *Revue Française de Gestion*, no.158, pp. 149 -152, 2004.
- [29] P. DRUCKER, *A propos du Management*, Ed Village Mondial, 2000.
- [30] A. J. Slywotzky, *Value Migration: How to Think Several Moves Ahead of the Competition*, Harvard Business Review Press, Boston, MA, 1996.
- [31] M. Saias and E. Metais, "Stratégie d'entreprise: évolution de la pensée", *Finance Contrôle Stratégie*, vol. 4, no.1, pp. 183-213, 2001.
- [32] R. K Yin, *Case Study Research: Design and Methods*, Londres, Sage, 1994.
- [33] M. B Miles and M. A Huberman, *Analyse des données qualitatives*, (2e éd.), Paris : De Boeck, 2003.
- [34] F. Wacheux, *Méthodes qualitatives et recherche en gestion*, Paris, Economica, 290 pages, 1996.
- [35] L. R. Jauch, R. N. Osborn and T. N. Martin, "Structured Content Analysis of Cases: a Complementary Method for Organizational Research", *Academy of Management Review*, vol.5, no.4, pp. 517-525, 1980.
- [36] K. R. Harrigan, "Research Methodologies for Contingency Approaches to Business Strategy", *Academy of Management Review*, vol. 8, no.3, pp. 398-405, 1983.
- [37] M. B. Lieberman and D. B. Montgomery, "First-mover (dis) advantages: Retrospective and link with the Resource-Based View", *Strategic Management Journal*, vol.19, pp. 1111-1125, 1998.
- [38] G. Koenig, *Management stratégique. Paradoxes, interactions et apprentissages*, Nathan, Paris, 1996.
- [39] L. Billard, "Une approche dynamique des stratégies génériques de M. PORTER", AIMS, 1998.

Effet combiné des fumiers d'étable et des cendres de bois de chauffe sur les rendements de Maïs *Mudishi3* planté dans une jachère herbeuse à Yangambi

[Mixed effect of shed manure and fired wood ash on *Mudishi3* maize yields planted in an herbaceous follow in Yangambi]

K. MABILO¹, A. KAYUMBA², K.M. BANTODISA³, K. KOMBOZI¹, D. BADJOKO⁴, E. LINGOMO⁵, K. NGENDJA⁵, L. M'PIRA¹, S. BATIBONDA¹, and L. KAYAWA⁵

¹Antenne élevage, Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Centre de Recherches de Yangambi, BP.2015 Kisangani, RD Congo

²Antenne Recherche-Développement, Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Centre de Recherches de Yangambi, BP.2015 Kisangani, RD Congo

³Programme National de Recherches sur le Caféier, Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Centre de Recherches de Yangambi, BP.2015 Kisangani, RD Congo

⁴Programme National de Gestion des Ressources Naturelles et Conservation de la Nature, Section Agroforesterie, Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Centre de Recherches de Yangambi, BP.2015 Kisangani, RD Congo

⁵Programme National de Recherches sur le Riz, Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Centre de Recherches de Yangambi, BP.2015 Kisangani, RD Congo

Copyright © 2019 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 trial testing the yield of *Mudishi3* maize variety planted in an herbaceous follow has been realized during cultures campaign 2016-2017 in Yangambi in order to determine the best dose of manure can increase the productivity of this crop. Thus, increasing dose mixed of shed manure and ash of the wood have been used in order to improve fertility and to fight against soil acidity.

This trial has been installed following randomized completely block with three repetitions and seven treatments referred from T₀ to T₆ in which has been bury 40g of ash mixed at the increasing dose of pounded waste material (Cow and goat) from 500g to 1000g in each experimental parcel.

The results obtained show that the yields from experienced traitement have been interesting during the two croppings saisons comparative by witness of the 1.6t/ha and 2.5t/ha respectivity about first cultural saison and second cultural season. However, the general tendency the dose differentes on experimented treatments indicate increasing dose from the waste material of geat combined ash have gaven the best yields comparatively to the waite material of the cow.

At the last, the application of this manure could improve the fertility the soil and increase the yield in continuing.

KEYWORDS: Zea mays, *Mudishi3*, soil fertility, follow, yield and Yangambi.

RÉSUMÉ: Un essai testant le rendement de Maïs *Mudishi3* planté dans une jachère herbeuse a été réalisé durant les campagnes culturales 2016 et 2017 à Yangambi afin de déterminer la meilleure dose des fumures susceptibles d'augmenter la productivité

de cette culture. Ainsi, les doses croissantes des fumiers d'étables combinées aux cendres de bois de chauffe ont été utilisées en vue d'améliorer la fertilité et lutter contre l'acidité du sol.

Cet essai a été installé suivant le dispositif en bloc complètement randomisé à 3 répétitions avec 7 traitements dénommés T₀ à T₆ dans lequel a été enfouis 40g de cendre associés aux doses croissantes des déjections des bovins et des caprins préalablement pilées, allant de 500 à 1000g dans chaque parcelle expérimentale.

Les résultats obtenus ont montré que les rendements sur les traitements expérimentés ont été intéressants durant les deux campagnes par rapport aux témoins dont 1.6t/ha et 2.5t/ha respectivement pour la première et deuxième saison culturale. Cependant, la tendance générale de différentes doses de traitements expérimentés indique que les doses croissantes de déjections des caprins associées aux cendres ont données les meilleurs rendements comparativement à celle de déjections des bovins. Enfin, l'application de cette fumure pourrait améliorer la fertilité du sol et augmenter de façon continue le rendement de la culture.

MOTS-CLEFS: *Zea mays*, *Mudishi3*, Fertilité du sol, jachère, rendement et Yangambi.

1 INTRODUCTION

En milieu rural, la plupart des paysans congolais pratiquent à la fois l'agriculture et l'élevage des bétails. Ainsi, les revenus de ces petits exploitants sont essentiellement établis sur la production agricole et leurs survies sont subordonnées en majeure partie par ces activités.

En effet, depuis plusieurs années, l'activité agricole est confrontée aux divers problèmes dont la gestion durable et la reconstitution des sols fortement dégradés constituent un défi pour l'agriculture des pays tropicaux.

L'optimisation des productions nécessite un recours aux fertilisants chimiques qui restent très coûteux pour les paysans dépourvus de ressources financières [9]. En plus, les possibilités d'accès et d'utilisation des engrais minéraux en milieu villageois sont très limitées. [7].

Toutefois, de nombreuses études ont montré que l'exploitation continue des terres par l'agriculture itinérante sur brûlis affecte rapidement la capacité productive des sols et compromet dangereusement l'équilibre de l'écosystème [4], [3].

Devant cette situation, l'épuisement des nutriments de sols demeure l'une des principales causes de la baisse des rendements dans les systèmes agricoles traditionnels. Ce qui devient difficile de subvenir aux besoins d'une population croissante [5], [11]. De plus, les mauvaises herbes à leur tour, viennent exacerber la modicité de la production en concurrençant les plantes cultivées dans leur nutrition minérale [1], [2].

Pour maintenir d'une part la fertilité des sols cultivés, plusieurs techniques de gestion de la fertilité des sols s'appuyant sur la valorisation de la matière organique et l'intégration agriculture-élevage ont été développées pour remédier aux contraintes liées à la faible production en milieu tropical [6]. D'autre part, l'incorporation des matières organiques au sol combinée aux techniques de travail du sol améliore certaines propriétés du sol tout en réduisant les phénomènes d'érosion [2], [10]. Dans ces conditions, elles facilitent la pénétration des racines et améliorent la disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs pour les plantes. L'adoption de cette technologie permettra de préserver la forêt contre la destruction perpétuelle par l'agriculture itinérante à cycle cultural court et à longue jachère. Elle constitue donc une stratégie susceptible de sédentariser l'agriculteur rural.

En plus, dans de nombreux pays tropicaux des variétés performantes de maïs sont disponibles, mais les possibilités qui permettraient la production du rendement optimal en milieu paysan fait réellement défaut. Ainsi cette technique contribue à la compréhension des relations d'interdépendance entre l'agriculture et l'élevage ; elle demeure aussi une possibilité pour améliorer le revenu familial en milieu villageois tout en assurant la gestion durable de la fertilité du sol. Ainsi, cet essai vise à trouver les meilleures doses de fumure capables d'augmenter la productivité de maïs en milieu paysan.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

L'essai a été mené à la Ferme Zootechnique de l'INERA-Yangambi. Ce site est localisé dans la Province de la Tshopo, en République Démocratique du Congo, à 2 km du Bureau de la Direction du Centre de Recherches. Il a comme coordonnées géographiques 24°27'12,7'' longitude Est, 0°46'49,5'' latitude Nord et 449 m d'altitude.

Le climat qui prévaut dans ce milieu est du type Af de la classification de Köppen, avec une précipitation annuelle bimodale de 1890 mm, une température moyenne annuelle de 24,5°C et une insolation annuelle de 2015 heures, dans la zone équatoriale humide de la cuvette centrale Congolaise. [8].

Le champ expérimental a été installé dans une jachère herbeuse constituée essentiellement des graminées, légumineuses et d'herbes rudérales.

2.2 MATÉRIELS D'ÉTUDE

L'expérimentation a porté sur le fumier d'étable associé aux cendres comme fumure et le maïs (*Zea mays*) de la variété Mudishi 3 comme plante-test.

2.3 MÉTHODE

Une superficie de 21m de large et 37m de long soit 777m² a été fauchée, puis dessouchée à la houe sans labour et incinération. Le semis a été fait aux écartements de 0,75m entre les lignes et 0,60m dans la ligne à raison de 3 graines par poquet dans des parcelles élémentaires de 30m² en date du 22 Avril 2016 pour la 1^{ère} campagne culturale et le 22 Avril 2017 pour la 2^{ème} campagne culturale.

Le dispositif expérimental adopté est celui de bloc complètement randomisé à 3 répétitions avec 7 traitements. L'espace entre parcelle est séparé par une allée de 1m et les blocs consécutifs étaient distants de 3,5m.

Dans chaque parcelle expérimentale, un trou de 15cm de profondeur ayant une dimension de 100cm² a été creusé dans lequel a été enfouis 40g de cendre associés aux doses croissantes des déjections de bovins et de caprins préalablement pilées, allant de 500 à 1.000g en vue de lutter contre l'acidité du sol et restaurer la fertilité. Ces parcelles ont été paillées à base des herbes fauchées associées aux feuilles de *Cassia spectabilis* afin de garder permanent l'humidité du sol et éviter la prolifération des mauvaises herbes.

La technique culturale utilisée était le God farming qui consiste à labourer sans incinérer. Les parcelles témoins étaient préparées à la manière paysanne, c'est-à-dire nettoyée et semée sans paillage.

Les doses de fumure et les techniques culturales appliquées à chacune des 6 parcelles dénommée T₁ à T₆ constituent les traitements expérimentaux. Le traitement T₀ sans labour, sans fumure et sans paillage sert de témoin et répond au système cultural appliqué en production paysanne, c'est-à-dire nettoyer et semer sans être pailler hormis l'incinération.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les données observées sur les paramètres de croissance au cours de deux campagnes culturales sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. *Effet des différents traitements sur la croissance de maïs.*

Désignations	Doses de fumure et combinaisons	Traitements Paramètres de croissance	
		Diamètre Moyen au collet (cm)	Hauteur moyenne (cm)
T ₀	Sans fumure	2,20	187,7
T ₁	500g DC +40gC	2,37	232,8
T ₂	1000gDV+40gC	2,37	263,8
T ₃	750 g DC+ 40gC	2,43	259,7
T ₄	500 g DV+ 40gC	2,46	257,0
T ₅	1000 g D +40gC	2,23	256,9
T ₆	750g DV+40gC	2,46	243,6
Total		16,52	1701,5
Moyenne		2,36	243,07
t0.05		4,70S	5,47S

Ce tableau indique que la croissance a été globalement satisfaisante. Le diamètre moyen au collet et la hauteur moyenne durant les 2 campagnes ont variés respectivement de 2,20 cm à 2,46 cm et de 187,7 cm à 263,8 cm pour toutes les parcelles expérimentales, y compris les parcelles témoins.

Les facteurs comme l'attaque des borers et la verse observées au cours de cette étude (Tab. 3) n'ont pas contribué à perturber la croissance de maïs.

Toutefois, les diamètres moyens et les hauteurs moyennes de toutes les parcelles expérimentales ont présenté une supériorité relative par rapport aux parcelles témoins. Le fait que les diamètres moyens des parcelles traitées soient comparables aux diamètres moyens des parcelles non traitées nous amène à penser que cette situation serait liée au patrimoine génétique de la plante test [1].

En comparant les données, il a été constaté que les doses de fumure combinées à la technique culturale ont influé favorablement sur le développement végétatif de maïs. En plus, par rapport au témoin, la hauteur moyenne des parcelles expérimentales présente aussi une supériorité relative. Cette augmentation de taille observée dans les parcelles fumées associées au paillage a permis un faible enherbement de ces parcelles comparativement aux parcelles non fumées ni paillées où 4 passages de sarclage ont été effectués avant la récolte à la 1^{ère} campagne et 6 passages à la 2^{ème} campagne. Ce faible enherbement dans cette condition permet la sédentarisation du paysan par la réduction de frais alloué au paiement de la main d'œuvre qui assure le sarclage ou à l'achat d'herbicides pour combattre les adventices, pourtant inexistant en milieu paysan [8].

Ainsi, le test "t" de Student appliqué aux données reprises dans ce tableau a révélé une différence significative respectivement entre les diamètres moyens aussi bien pour les hauteurs moyennes de plant se trouvant dans les parcelles traitées par rapport à leurs témoins.

Les résultats des observations sur les attaques de borers et la sensibilité à la verse ayant fait l'objet de cette étude pour les 2 campagnes culturales sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 2. *Pourcentage moyen d'attaque et de sensibilité à la verse*

Désignations	Doses de fumure et combinaisons	Attaque des borers (%)	Sensibilité à la verse (%)
T ₀	Sans fumure	16,63	0,93
T ₁	500 g DC + 40g C	17,6	10,73
T ₂	1000 g DV+ 40gC	16,13	8,3
T ₃	750 g DC+ 40gC	17,1	6,3
T ₄	500 g DV+ 40 g C	17,13	3,4
T ₅	1000 g D + 40gC	15,63	7,8
T ₆	750g DV+ 40gC	16,08	3,9
Total		116,28	41,36
Moyenne		16,61	5,90
t0.05		0,07NS	3,94S

Il ressort de ce tableau que tous les traitements, y compris les témoins, ont été attaqués indistinctement par les borers. Les pourcentages les plus élevés ont été observés par ordre de croissance dans les traitements T₄, T₁ et T₃. Le pourcentage le plus faible se situe dans le traitement T₅.

En plus, tous les traitements, y compris les témoins, se sont bien comportés à la sensibilité à la verse car les taux varient de 0,93% à 10,73%. En comparant le nombre des pieds affectés dans chaque parcelle, la sensibilité demeure faible et ne présente pas un effet marqué. Ainsi, les taux les plus faibles ont été observés dans les traitements T₀, T₄ et T₆ tandis que le traitement T₁ a été le plus affecté.

D'une façon générale, le classement des traitements selon les attaques des borers et la sensibilité à la verse sont respectivement présentées de la manière suivante : T₀<T₁>T₂<T₃<T₄>T₅<T₆ et T₀<T₁<T₂<T₃<T₄>T₅<T₆. Sur base des pourcentages et de ces classements, il s'avère que tous les traitements y compris leurs témoins ont exprimés une résistance moyennement sensible à l'attaque des borers et à la verse.

En outre, la différence observée sur les données qui figurent au tableau 2 pour chaque facteur pris individuellement est statistiquement non significative au point P.05 pour les attaques de borers et significative pour la sensibilité à la verse.

Les effets combinés de fumure et de paillage sur les composantes de rendement de maïs sont résumés au tableau 3.

Tableau 3. Effet combiné de fumure et de paillage sur les rendements et ses composantes

Traitements		Composantes du rendement				
Désignation	Doses de fumure et combinaison	H.I.EP (cm)	L.Ep. (cm)	D. Ep. (cm)	Rendement (Kg/ha)	
					CC 2016	CC 2017
T ₀	Sans fumure	88	9,5	5,1	758	697
T ₁	500 g DC + 40g C	94	13,9	4,9	1.440	2.592
T ₂	1000g DV+ 40g C	107	15,2	5,0	1.430	2.145
T ₃	750 g DC+ 40g C	100	15,0	5,0	1.980	2.970
T ₄	500 g DV+ 40 g C	95	15,0	5,1	1.400	2.235
T ₅	1000 g D + 40 g C	100	15,2	5,1	1.890	2.830
T ₆	750 g DV+40 g C	100	15,2	5,0	1.650	2.470
Total		684	99	35,2	10.548	15.939
Moyenne		97,7	14,1	5,02	1.506,8	2.277
t 0,05		4,275	5,445		4,915	5,525

Légende : H.I.Ep : hauteur moyenne à l'insertion de l'épi

L. Ep : Longueur moyenne des épis

D. Ep : diamètre moyen des épis

c.c. 2016 : campagne culturale 2016

c.c. 2017 : campagne culturale 2017

Il se dégage de ce tableau que l'action des différentes doses de fumure combinée au paillage a influé favorablement sur le rendement et ses composantes par rapport aux témoins durant les 2 campagnes culturales de maïs *Mudishi3* plantés dans une jachère herbeuse en milieu de Yangambi.

En comparant les diamètres moyens des épis produits, le traitement T₀ indique une supériorité relative par rapport au traitement T₁. Bien que le diamètre moyen des épis de traitement T₁ soit faiblement inférieur à celui du traitement T₀. La différence observée entre ces 2 traitements n'est pas très marquée. Cette situation s'explique par les caractères génétiques dans leurs géotypes, comme souligné pour les paramètres de croissance.

Quant au rendement, il a varié de 758 à 1980 kg par ha pour l'ensemble des traitements tests de la 1^{ère} campagne culturale et de 697 à 2970 kg par ha pour ceux de la 2^{ème} campagne culturale. De ce fait, les traitements expérimentaux ont donné tous de bonne productivité comparativement aux traitements témoins. Ce niveau de rendement se justifie par la combinaison dans le sol de cendre de bois de chauffe qui aurait corrigé l'acidité du sol et la fumure organique qui aurait apporté dans ces parcelles tests les nutriments qui ont amélioré la fertilité du sol et qui ont été assimilés par les plantes. De plus, l'application du test de t Student pour les 2 campagnes confirme une différence significative par rapport aux témoins et les 2 campagnes ont connu une augmentation de 5391 kg suite à l'action cumulée des fumiers de ruminant associés aux cendres et au paillage.

Par ailleurs, les traitements qui ont reçu la fumure à base de déjection des caprins combinée au cendre de bois de chauffe ont donné les productions élevées par rapport à ceux qui ont reçu les mêmes doses de la fumure à base de déjection des bovins. En plus, il a été prouvé que la composition moyenne des fumiers de bovins et de caprins analysés au Burundi n'a pas présenté une différence nettement marquée [2].

En outre, comme les caprins sont élevés en grande quantité en milieu villageois, leurs déjections pourraient se retrouver en abondance où ils passent la nuit et pourraient être récupérées pour constituer une bonne fumure, en remplacement des engrais chimiques qui ne sont pas accessibles aux petits exploitants. En effet, sur le plan sanitaire, l'adoption de cette application tiendra compte de l'état sanitaire des animaux, étant donné que l'helminthiase est bien répandue dans les élevages traditionnels en vue de prévenir la contamination, alors que la déjection constitue un milieu de culture pour ces espèces pathogènes.

4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cet essai vise à déterminer la meilleure dose de fumure susceptible d'augmenter la productivité de maïs cultivé dans une jachère herbeuse en milieu forestier aussi bien accessible aux petits exploitants.

De cette étude, il ressort que les traitements appliqués ont présenté des rendements intéressants pour les 2 campagnes culturales. A part la culture en couloir expérimentée par la Section Agroforesterie à l'INERA-Yangambi, l'application des fumiers de ruminant en combinaison avec les cendres de bois de chauffe associé au paillage pourrait améliorer la fertilité du sol et augmenter de façon continue la productivité de la culture.

De ce fait, des études ultérieures doivent être menées, notamment sur :

- La démonstration de la rentabilité économique de ces différents traitements afin d'encourager l'adoption de la technologie par les petits agriculteurs ;
- Les analyses du sol s'avèrent nécessaire pour fixer les agriculteurs sur la contribution de cette application ;
- La poursuite de cette expérimentation sur des périodes assez longues permettront de fixer la durée de l'effet résiduel de fumure en culture continue.

REFERENCES

- [1] Ahuha L. R. Quantifying agricultural management effects on soil properties and processes, *Geoderma* 116, 1-2, 2003.
- [2] Bolakonga I., Moango M, Natdanga I. et Lienge B. Contribution à la détermination d'impacts économiques de la fertilisation d'un ferralsol par l'extrait aqueux de cendre de *Cynodon dactylon*, à Kisangani, RD. Congo, *Annales de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi*, Vol. 1, 39-47, 2007.
- [3] I.F.D.C. Principes et technologies de gestion intégrée de la fertilité des sols. Fiche technique 1,1-13, 2010.
- [4] INERA. Projet Programme, Section Agroforesterie, PNR-GCRN, Centre de Recherches de Yangambi, 2015.
- [5] ISSA, M.B. Problématique de la gestion durable des ressources naturelles et du développement agricole en Afrique de l'Ouest. *Intégration Agriculture-Elevage*, 7– 22, 2006.
- [6] Kantés. Smaling. E.A., Van Keulen H. et Sanogo Z.J.L. Bilan des éléments nutritifs dans les systèmes de production de la zone cotonnière du Mali-Sud. *Gestion durable de la fertilité du sol au sein des exploitations mixtes agriculture-élevage*, 23-38, 2006.
- [7] Koulibaly B, Traoré O, Dakuo D., Tomberé P.N et Bondé D. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier –maïs – sorgho au Burkina Faso. *Tropicicultura*, 28,3, 184,189, 2010.
- [8] Lalba A, Sibire Z.j., Tiendrébéogaj.p et Butare I. Renforcements des capacités des producteurs pour l'adoption de technologie intégrée de production végétale et animale en zone semi-aride du Burkina Faso. *Rapport de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles CRDI*, 170-198, 2006.
- [9] Likoko.B et Tentula K. Adventices dans la riziculture sur quelques oxisols de Yangambi. *Ann.Faculté des Sciences UNIKIS*, Vol.12, 449-457, 2003.
- [10] Mokossesse J.A, Ipage M. et Josus G. Croissance en pots de quatre espèces végétales sur des substrats enrichis avec la terre de termitières de cubitermes. *Tropicicultura*, Vol 27, 3,168-173 ,2009.
- [11] Nchoutnji I., Dongamo. A.I.; Mbiandoun M. et Dugué P. Accroître la production de la biomasse dans les terroirs d'agro-éleveurs, cas de systèmes de culture à base de céréales au Nord Cameroun. *Tropicicultura*, Vol 28, 3, 133-138, 2010.

Income Inequality, Environmental Degradation and Economic Development Nexus in Nigeria: Reassessing the Kuznets Hypothesis

Friday Bassey Agala and Felix Awara Eke

Lecturers, Department of Economics, Faculty of Social Sciences, University of Calabar, PMB 1115, Calabar, Nigeria

Copyright © 2019 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 investigated the relationship between income inequality, environmental degradation and economic development in Nigeria within the ambit of the Kuznets hypothesis and employed the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) technique. The findings indicate the non-existence of the Kuznets hypothesis in Nigeria; rather a scenario of a monotonically increasing relationship is observed between carbon dioxide emissions and economic development in Nigeria, especially in the short run. The results further showed that environmental degradation has a negative impact on economic development, but for Nigeria it is insignificant as in most developing countries; while income inequality however rises with economic development. Given that there is a trade-off between reducing carbon dioxide emissions and income inequality in Nigeria to boost growth and development, a clearly thought-out policy directed towards ensuring that increases in the income of the poor majority are not spent on carbon emitting activities is recommended.

KEYWORDS: Income inequality, Kuznets hypothesis, Environmental Degradation, Economic Development, ARDL technique.

1 INTRODUCTION

The untoward effect of global warming typified by the melting of the ozone layer, loss of biodiversity, erratic changes in atmospheric conditions, increasing levels of temperature, rising sea levels, gully erosion and floods has generated renewed interests in understanding the relationship between economic development and environmental deterioration and by implication, how economic development and environmental degradation interact to create income disparities around the world. In their study, [1] observed that there exists a relationship between income inequality and per capita carbon emissions, that for low and middle-income countries, higher income disparities are associated with lower carbon emissions while in upper middle-income and high-income countries, higher income inequality increases per capita carbon emissions. Over the years, there have been tremendous efforts directed towards the drastic reduction of carbon dioxide emissions, environmental progressiveness, more effective and efficient economic transport systems regulation, sustained levels of emit fuel use by industries as well as ameliorating widening income disparities.

In 1955, Kuznets started the analysis of the relationship between income inequality and environmental pollution accompanying the pursuit of economic development; he observes that though income inequality rises with economic development, when a maximum point is reached, it declines steadily as per capita income rises. [2] alluded that economic development is increasingly resulting in carbon dioxide (CO₂) emissions, with the level rising to about 30 percent in the late 20th century while [3] believe that such high level of pollutants emission could result in the disruption of the environment and create environmental challenges capable of devastating sources of livelihood.

Besides internally generated pollutants, many African countries including Nigeria are haven for the dumping of waste products capable of compounding existing environmental problems. [4] argues that developing countries provide vacant places which serve as pollution haven where industrial wastes are dumped by developed nations. According to a study by the High Emission Scenario (HES) as found in [5], by 2025 Nigeria, Ghana, and Sierra Leone could generate about 5.4, 4.4 and 1.2 million tons of carbon dioxide (CO₂), respectively. These emissions account for about six, seven and four folds increase over the current level of emissions. However, the emissions can be reduced by 25 percent, 26 percent and 13 percent respectively if proactive

measures to abate carbon emissions are introduced as enshrined in the Low Emission Scenario (LES). But considering the fact that developing countries focus fundamentally on faster economic growth and development, they become prone to overuse of their natural resources (owing to the short-run marginal utility of economic development which they assume outweighs the marginal cost of environmental degradation), it would be a herculean task for such to checkmate such emissions. Interestingly, in the short run, developing countries express little willingness to abandon their quests for higher economic growth and development, since they hold the mandate of the citizens to improve their standards of living and to narrow widening income disparities.

Added to the goal of promoting growth and development, there is an increasing global mandate to safeguard the natural environment and prevent further loss of biodiversity [6]. Nigeria is not spared of the destruction of the environment in her quest for economic growth and development. The Niger Delta Region of Nigeria is laden with massive destruction of biodiversity and oil spillage is a case in point, and this does not preclude gully erosion in the South-East and South-South, surging sea levels in the South-West, and desert encroachment in the North. These environmental challenges have tended to widen the income gap in spite of the numerous measures adopted by the government to stem the scourge such as the formation of the National Emergency Management Agency (NEMA) in 1999, Niger Delta Development Commission (NDDC) in 2000, National Oil Spill Detection and Response Agency in 2006, and others.

Empirical studies in Nigeria such as [7-10], have tended to focus on the income-environment relationship with none of these studies examining how economic development interacts with the environment to create income inequality. This study therefore investigates the relationship between income inequality, environmental degradation and economic development in Nigeria from 1980 to 2016 exploring the Environmental Kuznets Hypothesis. Specifically, the study sets out to:

- examine the short run and long run relationship between carbon emission, economic development and income inequality in Nigeria; and thus, determine the existence or otherwise of the Environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in Nigeria
- investigate the impact of environmental degradation on economic development in Nigeria.
- determine the impact of economic development and environmental degradation on income inequality.

The rest of the study is structured in the following outline: the remaining part of the introduction examines trend analysis and review of empirical and theoretical literature, section two is the methodology and data analysis while section four focuses on discussion of findings and section five gives the summary, conclusion and policy implications.

1.1 TREND ANALYSIS, EMPIRICAL AND CONCEPTUAL ISSUES

In Nigeria, statistics has showed that as at 1970, carbon dioxide emissions in Nigeria stood at 0.355 metric tons per capita; this however surged to about 0.928 metric tons per capita in 1980, and declined steadily from 1987 (0.674 metric tons per capita) to 0.338 metric tons per capita in 1999; thereafter, Nigeria witnessed a significant rise in the emissions of carbon dioxide to about 0.770 metric tons per capita in 2004. The emissions declined marginally to about 0.571 metric tons per capita as at 2016 [11]. The trend is graphically demonstrated in figure one.

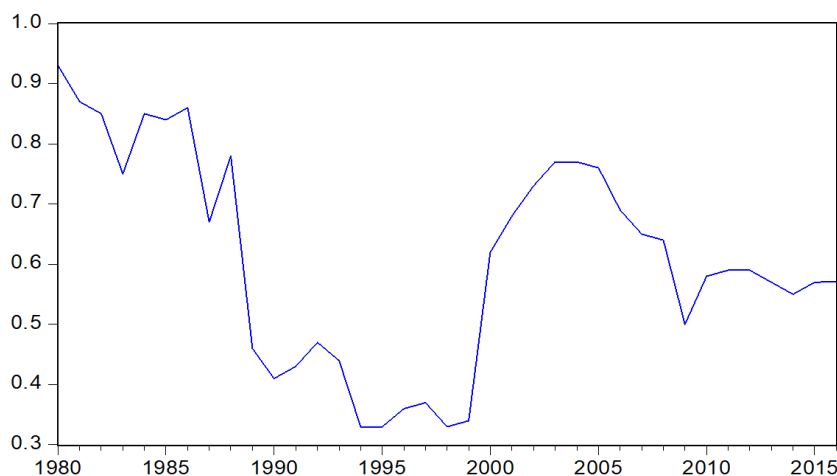


Fig. 1. TRENDS IN CO2 EMISSIONS (PER CAPITA METRIC TONS)

Source: Authors computation, 2018

Incorporating economic development (proxy by per capita GDP) and income inequality (proxy by per capita military spending) into the analysis, available data from the World Bank Development Indicators (WDI) from 1980 to 2016 indicate that per capita income in Nigeria estimated to be 873.96 US dollars in 1980 plummeted immensely to about 153.65 US dollars in 1993, it however increased significantly to an all-time high of about 3,221.68 US dollars in 2014, but from 2015 per capita income started declining marginally to 2,177.99 US dollars in 2016. This notwithstanding, per capita military spending (that is, total military spending to population ratio) which was estimated to be 24.20 naira per person in 1980 has been on the increase, rising to about 2,387.75 naira per person as at 2016. This exemplifies the widening income inequality in Nigeria as shown in figure two.

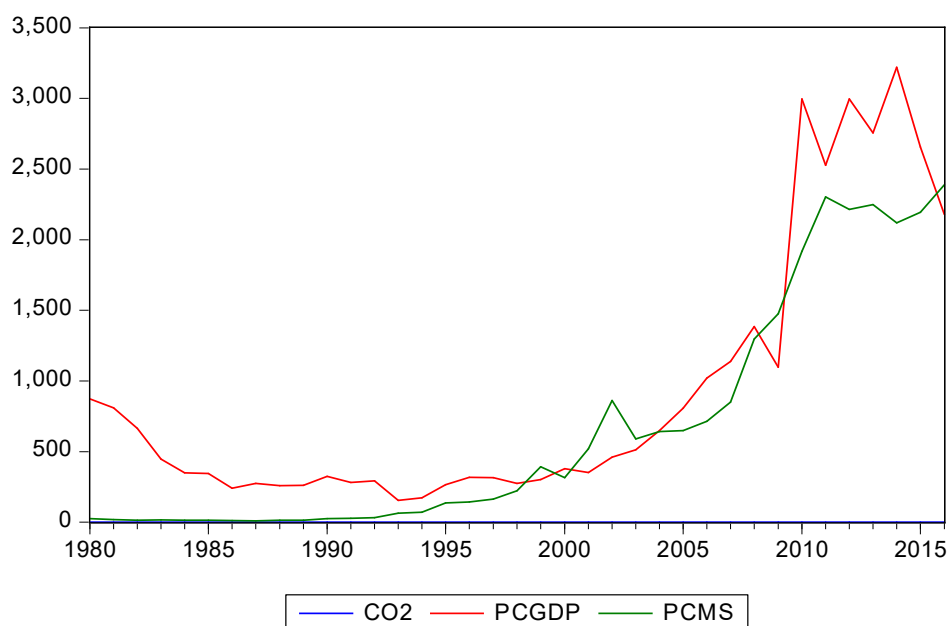


Fig. 2. TRENDS IN CO2, PCGDP, AND PCMS

Source: Authors computation, 2018

The conceptualization of the environmental Kuznets hypothesis started in 1955 by a study carried out by Simon Kuznets. He opined that, as per capita income increases, the level of income disparity rises at the initial stage and then, after approaching a maximum or turning point, it diminishes. Thus, the Kuznets curve is postulated to have an inverted U-shaped relationship between per capita income and income inequality. In other words, at an initial stage of income growth, an economy exhibits more unequal distribution of income than at any other stage of the growth process, given that as an economy develops, its growth is further consolidated. In terms of the relationship between environmental degradation and economic development (proxy by real per capita income), the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis argues that environmental degradation and income growth portray a U-shaped relationship as in the case of income disparity and economic growth, especially in the developing economies. Juxtaposing the two perspectives (the income inequality and per capita income perspective, and the environmental degradation and per capita income perspective), the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis is employed to ascertain the relationship between economic development and the environment deterioration. Available literature on this body of knowledge indicates that only a few studies have examined the two aspects of the Kuznets hypothesis, [1, 12-16], with none in Nigeria that investigates the two perspectives.

In an attempt to establish an empirical evidence of the existence or otherwise of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis employing different measures of environmental degradation, econometric approaches and datasets, several studies have been carried out at both cross-country and country-specific levels. The existing body of knowledge reveals a general lack of consensus as regards the relationship between environmental deterioration and economic development. To facilitate the actualization of the specific objectives of this study, the following cross-country and country-specific studies were reviewed under two strands of thought: the studies that examined the role of income inequality in the relationship between

per capita income and environmental degradation, and the other which dealt with a direct relationship between per capita income and environmental degradation.

1.2 PER CAPITA INCOME, INCOME INEQUALITY, AND ENVIRONMENTAL DEGRADATION

[12] using 1000 locations worldwide examined “income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve” from 1977 to 1991. The findings from the panel data estimation indicate that for sulphur dioxide (SO₂) and carbon emissions, the case of U-shape is established. The results show that pollution initially rises with per capita income and then declines. Thus, the statistical significance of income effects generally diminishes when the inequality variables are included as regressors. That greater income inequality is associated with more pollution in low-income countries, but not in high-income countries.

[16] studied economic growth, income inequality and environment: assessing the applicability of the Kuznets hypothesis to twenty Asian countries. Using descriptive statistics, the results show that the Kuznets inverted U-curve hypothesis is valid with some limitations. It was observed that trends in both income inequality and environmental deterioration appear to follow the Kuznets’ hypothesized curve up to the lower level of high income as income rises; whereas a divergent trend was observed among high-income countries. Thus, growth impacts on income inequality and environmental degradation differ substantially among high-income countries; whereas among countries with lower income, growth impacts on income inequality are generally small, the impact on environment is quite significant. [15] analyzing the possible impact of income inequality on environmental quality for 23 provinces in China from 1995 to 2012 with the generalized method of moments (GMM) observed that CO₂ emissions per capita increases as the income gap expands for nationwide, and in the eastern and non-eastern regions of China.

Also, [1] investigated the trade-off between income inequality and carbon emissions in 153 countries from 1980 to 2008. Using a panel data estimation technique, the results show that there exists a relationship between income inequality and per capita carbon emissions, and it depends on the level of income. The results further indicate that for low and middle-income economies, higher income inequality is associated with lower carbon emissions while in upper middle-income and high-income economies, higher-income inequality increases per capita carbon emissions.

[13] examined the impact of economic inequality on environmental degradation from 2007 to 2011 using theoretical and empirical reviews. The review identified two channels through which environmental deterioration interacts with economic growth to create income inequality. The channels are economic and political channels, each having its internal diversity. While the first channel relates aggregate environmental deterioration to economic behaviour of individuals, the second channel focuses on the implementation of public policy aimed at protecting the environment. Thus a recursive approach for investigating the relationship between income inequality and environmental deterioration is advanced.

1.3 PER CAPITA INCOME AND ENVIRONMENTAL DETERIORATION

[17] carried out a study on the modeling of carbon dioxide emissions and economic growth in Croatia from 1992Q1 to 2011Q1. Employing Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model and Vector Error Correction Model (VECM), they observe that for Croatia, there exists an inverted U-shaped relationship between CO₂ emissions and economic growth in the long run, thus validating the EKC hypothesis. The Granger-causality based on the VECM approach shows a bi-directional causality between CO₂ emissions and economic growth in the short run, and in the long run, a uni-directional causality running from economic growth to CO₂ emissions.

[6] investigated the importance of population control and macroeconomic stability to reducing environmental degradation in developing countries from 1972 to 2011 using a panel data estimation technique; the results indicate that the EKC hypothesis is valid for developing countries, and that the actualization of greater economic growth in developing countries has had a severe impact on the quality of the environment. Other studies that have established the validity of the environmental Kuznets (EKC) hypothesis include: [4, 12, 15, 18-20] On the other hand, [21] investigated economic growth and environmental pollution in West Africa: testing the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis from 1970 to 2013 by employing panel data estimation technique. It is observed that economic growth in the short run significantly increases CO₂ emissions, and in the long run it does not reduce carbon emissions. The insignificant relationship between economic growth and environmental deterioration connotes the non-existence of the EKC hypothesis in West Africa. The results therefore indicate that the Kuznets hypothesis cannot be used to explain economic growth and environmental deterioration nexus in West Africa. [22] conducted a study on economic growth and environmental impacts: an analysis based on a composite index of environmental damage. Exploring panel data for 152 countries for a period of six (6) years facilitated by panel data estimation approach, they observe that the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis does not exist for the countries under investigation. [23] in their

empirical analysis of the relationship between CO₂ emissions and economic growth in West Africa from 1970 to 2011 using panel data method, argue that in the long run, there is a co-integrating relationship between carbon emissions, GDP and other covariates. The results also indicate that in the long run, there is an N-shaped relationship between income and carbon emissions; again, invalidating the existence of the EKC hypothesis in West Africa. It is further shown however that in the short run, economic growth, population growth rate, domestic credit to the private sector and trade openness granger-cause the emissions of carbon dioxide. [10] studied the relationship between environmental quality and economic growth in Nigeria: a fractional cointegration analysis from 1970 to 2011. The results indicate that at the initial level of development in Nigeria, environmental degradation increases. It is further reported that weak institution and unrestricted trade openness increase the degree of environmental pollution owing to environmental dumping. The study could not also establish a reasonable maximum or turning point; and thus, it reinforces the non-existence of the EKC hypothesis in Nigeria. Related studies that have arrived at similar conclusions include: [7-9, 14, 24-26] Interestingly, in analyzing the environmental Kuznets (EKC) hypothesis, several studies have also found mixed results arguing that the validity of the EKC hypothesis depends on the datasets employed; such studies include [10, 27-31]

2 METHODOLOGY AND ANALYSIS

2.1 DATA ISSUES

Secondary data is employed for this study spanning the period 1980 to 2016. The variables used in the study are real per capita GDP (2005 US dollars), per capita carbon dioxide emissions, per capita military spending as proxy for inequality (the traditional Gini coefficient as a measure of income inequality was not available for Nigeria on a consistent basis; and studies have shown that higher per capita military spending signals higher income inequality vis-à-vis other countries), and trade openness. The real per capita GDP was sourced from the World Bank Development Indicators for the period 2016 and 2017, per capita carbon dioxide emissions in metric tons is found in Carbon dioxide Information Analysis Centre Database, USA, trade openness is from the National Bureau of Statistics (NBS) and the World Bank data for 2016 and 2017, respectively; and the military spending is sourced from Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) yearbook on Armaments, Disarmament and International Security. The analytical technique used in the study is autoregressive distributed lag (ARDL) model following [32-33]

2.2 MODEL SPECIFICATION

The models for this study are specified adopting the analytical framework of Kuznets (1955), while following [34] and [6] with some modifications.

Model 1: This model is framed to achieve objective one which is to examine the short and long run relationship between economic development, income inequality and environmental degradation as well as the existence or other wise of EKC hypothesis. The model is:

$$PCCO_2 = f(RPCGDP, SRPCGDP, CRPCGDP, INEQ, TOPNS) \quad (1)$$

$$PCCO_{2t} = a_0 + a_1(RPCGDP)_t + a_2(SRPCGDP)^2_t + a_3(CRPCGDP)^3_t + a_4(INEQ)_t + a_5(TOPNS)_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Model 2: In order to achieve objective two which is to investigate the impact of environmental degradation on economic development, model two was specified thus:

$$RPCGDP = f(PCCO_2, INEQ, TOPNS) \quad (3)$$

$$RPCGDP_t = b_0 + b_1(PCCO_2)_t + b_2(INEQ)_t + b_3(TOPNS)_t + \mu_t \quad (4)$$

Model 3

To achieve the third objective of the study which attempts to ascertain the impact of economic development and environmental degradation on income inequality, this model was specified thus:

$$INEQ = f(RPCGDP, PCCO_2, TOPNS) \quad (5)$$

$$INEQ_t = \phi_0 + \phi_1(RPCGDP)_t + \phi_2(PCCO_2)_t + \phi_3(TOPNS)_t + \nu_t \quad (6)$$

A priori:

$a_1 > 0$, $a_2 < 0$, $a_3 > 0$ this implies an N-shaped relationship; $a_4 > 0$, $a_5 < 0$ and $a_1 < 0$, $a_2 > 0$, $a_3 < 0$ this connotes an inverted N-shaped relationship; $a_1 < 0$, $a_2 > 0$, $a_3 = 0$ this shows a U-shaped relationship; $a_1 > 0$, $a_2 < 0$, $a_3 = 0$ this gives or validate the EKC hypothesis (an inverted U-shaped). Also, $b_1 < 0$, $b_2 < 0$, $b_3 > 0$; $\phi_1 < 0$, $\phi_2 > 0$, $\phi_3 < 0$, and $a_1 > 0$, $a_2 = a_3 = 0$, this indicates that the relationship is monotonically increasing.

2.3 DESCRIPTION OF VARIABLES

PCCO2 = per capita carbon dioxide emissions (in metric tons), RPCGDP = real per capita GDP (2005, US dollar), SRPCGDP = squared real per capita GDP, CRPCGDP = cube real per capita GDP, IENQ = income inequality (which has been proxy by per capita military spending; this is obtained by dividing the total military spending by the total population), and TOPNS = trade openness (it is obtained by dividing the sum of import and export by the gross domestic product).

2.4 DATA ANALYSIS

The empirical analytical technique employed for this study included pre-estimation tests, estimation and post-estimation tests.

3 RESULT

3.1 UNIT ROOT AND BOUND TESTS RESULT

The result indicated that cubed real per capita gross domestic product (CRPCGDP) was stationary at level while real per capita GDP (RPCGDP), squared real per capita GDP (SRPCGDP), per capita carbon emission in metric tons (PCCO2), Per capita military spending (PCMS) and trade openness (TOPNS) were found to be stationary after first differencing. The variables are not spuriously related; therefore, they are appropriate for this study.

Table 1. Summary of the ADF unit root test

Variables	Levels	First Difference	I(d)
PCCO2		-6.472206***b	I(1)
RPCGDP		-8.514392***a	I(1)
SRPCGDP		-8.952746***b	I(1)
CRPCGDP	4.593035***a		I(0)
PCMS		-4.593035***a	I(1)
TOPNS		-8.266142***b	I(1)

***, **, *; represent 1%, 5%, and 10% levels of significance respectively and (a), (b) respectively indicate constant and trend, and none (that is no trend and no intercept).

Source: Authors computation, 2018

Table 2. Automatic Maximum Lag Selected Model

Model Selected	Number of Models Evaluated	Model Selected Criterion	R ²	D-w	F-Statistic
ARDL		(AIC)			
(1,2,2,1,0,0)	12500	10.43587	0.999663	2.27093	318.195
					0.00025

Source: Authors computation, 2018

The results in Table 2 show that ARDL (1, 2, 2, 1, 0, 0) is the Parsimonious outcome automatically selected by e-views after evaluating 12500 models. The model thus selected has the lowest AIC of 10.43587 with high R² of 0.99966 and D-W value of 2.270928 indicating the non-existence of autocorrelation or first order serial correlation in the estimated model. The F-statistic value of 318.1951 shows the model is statistically significant at 1 percent and 5 percent levels of significance; and it can be used to examine the relationship between environmental degradation, economic growth and income inequality.

Table 3. Summary of the Bounds test

Test Statistic	Value	Variables
F-statistic	5.142377***	5
Critical Value Bounds:		
Significance	I0	I1
10%	2.26	3.35
5%	2.62	3.79
2.50%	2.96	4.18
1%	3.41	4.68

Source: Authors computation, 2018

Table 3 summarizes the results of the Bounds co-integration test. The results show that there exists a long-run convergence between environmental degradation (proxy by per capita carbon emission in metric tons), economic growth (as proxy by real per capita Gross Domestic Product) and income inequality (as proxy by per capita military spending) and other control variables namely, squared real per capita GDP, cube real per capita GDP, and trade openness in Nigeria. The outcome of the Bounds co-integration test indicates that at 1 percent level of significance, the F-statistic value of 5.14238 is higher than the upper bound critical value of 4.68. Having established a long run relationship among the variables of interest, the estimation of an error correction model is also necessary and this is achieved by estimating the short run and long forms of the ARDL model.

Table 4. Short Run Coefficient Analysis

Variables	Coefficient	Standard error	t-statistic	p-value
D(RPCGDP(-1))	0.000683	0.000283	2.417606	0.0244
D(SRPCGDP(-1))	0	0	-2.342593	0.0286
D(CRPCGDP)	0	0	-0.120690	0.9050
D(PCMS)	0.000022	0.000178	0.123671	0.9027
D(TOPNS)	-0.002413	0.001714	-1.408034	0.1731
ECT	-0.948276	0.199183	-4.760827	0.0001

The values in parenthesis represent the probability values.

Source: Authors computation, 2018

Table 5. Long Run Coefficient Analysis

Variables	Coefficient	Standard error	t-statistic	p-value
RPCGDP	0.000494	0.000562	0.879072	0.3889
SRPCGDP	0	0	-0.970502	0.3423
CRPCGDP	0	0	0.999365	0.3285
PCMS	0.000023	0.000187	0.124047	0.9024
TOPNS	-0.002545	0.002028	-1.255132	0.2226
C	-0.016341	0.020911	-0.78145	0.4429

Source: Authors computation, 2018

4 DISCUSSION

The results from the estimation of equation 1 as presented in table 4, show that error correction term is negative (-0.95) and significant which further confirms the validity of a long-run relationship; and by estimating the error correction model (ECM), the results presented in table 5 are achieved. The results in table 4 indicate that in the short run, there exists positive relationship between carbon dioxide emission, income inequality (0.00022), and economic growth (0.000683), while trade openness and the square of real per capita GDP have an inverse relationship with carbon emissions in Nigeria. The results also show that while real per capita GDP and the square of real per capita GDP are statistically significant, per capita military spending, cube of the real per capita GDP and trade openness are not significant statistically. The coefficients of the real per capita GDP, Squared real per capita GDP and the cube real per capita GDP are in line with the last a priori expectation; it shows that the coefficient of the real per capita GDP is greater than zero (that is, $0.000683 > 0$) while those of squared real per capita GDP and cube real per capita GDP are zeros respectively. The policy implication of these results is that, the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis is not valid for Nigeria; this is in line with the conclusions of [7, 9-10, 21, 23 and 35] as well as [8]. A striking aspect of the results for this study is that the Kuznets curve for Nigeria assumes a monotonically increasing

relationship between environmental degradation and economic development in Nigeria; a result similar to that of [36]. Again, the results of the error correction model (ECM) presented in table 5 show that all the variables in the long run are not statistically significant, implying that the hypothesis for Nigeria is a short run phenomenon. The error correction term (ECT) of 0.95 shows that although there is a long run relationship, the speed of adjustment from the long run to back to the short run is almost instantaneous every year.

Table 6. Summary of results from the estimation of equation (4)

Variables	Coefficient	Standard error	t-statistic	P-value
PCCO2	-12.27778	552.5383	-0.022221	0.9825
PCMS	0.655757	0.35826	1.830398	0.0829
PCMS(-2)	1.247126	0.551263	2.262308	0.0356
TOPNS	2.612062	6.055268	0.43137	0.6711
R-squared	0.956			
Adjusted R-squared	0.926	Durbin watson	2.263807	
F-statistic	31.85398			
Prob(F-statistic)	0			

Source: Authors computation, 2018

The results from the estimation of equation (4) which attempts to capture the impact of environmental degradation and income inequality on economic development are shown in table 6. The results indicate that environmental degradation (-12.2778) has a negative impact on economic growth, but it is not statistically significant. For a significant relationship, a 1 metric ton of per capita carbon emissions could inhibit economic growth by 12.2778 US dollars per person; this result is not surprising because [12] had observed that the statistical significance of economic growth and development effects declines when inequality variables are included as explanatory variables. This is because greater inequality is associated with more environmental degradation in low income countries. Per capita military spending which proxy income inequality following [37] has a positive and significant impact on economic growth at 10 percent level of significance; an increase in per capita spending (which implies an increase in income inequality) by 1 naira, will promote economic development by 0.6558 US dollars per person. Similarly, trade openness in Nigeria has positive but insignificant impact on economic growth for the period under study. The adjusted r-squared of 92.6 percent indicates the model has high explanatory power as regards the impact of carbon emissions and trade openness on economic development; it implies that about 92.6 percent of the change in real per capita GDP has been explained or captured by the variations in per capita carbon emissions, per capita military spending and trade openness. The value of the F-stats (31.85398) shows that the overall model is statistically significant, thus could be used to make forecast. The value of the D-W and LM tests for serial correlation shows that the variables are not serially correlated. Results from the estimation of the third model indicate that only real per capita GDP has positive and significant impact on per capita military spending in Nigeria for the period under study; a 1 US dollar increase in real per capita income causes per capita military spending to rise by 0.1278 naira per person. This result is valid since it agrees with the conclusion of [21] in their study on economic growth and environmental pollution in West Africa: testing the environmental Kuznets hypothesis, they argue that economic growth in the short run significantly raises carbon dioxide emissions and does not significantly reduce CO₂ emissions in the long run.

5 SUMMARY, CONCLUSION AND POLICY IMPLICATIONS

This study focused on income inequality, environmental degradation and economic development in Nigeria: a reassessment of the Kuznets hypothesis using time series data from 1980 to 2016. The autoregressive distributed lag (ARDL) estimation technique was explored with the Bounds test for co-integration. The error correction term (ECT) validated the existence of a long run relationship between environmental degradation, economic development and income inequality. The results further showed that in the short run, there exists positive relationship between carbon dioxide emission and income inequality as well as with economic development, while trade openness and the square of real per capita GDP have an inverse relationship with carbon dioxide emission. The coefficients of the real per capita GDP, squared real per capita GDP and the cube real per capita GDP were in line with their a priori expectation. It showed that the coefficient of the real per capita GDP is greater than zero (that is, $0.000683 > 0$); while those of squared real per capita GDP and cube real per capita GDP are zeros, respectively indicating a monotonically increasing relationship. Thus, the EKC hypothesis is not validated for Nigeria. The value of the ECT (95 percent) indicates that although a long run relationship was established the speed of adjustment from the short run to the long run is almost instantaneous, again invalidating the inverted U-shaped relationship.

On how environmental degradation and income inequality influence economic development, the results indicate that environmental degradation has a negative impact on economic growth, but it is not statistically significant. This result is not surprising because [12] had observed that the statistical significance of economic growth effects declines when inequality variables are included as explanatory variables. This is because greater inequality is associated with more environmental degradation in low income countries. Also, by assessing how economic growth and environmental degradation interact to create income inequality, the study found that income inequality rises with increased economic growth and development in Nigeria, especially in the short run.

The study thus concludes that the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis does not hold for Nigeria. The policy implication of the findings lies in the monotonically increasing relationship among the variables of interest. It implies that even if the hypothesis is applied in Nigeria, a high proportion of the total population will still be around the initial stage of the environmental Kuznets curve; thus, economic development policy anchored on this relationship would further aggravate environmental degradation in the country. The study therefore recommends that the relevant authorities should design environmental policies that would trigger higher income earnings for the poor which ensures that higher carbon dioxide emission is not generated in Nigeria. A very potent way is to diversify the country's energy mix by promoting the exploration of the vast renewable resources in the country. Also, a continuous sensitization programme on the relevance of using cleaner energy sources, effective storage system as well as CO₂ trading schemes is advanced. This is pivotal because in poorer countries (Nigeria inclusive) there is a clear trade-off between reducing carbon emissions and income inequality vis-à-vis economic growth and development.

REFERENCES

- [1] Grunewald, N., Klasen, S., Zarzoso, I. M., & Muris, C. (2017). The Trade-off Between Income Inequality and Carbon Dioxide Emissions. *The Journal of Ecological Economics*, No. 412, Pp. 249-256.
- [2] Heil, T. M., & Selden, T. (2001). Carbon Emissions and Economic Development: Future trajectories based on Historical Experience. *Journal of Environment and Development Economics*, vol.6, issue 01, Pp. 63-83
- [3] Shi, H., Moriguchi, Y., & Yang, J. (2008). Industrial Ecology in China: Part II Education. *Journal of Industrial Ecology* vol. 7, issue 1
- [4] Zaman, K. & Moemen, M. A. (2017). Energy consumption, Carbon dioxide emissions and Economic Development: Evaluating Alternative and plausible Environmental Hypothesis for Sustainable growth. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 74, Pp. 1119-1130
- [5] Omojolaibi, J. A. (2010). Environmental quality and Economic growth in some selected West African countries. *Journal of Sustainable Development*, vol. 12, No. 8, Pp. 35-48
- [6] Hanif, I. & Gago-de-Santos, P. (2017). The Importance of Population control and Macroeconomic Stability to reducing environmental degradation: An empirical test of the environmental Kuznets Curve for developing countries. *Journal of Environmental Development (in Press)*.
- [7] Omasakin, O. A. (2009). Economic growth and Environmental quality in Nigeria: Does Environmental Kuznets Curve Hypothesis hold? *Environmental Research Journal*, 3(1), 14-18
- [8] Bello, A. K. & Abimbola, O. M. (2010). Does the Level of Economic Growth Influence Environmental Quality in Nigeria: a test of the Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis? *Pakistan Journal of Social Sciences*, 7(4), 325-329
- [9] Akpan, U. F., & Chuku, A. C. (2011). Economic Growth and Environmental Degradation in Nigeria: beyond the Environmental Kuznets Curve. A Revised Paper Presented at the Annual NAAE/ IAEE International Conference
- [10] Alege, P. O., & Ogundipe, A. A. (2013). Environmental Quality and Economic growth in Nigeria: A fractional Co-integration Analysis. *International Journal of Development and Sustainability*, Vol. 2, No. 2
- [11] Carbon dioxide Information Analysis Centre Data Archives, 2017.
- [12] Torras, M. & Boyce, J. K. (1998). Income, Inequality, and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Ecological Economics*, No. 25, Pp. 147-160
- [13] Berthe, A., & Elie, L. (2015). Mechanisms Explaining the Impact of Economic Inequality on Environmental Deterioration. *The Journal of Ecological Economics*, No.116, Pp.191-200.
- [14] Robalino-Lopez, A., Mena-Nieto, A., Garcia-Ramos, J. E., & Golpe, A. A. (2015). Studying the Relationship Between Economic Growth, CO₂ emissions, and the environmental Kuznets curve in Venezuela (1990-2025). *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 41, Pp. 602-614
- [15] Hao, Y., Chen, H., & Zhang, Q. (2016). Will Income Inequality Affect Quality? Analysis based on China's Provincial Panel data. *Journal of Ecological indicators*, No. 67, Pp. 533-542.
- [16] Ota, T. (2017). Economic Growth, Income Inequality and Environment: Assessing the Applicability of the Kuznets Hypothesis to Asia. *Palgrave Communications Journal*, No. 69

- [17] Ahmad, N., Du, L., Lu, J., Wang, J., Li, H. Z., & Hashmi, M. Z. (2016). Modeling the CO₂ emissions and Economic Growth in Croatia: Is there any Environmental Kuznets Curve? *International Journal of Energy*
- [18] Hassan, S. A. & Gul, S. (2015). The Relationship Between Growth-Inequality-Poverty Triangle and Environmental Degradation: Unveiling the Reality. *Arab Economics and Business Journal*, vol. 10, Pp. 57-71
- [19] Tan, F., Lean, H. H., & Khan, H. (2014). Growth and Environmental Quality in Singapore: Is there any trade-off? *Journal of Ecological Indicators*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.035>
- [20] Saboori, B., Sulaiman, J., & Mohd, S. (2012). Economic Growth and CO₂ Emissions in Malaysia: A Co-integration Analysis of the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Energy Policy*, No. 51, Pp. 184-191
- [21] Adu, D. T. & Denkyirah, E. K. (2017). Economic Growth and Environmental Pollution in West Africa: Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, XXX, Pp. 1- 8.
- [22] Almeida, T. A., Cruz, L., Barata, E., & Garcia-Sanchez, I. (2017). Economic Growth and Environmental Impacts: An Analysis based on a Composite Index of Environmental Damage. *The Journal of Ecological Indicators*, No. 76, Pp. 119-130.
- [23] Muftau, O., Iyoboyi, M., & Ademola, A. S. (2014). An Empirical Analysis of the Relationship Between CO₂ Emissions and Economic Growth in West Africa. *American Journal of Economics*, vol.4, No. 1, Pp.1-17.
- [24] Ozokcu, S. & Ozdemir, O. (2017). Economic Growth, Energy and the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No.72, Pp. 639-647
- [25] Akbostanci, E., Asik, T. S., & Tunc, G. I. (2009). The Relationship between income and Environmental in Turkey: Is there an Environmental Kuznets Curve? *Journal of Energy Policy*, No. 37, Pp. 861- 867.
- [26] Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 110, No.2, Pp. 353-377
- [27] Olale, E., Ochuodho, T. O., Lantz, V., & Armali, J. (2018). The Environmental Kuznets Curve Model for Greenhouse Gas emissions in Canada. *Journal of Cleaner Production*, XXX
- [28] Alam, M. M., Murad, M. W., Hanifa, A. N., & Ozturk, I. (2016). Relationships among Carbon Emissions, Economic Growth, Energy Consumption and Population Growth: Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Journal of Ecological Indicators*, No. 70, Pp. 466 – 479.
- [29] Azam, M., & Khan, A. Q. (2016). Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Comparative Empirical Study for low, lower middle, upper middle and high income countries (Tanzania, Guatemala, China and the USA). *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 63, Pp. 556-567.
- [30] Fodha, M., & Zaghdoud, O. (2010). Economic Growth and Pollutant Emissions in Tunisia: An Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve. *The Journal of Energy Policy*, No. 38, Pp. 1150-1156.
- [31] Onafowora, O. A. & Owoye, O. (2014). Bounds Testing Approach to Analysis of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Journal of Energy Economics*, No. 44, Pp.47-62
- [32] Pesaran, M. H., Shin, Y. & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Economics*, No. 16, Pp. 289-326.
- [33] Narayan, P. K. (2005). The Saving and Investment Nexus for China: Evidence from Cointegration Tests. *Journal of Applied Economics*, No. 37, Vol. 17, Pp. 1979-1990.
- [34] Zhang, C. & Zhao, W. (2014). Panel Estimation for Income Inequality and CO₂ Emissions: A Regional Analysis in China. *Journal of Applied Energy*, No. 136, Pp.382-392
- [35] Lin, B., Omoju, O. E., Nwakeze, N. M., Okonkwo, J. U. & Megbowon, E. T. (2016). Is the Environmental Kuznets Curve Hypothesis a sound basis for Environmental Policy in Africa? *Journal of Cleaner Production*
- [36] Ekins, P. (1997). The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence. *Environment and Planning*, No. 29, Issue 5, Pp. 805-830.
- [37] Tongur, U., & Elveren, A. Y. (2012). Military Expenditures, Inequality, and Welfare and Political Regimes: A Dynamic Panel Data Analysis. Economic Research Centre (ERC) Working Paper in Economics.

Impact de la répartition spatiale de la pluviométrie et de l'occupation du sol sur la recharge des aquifères du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire

[Impact of spatial distribution of rainfall and land use on aquifer recharge in the Bandama watershed in Côte d'Ivoire]

Alexis Kassi Kouamé¹, Christian Gnangui Adon², Michel Amani Kouassi³, Aimé Koudou⁴, and Fernand Koffi Kouamé²

¹Département des Sciences et Techniques de l'Eau et du Génie de l'Environnement (DSTEGE), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

³Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (SterMi), Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

⁴Département des Sciences de l'Environnement (DES), Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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 spatial distribution of rainfall and land use has important consequences for the hydrological and hydrogeological behaviour of a watershed. This study aims to better understand the impact of this distribution on aquifer recharge in the Bandama watershed. The spatialization of rainfall from isohyets, shows that it varies between 1200 mm and 1700 mm. The basin displays five (5) classes of land use that are: (1) dense forests, (2) open forests and / or savannahs, (3) shrub savannas, (4) bare soils and localities, and (5) water. The water balance shows that the excess which gives the surface flow and seepage is 348 mm upstream (Korhogo), and only 119 (Yamoussoukro) downstream. The total amount of water flowing over the Bandama basin at Yamoussoukro is 164.86 mm; which corresponds to an annual volume of run-off water of 4.33810^9 m^3 . The infiltrated water slide is 73.18 mm; which equates to an annual quantity of infiltrated water of 1.87410^9 m^3 .

KEYWORDS: Bandama; watershed; climate; land use; recharge.

RÉSUMÉ: La répartition spatiale de la pluviométrie et de l'occupation du sol a des conséquences importantes sur le comportement hydrologique et hydrogéologique d'un bassin versant. Cette étude vise une meilleure connaissance de l'impact de cette répartition sur la recharge des aquifères dans le bassin versant du Bandama. La spatialisation de la pluviométrie à partir des isohyètes, montre que celle-ci varie entre 1200 mm et 1700 mm. Le bassin affiche cinq (5) classes d'occupation du sol que sont : (1) forêts denses, (2) forêts claires et/ou savanes arborées, (3) savanes arbustives, (4) sols nus et localités, et (5) eau. Le bilan hydrologique montre que l'excédent qui donne l'écoulement superficiel et l'infiltration est de 348 mm en amont (Korhogo), et seulement de 119 (Yamoussoukro) en aval. La lame totale d'eau ruisselée sur le bassin du Bandama à Yamoussoukro est de 164,86 mm ; ce qui correspond à un volume annuel d'eau ruisselée de $4,338 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. La lame d'eau infiltrée est de 73,18 mm ; ce qui équivaut à une quantité annuelle d'eau infiltrée de $1,874 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

MOTS-CLEFS: Bandama; bassin versant; climat; occupation du sol; recharge.

1 INTRODUCTION

L'occupation du sol peut être succinctement définie comme la couverture biophysique de la surface des terres émergées [1]. Elle peut être influencée par la répartition spatiale de la pluviométrie et avoir des conséquences importantes sur le comportement hydrologique et hydrogéologique d'un bassin versant. L'objectif principal de ce travail est de montrer le lien entre la répartition spatiale de la pluviométrie, l'occupation du sol et la recharge des aquifères dans le bassin versant du Bandama. Plusieurs travaux réalisés en Côte d'Ivoire soulignent une modification de l'occupation du sol [2], [3], [4], [5] et une variation spatiale de la pluviométrie [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13]. On est donc amené à se demander si les variations de la pluviométrie et de l'occupation du sol observées ont pu affecter la recharge des aquifères du bassin.

2 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

Le bassin versant du Bandama s'étend du Nord au Sud de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 5°14'N et 10°21'N et les longitudes 4°W et 7°W. Il a une superficie de 97 000 km² et une forme rectangulaire. Il est drainé par le fleuve Bandama et ses deux principaux affluents : la Marahoué et le N'zi. Ce fleuve, d'une longueur de 1 050 km, est le seul parmi tous les grands fleuves de la Côte d'Ivoire dont le bassin versant est entièrement en territoire ivoirien. Il prend sa source à une altitude de 480 m, entre Korhogo et Boundiali. Après une orientation E-W de son cours supérieur jusqu'à Ferkessedougou, il prend une direction N-S. De Ferkessedougou à sa confluence avec le Bou, le Bandama décrit une succession de nombreux méandres. Au droit de Kossou, la vallée se resserre notablement. C'est à cet endroit qu'est construit depuis 1971 le barrage de Kossou (le plus important barrage hydroélectrique du pays). Peu après Kossou, il reçoit la Marahoué ou Bandama rouge, long de 550 km. Le Bandama prend ensuite une direction NW-SE jusqu'à sa confluence avec le N'zi, affluent long de 725 km. Il reprend ensuite une direction N-S jusqu'à son embouchure à Grand-Lahou [14]-[15]. La zone d'étude est limitée par les bassins versants du Niger et de la Comoé au Nord, les bassins versants du Boubo, de l'Agnéby et l'océan atlantique au Sud, le bassin versant de la Comoé à l'Est et le bassin versant du Sassandra à l'Ouest (Figure 1).

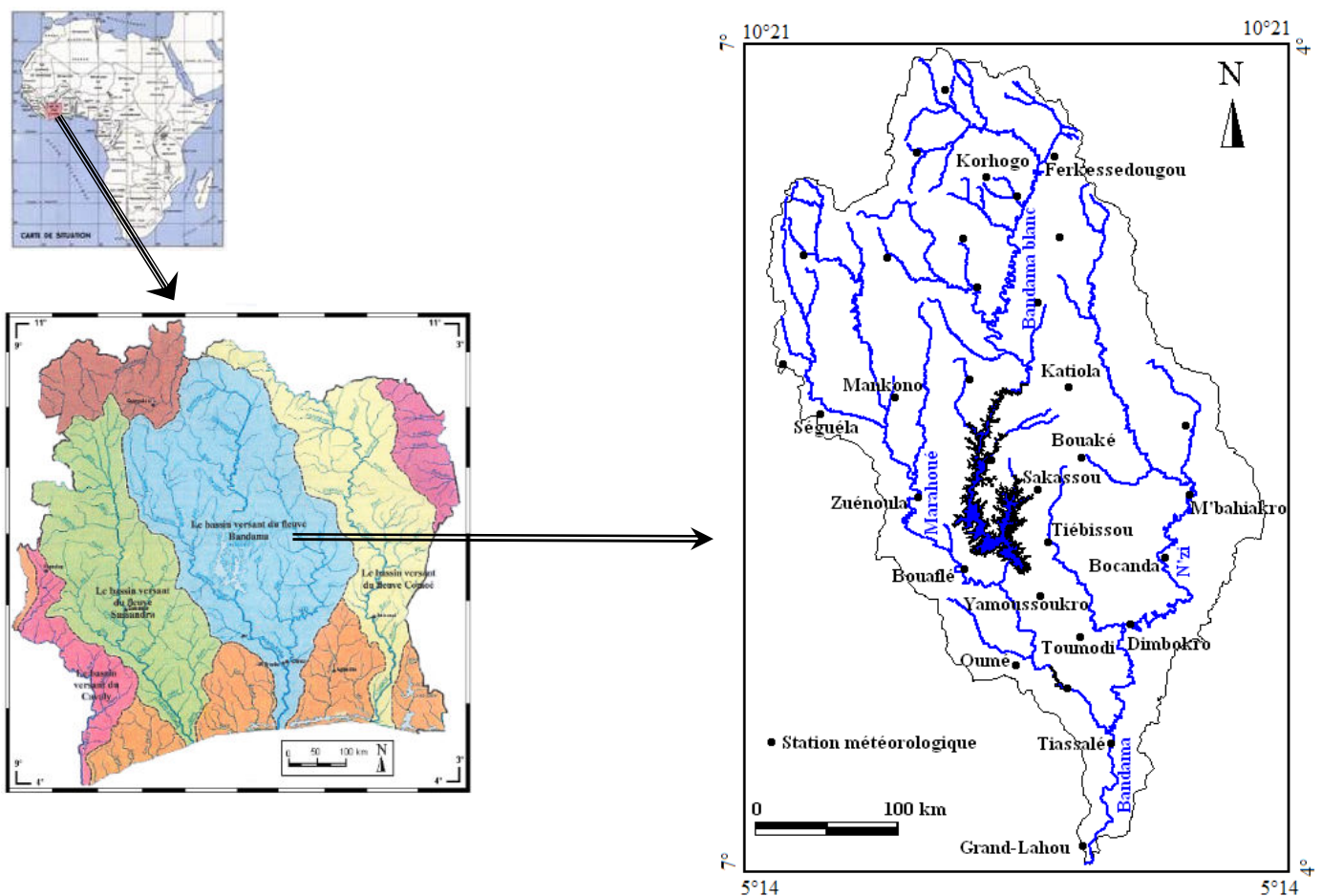


Fig. 1. Carte de présentation du bassin versant du Bandama

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 DONNÉES

3.1.1 DONNÉES CLIMATIQUES

Cette étude a été réalisée à l'aide des données météorologiques des stations de Yamoussoukro, de Bouaké et de Korhogo pour la période 1981-2010, fournies par la SODEXAM située à l'aéroport Félix Houphouët Boigny d'Abidjan. Les données pluviométriques de la station de Korhogo caractérisent le climat soudanais (partie amont du bassin) ; celles de la station de Yamoussoukro correspondent au climat baouléen (partie aval du bassin) et la station de Bouaké permet d'étudier les variations en zone de transition climatique (partie centrale du bassin).

3.1.2 DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES

La base de données physiographiques du bassin versant du Bandama est composée de :

- - une carte du Modèle Numérique d'Altitude (MNA) couplé au réseau hydrographique [7] ;
- - une carte des barrages [12] ;
- - une carte d'occupation du sol de 2006 [7] ;
- - une carte des propriétés hydrauliques des sols [7].

3.2 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

L'étude climatologique consiste à établir la variation moyenne mensuelle de la pluviométrie au cours de l'année sur la période 1981-2010. Cette variation saisonnière de la pluie est ensuite mise en évidence d'amont en aval du bassin versant à partir de la répartition spatiale des isohyètes.

3.2.1 BILAN HYDROLOGIQUE SELON LA MÉTHODE DE THORNTHWAITE

C'est une méthode empirique basée sur les températures. La formule de l'ETP a été établie à partir d'un ajustement statistique des mesures expérimentales de l'ETP sur les cases lysimétriques aux données climatologiques. Elle se définit par l'expression suivante :

$$ETP(mm/j) = 16 \times \left(\frac{10t}{I} \right) \times a \times F(\lambda)$$

Avec : t : température moyenne de la période considérée en °C ; a : Fonction complexe de l'indice thermique I.

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} I + 0,49239$$

I : indice thermique annuel (somme des douze indices thermiques mensuels (i) calculés par la formule) :

$$i = \left(\frac{\theta}{5} \right)^{1,514}$$

θ : Température du mois considéré en °C ; F (λ) = Facteur correctif qui est fonction de la latitude du lieu considéré.

La Figure 2 montre l'organigramme de calcul du bilan hydrologique selon Thornthwaite.

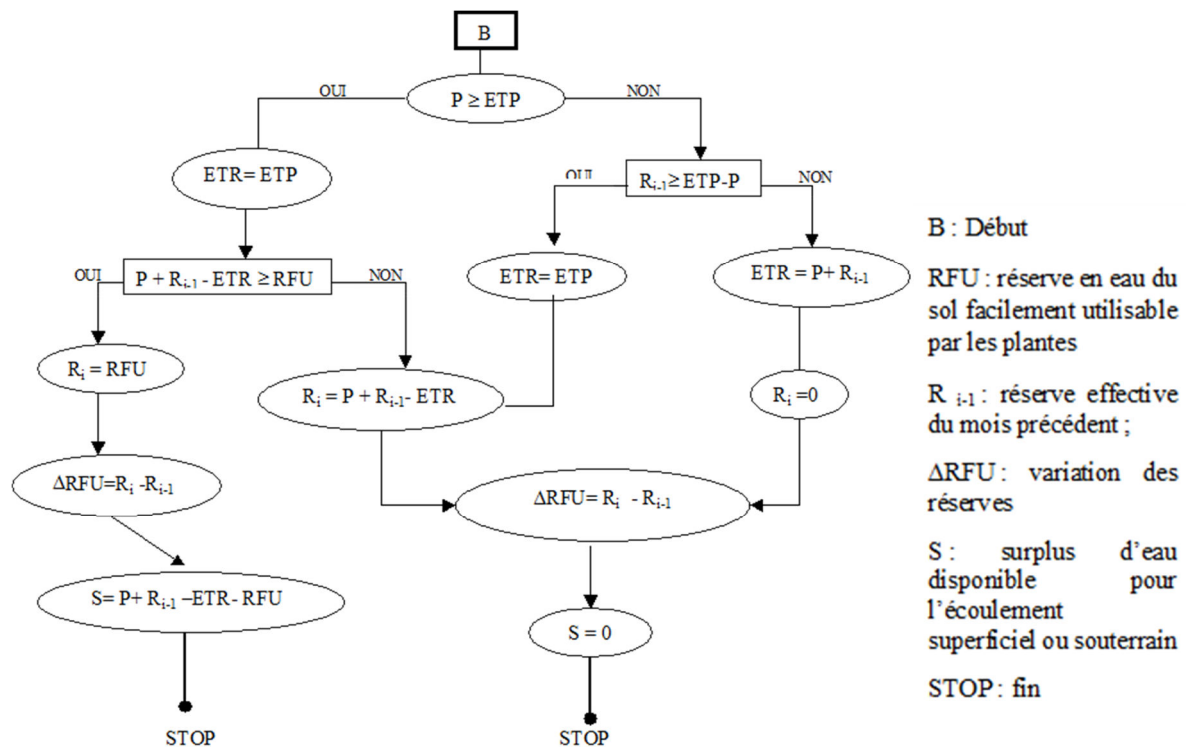


Fig. 2. Organigramme de calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite [16]

3.2.2 CALCUL DU RUISSELLEMENT

La détermination de la quantité d'eau ruisselée s'est faite à partir de la formule suivante :

$$R = \frac{Q \times t}{S}$$

Avec : t = temps en secondes ; S = superficie du bassin en m² ; Q = débit en m³.s⁻¹ ; R = ruissellement en m.

3.2.3 CALCUL DE L'INFILTRATION

L'infiltration est liée au type de sol, à l'état de fracturation du substratum mais aussi à la densité du couvert végétal. C'est pourquoi au cours d'une étude régionale, il est préférable de prendre les résultats globaux. L'utilisation de la méthode du bilan hydrologique de Thornthwaite permet de déterminer la valeur de l'excédent du bilan (P – ETR). Il représente en fait, la somme de l'infiltration (I) et du ruissellement (R).

$$(P - ETR) = I + R$$

$$I = (P - ETR) - R$$

Avec : P = Précipitation moyenne annuelle en mm ; ETR = Évapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm ; R = Ruissellement moyen annuel en mm ; I = Infiltration moyenne annuelle en mm.

Puis en multipliant l'infiltration (I en m) par la superficie du bassin versant (S en m²), on détermine le volume d'eau infiltrée (V en m³).

4 RÉSULTATS

4.1 VARIATION DES PARAMÈTRES CLIMATIQUES DU BASSIN VERSANT DU BANDAMA

4.1.1 PLUVIOMÉTRIE SAISONNIÈRE

La variation de la pluviométrie moyenne mensuelle dans le bassin versant du Bandama au cours de la période 1981-2010 est donnée par la Figure 3.

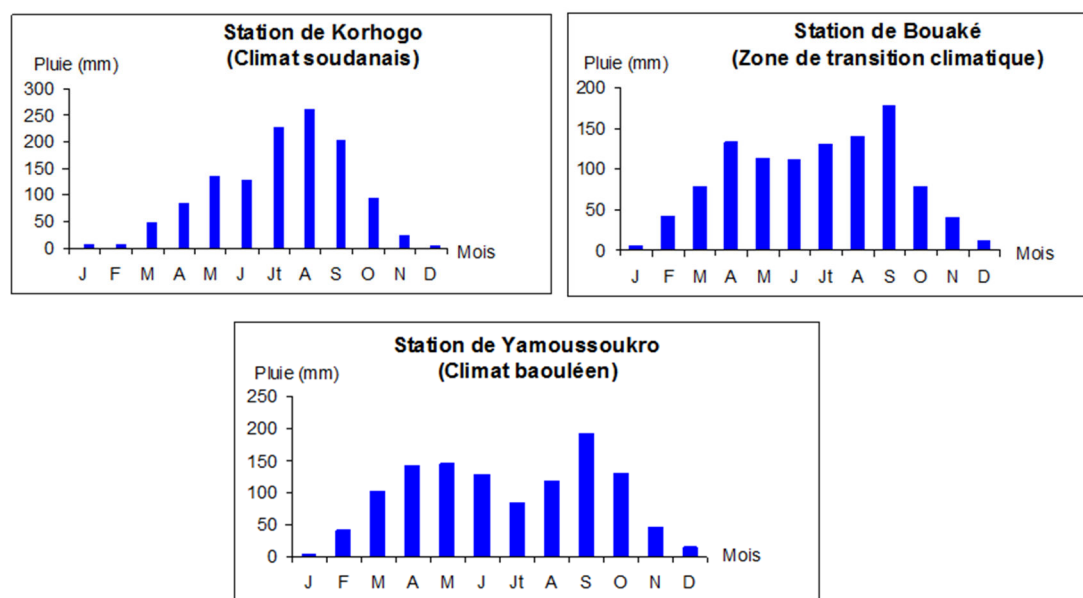


Fig. 3. Pluviométrie moyenne mensuelle du bassin versant du Bandama (1981 à 2010)

L'analyse de la Figure 3 montre que :

- A la station de Korhogo, il existe deux saisons ; une saison pluvieuse d'avril à octobre (7 mois) et une saison sèche de novembre à mars (5 mois). Cela correspond au climat tropical de transition (climat soudanais).
- A la station de Yamoussoukro, il en existe quatre ; une première saison des pluies de mars à juin (5 mois), une baisse des précipitations de juillet à août (2 mois), une deuxième saison des pluies de septembre à octobre (2 mois) et une saison sèche marquée de novembre à février (4 mois). Ce qui correspond au climat équatorial de transition atténué (climat baouléen).

A la station de Bouaké, la pluviométrie reste généralement intermédiaire entre celles de Korhogo et Yamoussoukro. C'est la preuve que Bouaké est une zone de transition climatique.

4.1.2 RÉPARTITION SPATIALE DES ISOHYÈTES

Les hauteurs de précipitations annuelles du bassin versant du Bandama varient entre 1200 et 1700 mm (Figure 4). Cette variation se fait de façon symétrique par rapport au centre du bassin (Bouaké). En effet, la pluviométrie augmente de 1200 mm à 1400 mm en amont (Niellé) d'une part, et de 1200 mm à 1700 mm en aval (Grand-Lahou), d'autre part.

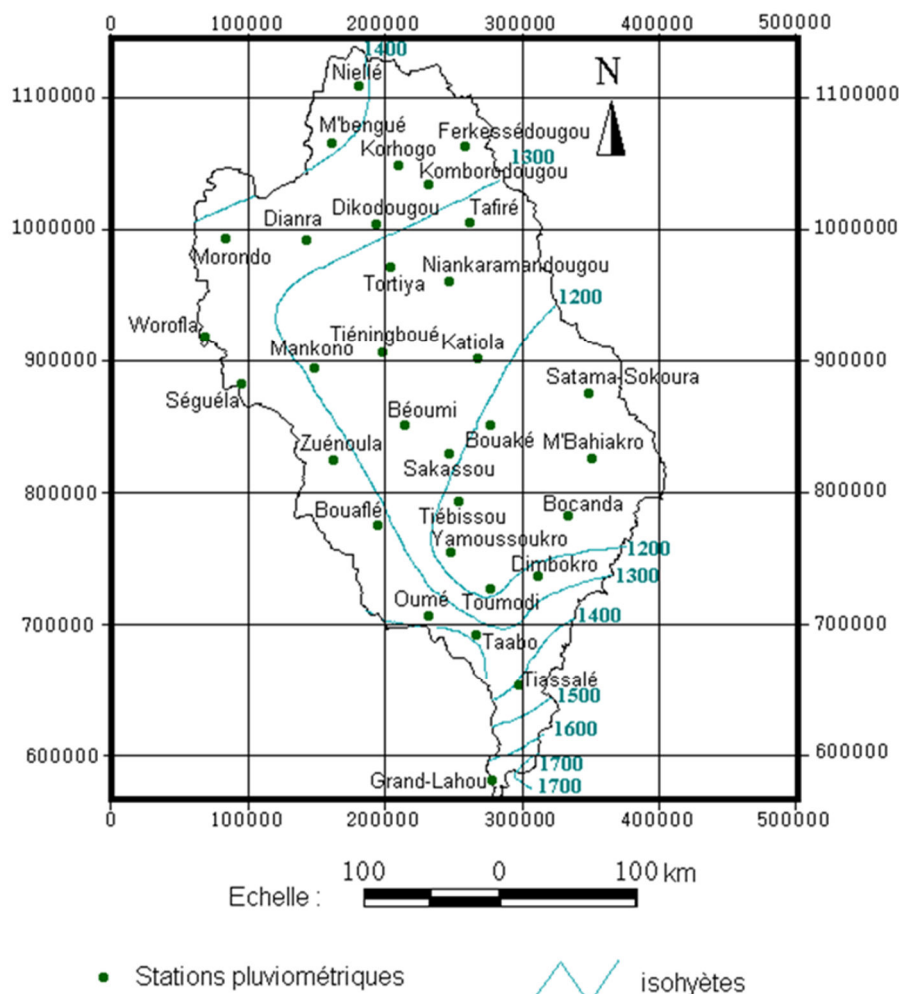


Fig. 4. Répartition spatiale de la pluviométrie du bassin versant du Bandama

La répartition spatiale de la pluviométrie s'explique par une augmentation la topographie dans la partie amont (Figure 5-a). En effet, du centre au Nord du bassin, nous passons de la région de la vallée du Bandama (200 m d'altitude) au prolongement de la chaîne montagneuse du Fouta-Djalon (plus de 300 m d'altitude). Dans la partie aval, elle est due à un changement de la végétation qui passe de la savane à la forêt dense (Figure 5-b). La prise en compte des états de surface est très importante dans la caractérisation du fonctionnement d'un hydrosystème. Le croisement de ces données spatiales permet de prendre en compte l'influence des états de surface sur les processus hydrologiques.

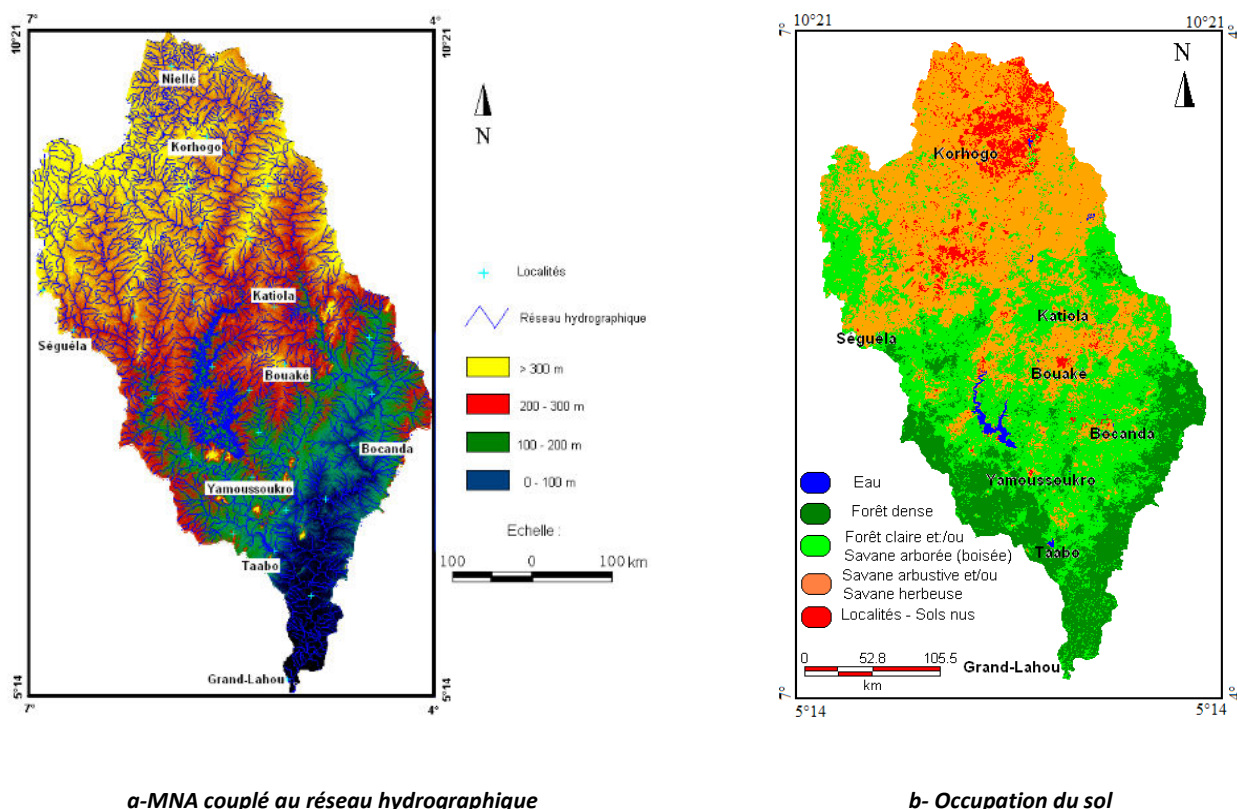


Fig. 5. Carte des états de surface du bassin versant du Bandama [7]

4.2 EVALUATION DE LA RECHARGE DES AQUIFÈRES

4.2.1 BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU BANDAMA

• Station de Korhogo (climat soudanais)

Les valeurs des différents paramètres du bilan hydrologique, calculées à la station de Korhogo pour la période 1981-2010 sont consignées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Résultats du bilan hydrologique à la station de Korhogo (1981-2010)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluie (mm)	7,04	5,98	49	83,8	135	127	227	260	201	95,2	22,9	5,02	1220
ETP (mm)	134	172	206	187	167	136	116	113	111	122	137	131	1732
ETR (mm)	7,04	5,98	49	83,8	135	127	116	113	111	122	96,1	5,02	970
Réserves utiles (Si)	0	0	0	0	0	0	11	47	90	0	0	0	148
Réserve du sol (Ri)	0	0	0	0	0	0	100	100	100	73,2	0	0	373,2
dRFU (mm)	0	0	0	0	0	0	100	0	0	-26,8	-73,2	0	0
ETP-ETR (Déficit en mm)	127	166	157	103	32	9	0	0	0	0	41	126	761
P-ETR (Excédent en mm)	0	0	0	0	0	0	111	147	90	0	0	0	348

D'une manière générale, l'évapotranspiration potentielle (1732 mm) est bien supérieure aux précipitations de la région (1220 mm). Par conséquent, les plantes ne disposant pas de quantités d'eau nécessaires à leur croissance complète se contentent d'une évapotranspiration réelle de 970 mm, imposée par les conditions naturelles d'humidité du sol.

En considérant mois par mois, l'effet de la recharge par la pluie (P) et de la baisse par l'évapotranspiration potentielle (ETP), on distingue deux (2) principaux cas correspondant aux deux grandes saisons de la région :

- **P >> ETP** : caractérise surtout les mois de juillet, août et septembre, c'est la saison des pluies qui débute au mois d'avril. En saison humide, la précipitation (227 ; 260 et 201 mm) est nettement supérieure à l'évapotranspiration (116 ; 113 et 111 mm). Dans ces conditions, l'évapotranspiration se réalise sans difficulté (ETR=ETP) et la RFU est saturée (RFU=100 mm). Durant ces trois mois, l'excédent P-ETR (348 mm), qui correspond à la pluie efficace, va s'écouler soit vers les cours d'eau de surface, soit en profondeur en direction des nappes.

- **P << ETP** : c'est la saison sèche qui correspond aux mois de novembre, décembre, janvier, février, mars et avril. Cette saison sèche influence tant les deux premiers mois pluvieux (avril et mai) que le dernier (octobre). Partout, la pluie étant très inférieure à l'évapotranspiration (22,9 ; 5,02 ; 7,04 ; 5,98 ; 49 ; 83,8 ; 135 ; 127 ; et 95,2 mm contre 137 ; 131 ; 134 ; 172 ; 206 ; 187 ; 167 ; 136 et 122 mm pour l'ETP), les réserves facilement utilisables du sol seront en totalité sollicitées par les plantes sans que leur besoin réel ne soit couvert, eu égard au pouvoir absorbant de l'air. La RFU étant épuisée depuis le mois de novembre, l'évapotranspiration ne peut se réaliser uniquement que sur la pluie. En général, à chaque pluie, ETR = P et le déficit du bilan (ETP-ETR ou ETR-ETP) va persister de novembre à mai.

Ainsi, dans le bassin versant du Bandama, les valeurs des différents paramètres du bilan de l'eau à la station de Korhogo sont les suivantes : Pluie = 1220 mm ; ETP = 1732 mm ; ETR = 970 mm ; Excédent = 348 mm ; Déficit = 761 mm.

• Station de Bouaké (zone de transition)

Les valeurs des différents paramètres du bilan hydrologique, calculées à la station de Bouaké pour la période 1981-2010 sont consignées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Résultats du bilan hydrologique à la station de Bouaké (1981-2010)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluie (mm)	6,1	43,2	78,7	133	113	111	130	139	178	77,7	39,2	10,8	1060
ETP (mm)	144	153	166	158	142	115	101	99	101	114	122	126	1541
ETR (mm)	6,1	43,2	78,7	133	113	111	101	99	101	114	102,9	10,8	1014
Réserves utiles (Si)	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	46
Réserve du sol (Ri)	0	0	0	0	0	0	29	69	100	63,7	0	0	262
dRFU (mm)	0	0	0	0	0	0	29	40	31	-36,3	-63,7	0	0
ETP-ETR (Déficit en mm)	137,9	109,8	87,3	25	29	4	0	0	0	0	19,1	115,2	527
P-ETR (Excédent en mm)	0	0	0	0	0	0	29	40	77	0	0	0	146

Nous distinguons ici aussi deux (2) principaux cas correspondant aux deux grandes saisons de la région :

- **P >> ETP** : caractérise surtout les mois de juillet, août et septembre, c'est la saison des pluies qui débute au mois d'avril. En saison humide, les précipitations sont nettement supérieures à l'évapotranspiration : 130 mm, 139 mm et 178 mm respectivement en juillet, août et septembre ; contre 101 mm, 99 mm et 101 mm pour l'ETP. Dans ces conditions, l'évapotranspiration se réalise sans difficulté (ETR=ETP) et la RFU, sous-saturée en juillet et août (29 mm et 69 mm), va atteindre la saturation au mois de septembre (RFU=100 mm). Durant ce mois, l'excédent P-ETR (77 mm), qui correspond à la pluie efficace en septembre, va s'écouler soit vers les cours d'eau de surface, soit en profondeur en direction des nappes. Au contraire, en juillet et août, la RFU étant sous-saturée (29 mm et 69 mm), l'excédent (29 mm + 40 mm = 69 mm) que l'on observe ne sert qu'à l'humidification du sol.

- **P << ETP** : c'est la saison sèche qui correspond aux mois de novembre, décembre, janvier, février et mars. Cette saison sèche influence tant les trois premiers mois pluvieux (avril, mai, juin) que le dernier (octobre). Partout, la pluie étant très inférieure à l'évapotranspiration (39,2 ; 10,8 ; 6,1 ; 43,2 ; 78,7 ; 133 ; 113 ; 111 et 77,7 mm contre 122 ; 126 ; 144 ; 153 ; 166 ; 158 ; 142 ; 115 et 114 mm pour l'ETP), les réserves facilement utilisables du sol seront en totalité sollicitées par les plantes sans que leur besoin réel ne soit couvert, eu égard au pouvoir absorbant de l'air. La RFU étant épuisée depuis le mois de décembre, l'évapotranspiration ne peut se réaliser uniquement que sur la pluie. En général, à chaque pluie, ETR=P et le déficit du bilan (ETP-ETR ou ETR-ETP) va persister de novembre à juin.

Ainsi, dans le bassin versant du Bandama, les valeurs des différents paramètres du bilan de l'eau à la station de Bouaké sont les suivantes : Pluie = 1060 mm ; ETP = 1541 mm ; ETR = 1014 mm ; Excédent = 146 mm ; Déficit = 348 mm.

• Station de Yamoussoukro (climat baouléen)

A la station de Yamoussoukro, les valeurs des différents paramètres du bilan de l'eau, calculées pour une période allant de 1981 à 2010, sont portées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Résultats du bilan hydrologique à la station de Yamoussoukro (1981-2010)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluie (mm)	4,2	42,2	102	142	146	128	84,8	118	192	131	46,5	15,3	1152
ETP (mm)	112	138	155	146	141	120	110	109	110	117	112	99	1469
ETR (mm)	4,2	42,2	102	142	141	120	98,6	109	110	117	112	49,8	1148
Réserves utiles (Si)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,9	0	0	13,9
Réserve du sol (Ri)	0	0	0	0	5,4	13,8	0	9,4	91,3	100	34,5	0	254
dRFU (mm)	0	0	0	0	5,4	8,4	-13,8	9,4	81,9	0	-65,5	-34,5	-8,7
ETP-ETR (Déficit en mm)	108	95,8	53,4	4,2	0	0	11,4	0	0	0	0	49,2	322
P-ETR (Excédent en mm)	0	0	0	0	5,4	8,4	0	9,4	82	13,9	0	0	119

Ici, par contre, il existe quatre (4) principaux cas correspondant aux quatre saisons de la région (Figure 6) :

- **P >> ETP** : caractérise surtout les mois d'août à octobre, c'est la grande saison des pluies. En saison humide, les précipitations sont nettement supérieures à l'évapotranspiration : 118 mm, 192 mm et 131 mm respectivement en août, septembre et octobre contre 109 mm, 110 mm et 117 mm pour l'ETP. Dans ces conditions, l'évapotranspiration se réalise sans difficulté (ETR=ETP) et la RFU va évoluer rapidement pour atteindre la saturation au mois d'octobre (RFU=100 mm). Durant Ce dernier mois, l'excédent P-ETR (13,9 mm), qui correspond à la pluie efficace, va s'écouler soit vers les cours d'eau de surface, soit en profondeur en direction des nappes. Au contraire, en août, la RFU étant sous-saturée (9,4 mm), l'excédent de 9,4 mm d'eau que l'on observe ne sert qu'à l'humectation du sol. Quant au mois de septembre, l'excédent de 82 mm sert à l'humidification du sol.

- **P < ETP** : caractérise surtout le mois de juillet. C'est la petite saison sèche (juillet-août). La pluie (84,8 mm) est très peu inférieure à l'ETP (110 mm). L'évapotranspiration se fait non seulement sur la totalité de la pluie, mais encore sur les réserves du sol, $ETR = P + \Delta RFU$: $98,6 \text{ mm} = 84,8 \text{ mm} + 13,8 \text{ mm}$ au mois de juillet. La RFU s'annule au cours de ce mois (RFU=0 mm). Ainsi, elle n'existe, dans le sol, que dans la période allant de mai à juin et d'août à novembre, période pendant laquelle le bilan de l'eau reste équilibré (ETR-ETP=0), mais elle n'atteint la saturation qu'en octobre.

- **P << ETP** : c'est la grande saison sèche (novembre-février). Partout, la pluie étant très inférieure à l'évapotranspiration (46,5 ; 15,3 ; 4,2 ; 42,2 mm contre 112 ; 99 ; 112 ; 138 mm pour l'ETP). Les réserves facilement utilisables du sol sont en totalité sollicitées par les plantes (RFU = 0) sans que leur besoin réel ne soit couvert eu égard au pouvoir absorbant de l'air. La RFU étant épuisée depuis le mois de décembre, l'évapotranspiration ne peut se réaliser uniquement que sur la pluie. Le déficit du bilan (ETP-ETR ou ETR-ETP) va persister de décembre à avril.

- **P > ETP** : caractérise surtout les mois de mai et juin, c'est la petite saison des pluies (mars-juin). Durant ces deux derniers mois, la pluie (146 mm et 128 mm) est très peu supérieure à l'ETP (141 mm et 120 mm). L'évapotranspiration commence à se réaliser normalement : ETR=ETP et il reste encore une certaine quantité d'eau disponible P-ETR (5,4 mm en mai et 8,4 mm en juin) qui servira à humidifier le sol : c'est la pluie efficace dont le volume sera plus important au mois de septembre (82 mm) pour achever l'humidification complète du sol. Par conséquent, dans cette région la lame totale d'eau d'humidification du sol est de 119 mm.

Ainsi, dans le bassin versant du Bandama, les valeurs des différents paramètres du bilan de l'eau à la station de Yamoussoukro sont les suivantes : Pluie = 1152 mm ; ETP = 1469 mm ; ETR = 1148 mm ; Excédent = 119 mm ; Déficit = 322 mm.

La Figure 6 montre que l'écoulement ne se fait que lorsque la pluviométrie est supérieure à l'évapotranspiration potentielle et qu'à la même époque la réserve en eau facilement utilisable est saturée.

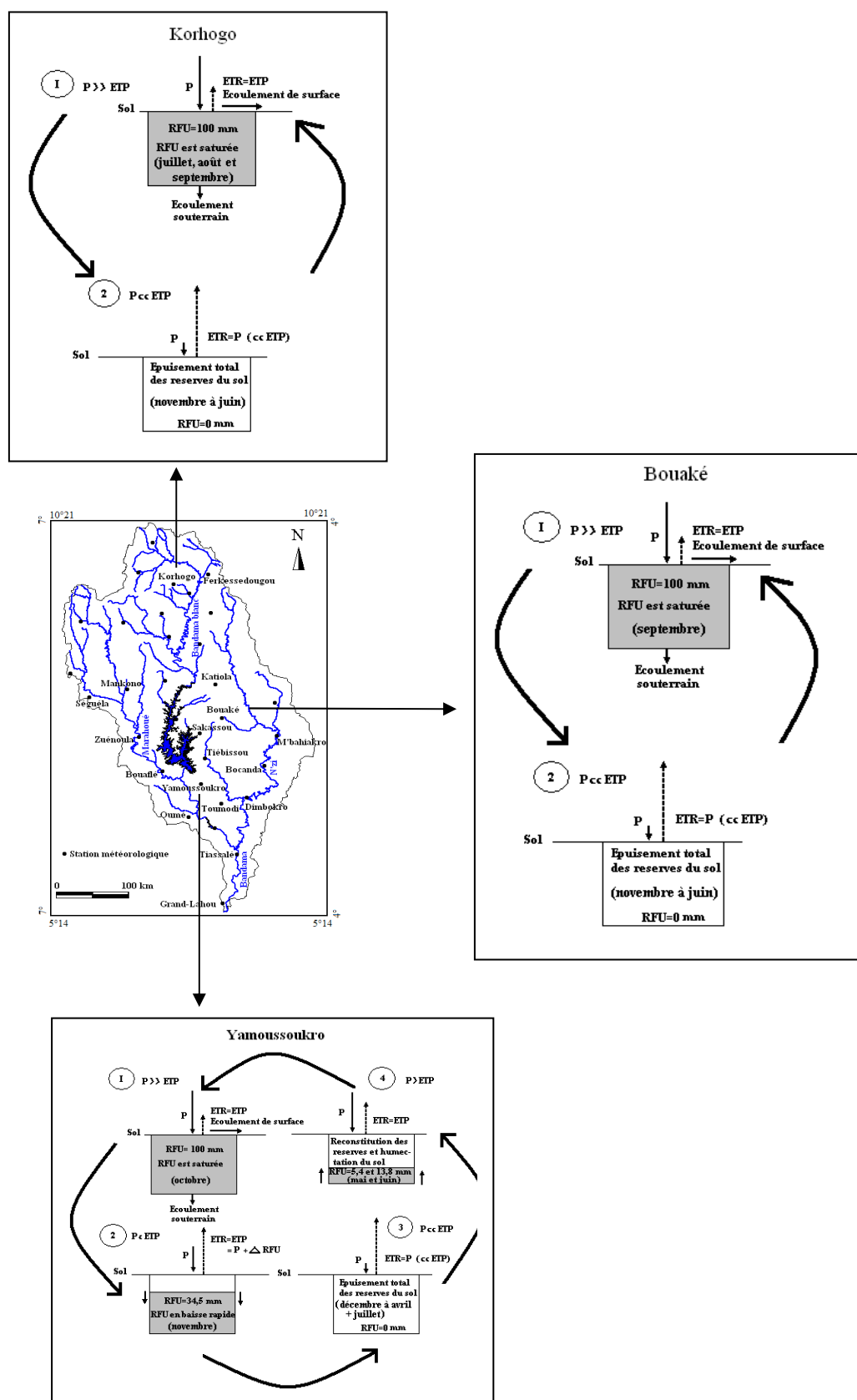


Fig. 6. Schémas des différents cas de calcul du bilan hydrologique dans le bassin versant du Bandama, selon la méthode de Thornthwaite

4.2.2 COMPARAISON DES PARAMÈTRES DU BILAN HYDROLOGIQUE D'AMONT EN AVAL DU BASSIN VERSANT

Les paramètres du bilan hydrologique en amont (climat soudanais), au centre (zone de transition climatique) et en aval (climat baouléen) du bassin versant sont consignés dans le Tableau 4.

Tableau 4. Comparaison des paramètres du bilan hydrologique

Paramètres (mm)	AMONT (Korhogo)	CENTRE (Bouaké)	AVAL (Yamoussoukro)
Pluie	1220	1060	1152
ETP	1732	1541	1469
ETR	970	1014	1148
Excédent	348	146	119
Déficit	761	527	322

L'analyse du Tableau 4 montre que l'excédent qui donne l'écoulement superficiel et l'infiltration est de 348 mm en amont et seulement de 119 en aval.

L'ETR est plus élevée en aval (1148 mm) qu'en amont (970 mm). Il y a donc une très forte évapotranspiration réelle dans la zone Yamoussoukro. Cela se justifie par le fait que l'évapotranspiration est la résultante de la transpiration des végétaux et l'évaporation des plans d'eau de surface et des sols nus. Ces deux phénomènes exigent, pour leur réalisation, un rayonnement solaire adéquat, mais aussi et surtout d'un intense couvert végétal. Ce qui est le cas dans cette région du bassin où le lac de Kossou (vaste plan d'eau de surface) s'étend au sein d'une très dense végétation (forêt dense et savane guinéenne).

4.2.3 RUISSELLEMENT

Le Tableau 5 nous donne la lame d'eau annuelle la lame totale d'eau ruisselée sur le bassin versant du Bandama à Yamoussoukro.

Tableau 5. Lame d'eau annuelle ruisselée

	Qmoy (m ³ s ⁻¹)	t (s)	S (km ²)	R (mm)	Vr (m ³)
Bandama	133,55	31536 10 ³	52200	164,86	4,338 10 ⁹

La lame totale d'eau ruisselée sur le bassin du Bandama à Yamoussoukro est de 164,86 mm. Le volume annuel d'eau ruisselée est donc de 4,338 10⁹ m³.

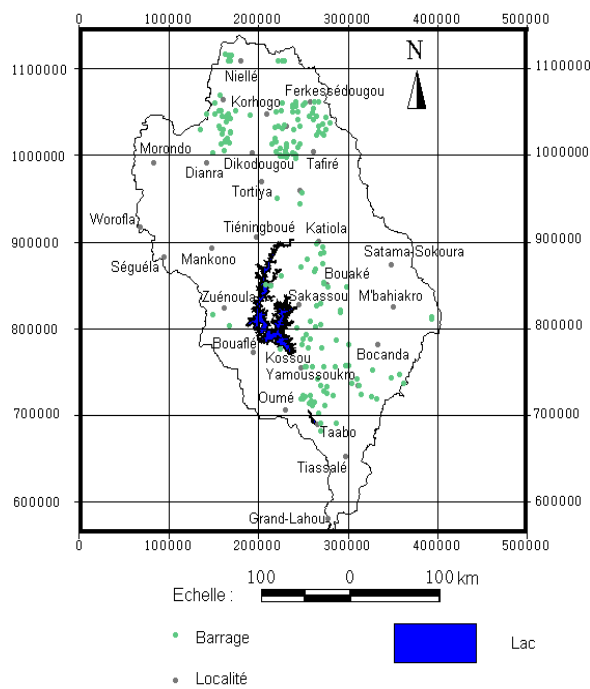
4.2.4 INFILTRATION

Le Tableau 6 nous donne la lame d'eau annuelle infiltrée sur le bassin versant du Bandama à Yamoussoukro.

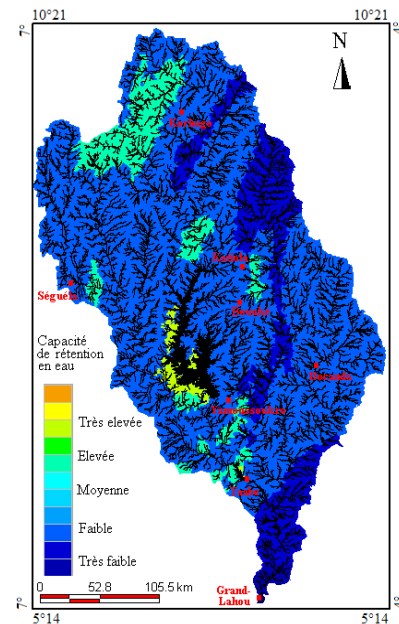
Tableau 6. Lame d'eau annuelle infiltrée

	Excédent (mm)	R (mm)	I (mm)	S (km ²)	Vi (m ³)
Bandama	238	164,86	73,14	52200	1,874 10 ⁹

Ce tableau montre que la quantité totale d'eau infiltrée sur le bassin versant à Yamoussoukro est de 1,874 10⁹ m³. Ces résultats sont fortement influencés par les barrages qu'on rencontre sur le bassin versant (Figure 7-a), notamment celui de Kossou qui impose et régule le débit du Bandama. Par ailleurs, les différents types de sol du bassin ont en général une capacité de rétention en eau faible à très faible (Figure 7-b). Ils sont donc très perméables et favorisent ainsi l'infiltration des eaux de surface.



a-Barrages



b- Propriétés hydrauliques des sols

Fig. 7. Facteurs d'infiltration de l'eau dans le bassin versant du Bandama

5 DISCUSSION

En Côte d'Ivoire, le régime des précipitations est essentiellement lié à l'interaction de deux masses d'air (harmattan et mousson). En Janvier, la trace du contact entre les deux masses d'air, contact appelé «Front Intertropical ou F.I.T. » passe au tiers Sud du pays. La trace au sol du F.I.T. oscille, en moyenne climatologique, entre deux positions extrêmes, respectivement : en janvier (4 à 5° N) et en août (20 à 25° N). En août, le F.I.T. remonte jusqu'au 20^{ème} parallèle pour descendre vers le Sud au début de septembre, jusqu'à occuper sa position initiale de janvier [17]. Les valeurs des paramètres du bilan hydrologique des trois stations étudiées sont du même ordre de grandeur que celles trouvées par [17], à la station de Séguéla, dans le bassin versant de la haute Marahoué au cours de la période 1981-1990. Pour cette station située à la même latitude que celle de Bouaké, cet auteur a obtenu les valeurs suivantes : (Pluie = 1324 mm ; ETP = 1545 mm ; ETR = 1172 mm ; Excédent = 152 mm ; Déficit = 373 mm).

6 CONCLUSION

Bien que les précipitations soient moyennement élevées (1200 mm en amont et 1700 mm en aval), l'évapotranspiration est très intense dans le bassin. Cependant, la partie nord a une plus forte évapotranspiration potentielle (ETP = 1732 mm) que la partie sud (ETP = 1469 mm) à cause du climat soudanais plus chaud. Cependant, l'évapotranspiration réelle est plus élevée au Sud (ETR = 1148 mm) qu'au Nord (ETR = 970 mm) compte tenu de l'activité végétale importante et de la présence du lac de Kossou. Aussi, le bilan hydrologique du bassin versant a-t-il montré un excédent de 348 mm et un déficit de 761 mm en amont, avec trois mois (juillet, août et septembre) de recharge des nappes. Ce bilan a également montré un excédent de 119 mm et un déficit de 322 mm en aval, avec trois mois (août, septembre et octobre) de recharge des nappes. La lame d'eau infiltrée est de 73,18 mm ; ce qui équivaut à une quantité annuelle d'eau infiltrée de $1,874 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

REMERCIEMENTS

L'acquisition des images satellitaires utilisées dans cette étude a été possible grâce à la collaboration de personnes étrangères via internet. Merci donc à Mr Brett de la NASA pour sa disponibilité et ses conseils avisés depuis le téléchargement des images MODIS-NDVI jusqu'à leur traitement final. Merci également à Dr OUATTARA Adama du CURAT pour la programmation des algorithmes nécessaires à l'exploitation des images MODIS.

REFERENCES

- [1] FAO, "Les conséquences de l'accord sur l'agriculture du cycle d'Uruguay pour les pays en développement", 1998.
- [2] N'guessan K. E., "Etude de l'évolution de la végétation du « V Baoulé » contact forêt/savane en Côte d'Ivoire", In *LAFRANCE, P. DUBOIS, J.M., Apports de la télédétection à la lutte contre la sécheresse, Editions AUPEL*, 1990.
- [3] Kangah A., "Utilisation de la télédétection et d'un système d'information géographique (SIG) pour l'étude des pressions anthropiques sur les paysages géomorphologiques des savanes sub-soudanaises : exemple du degré carré de Katiola (centre-Nord ivoirien)", *Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire*, 186 p., 2006.
- [4] N'da D. H., "Etude et suivi par télédétection et système d'information géographique d'une aire protégée soumise aux pressions anthropiques : cas du parc national de la Marahoué", *Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire*, 139 p., 2007.
- [5] Kouassi A. M., "Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire", *Thèse Unique, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire*, 210 p., 2007.
- [6] Kouamé K. F., Bernier M., Fortin J. P., Lefèvre R. et Biémi J., "Application du modèle hydrologique distribué HYDROTEL à la simulation des écoulements des eaux en milieu tropical humide : cas du bassin versant du N'zo en Côte d'Ivoire", *12è congrès de l'AQT, Chicoutimi*, 27 p., 2005.
- [7] Kouamé K. A., Kouamé K. F., Kouassi A. M., Oularé S., Adon G. C. R. et Bernier M., "Mise en place d'une base de données pour une modélisation hydrologique distribuée du bassin versant du Bandama (Côte d'Ivoire) : Apport d'un modèle numérique d'altitude, de la télédétection et du SIG Physitel", *Afrique Science*, Volume 07(2), N°12 pp. 94-114, 2011.
- [8] Amessan M., Kouamé F., Lasm T., N'guessan Bi V. H., Aka K. et Biémi J., "Modélisation et simulation des écoulements de surface dans le bassin versant du Bandama blanc : utilisation d'un modèle distribué (HYDROTEL)", *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 11, n° 2, pp. 457-470, 2014.
- [9] Adon G. C. R., "Evaluation des potentialités en eau de l'hydrosystème de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire) : apports des données géospatiales, du modèle hydrologique « HYDROTEL » et de l'analyse multicritère", *Thèse unique, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire*, 143 p., 2015.
- [10] Kouamé K. A., Koudou A., Kouamé K. F., Kouassi A. M., Oularé S. et Adon. G. C. R., "Evolution de l'occupation du sol et rythme saisonnier de la végétation du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire", *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, Volume 26, pp. 173-193, 2015.
- [11] Irié G. R., Soro G. E. et Goula Bi T. A., "Récentes variations spatio-temporelles des paramètres pluviométriques et leurs impacts sur les écoulements du fleuve Marahoué (Côte d'Ivoire)", *Larhyss Journal*, N° 25, pp. 241-258, 2016.
- [12] Kouamé K. A., Oularé S., ADON G. C. R., Kouamé K. F., Kouassi A. M. et Bernier M., "Un modèle hydrologique distribué pour la simulation des écoulements des eaux du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest)", *Afrique Science*, Vol.12, N°1, pp.237-253, 2016.
- [13] Koudou A., Kouamé K. A., Adjiri O. A., Assémian A. E., Gahi Z. N. and Kouassi A. M., "Spatio-temporal analysis of the impact of rainfall dynamics on the water resources of the N'zi watershed in Côte d'Ivoire", *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, vol. 19 n° 1, pp. 1-14, 2019.
- [14] Camus H., "Hydrologie du Bandama", Tome 1, « Le Bandama Blanc », 89 p., 1972 a.
- [15] Camus H., "Hydrologie du Bandama", Tome 2, « La Marahoué », 81 p., 1972 b.
- [16] Coulibaly K. M., "Evaluation du bilan hydrologique, de la variabilité climatique et du tarissement des cours d'eau par l'application de méthodes mathématiques dans le bassin versant du fleuve Sassandra (région de Buyo en Côte d'Ivoire)", *Mémoire de DEA en Sciences de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé*, 74 p., 1997.
- [17] Biémi J., "Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire)", *Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles, Faculté des Sciences et Techniques, Université Nationale de Côte d'Ivoire*, 493 p., 1992.

Crowdfunding in Morocco

Mohamed Amine KORCHI¹, Driss DAOUI¹, and Hafid BARKA²

¹Research Laboratory in Management Finance and Accounting, Ibn Tofail University, Faculty of Economic and Social Juridical Sciences, Kenitra, Morocco

²Telecom Economics and Management Research Laboratory, National Institute of Posts and Telecommunications INPT, Rabat, Morocco

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article represents the cornerstone of this research since it allows us to invalidate or confirm the existence of a crowdfunding potential in Morocco. These elements of answer to our problematic were possible to us by the means of the realization of a quantitative survey which we carried out with a representative sample of the order of 200 people via Internet and on ground, we wanted to confer to this survey a credibility and a reliability of the results is the reason why we initially proceeded to the estimate of our sample based on criteria as well demographics (sex, age ...) that criteria of geographical and psycho-graphic order by transposing each respondent as a donor and as a project leader. In a second phase, we conducted a pre-test of the questionnaire with a dozen people to assess the flow and order of the questions, in addition to the time spent administering the questionnaires in order to evaluate the time constraint.

KEYWORDS: Innovation, Financing, Start-up, Crowdfunding.

1 INTRODUCTION

An analysis plan which consists of a sorting table that represent each variable and a cross sorting to evaluate the connection that can exist between all the components of the data sheet and the questions that represent the body of the questionnaire. This approach is dependent on the reliability of the responses collected and the concordances that we can highlight and which are the subject of answers to our problem.

In addition to the notoriety that we wish to evaluate in our survey, it was important to provide explanatory elements to our respondents so that they understand this new concept which unfortunately merges with Islamic finance or other terminology; nevertheless, to be able to explain in order to understand the interest of the theme and to contextualize the notion of crowdfunding in order to be able to estimate the potential of the market and consequently to be able to place the obstacles and the opportunities of this mode of financing in a reality on the ground which is essential to link it with all the remarks put forward in the theoretical part as well in a global context as that which is specific to Morocco.

2 STATE OF THE ART

Traditional methods represent a logical sequence for start-ups to start raising funds, and most start-ups enter the world of entrepreneurship. If the founders of the start-up project do not have their own financial resources and can not independently increase the start-up without external investments, they generally turn to traditional sources of finance such as (Kovačić, 2011): bank loans, 3F (Friends, Family and Fools), seed investments, business angels and venture capital investments.

Bank loans are probably one of the oldest formal financial sources for many entrepreneurs and really mean that an individual or company can borrow from one or more banking institutions. Most startups seek to avoid bank loans because they are usually tied to complex procedures and are given based on the credit history of the company or individual and the property.

As start-ups are usually founded by young people who, in many cases, do not own property, it is difficult to get a bank loan. Research by Åstebro and Bernhardt (2003) shows a very high and positive correlation between bank lending and sustainability of the start-up. Nevertheless, an unconditional correlation between bank lending and sustainable development is negative. The reason for this negative correlation is a growing number of start-ups that have received another form of investment and, at the same time, successfully exist on the market. A recent study of a very large panel of data (9,715 start-ups over the period 2007-2009) shows that high-tech start-ups are not likely to use bank credit and much more difficult for them to get one compared to start-ups in other industries (Brown, Degryse, Hoewer, Penas, 2012).

3F - Friends, Family and Fools - Before turning to formal external sources of funding (business angels, different funds or banks), entrepreneurs must try to raise their initial funds from the closest and most familiar people, such as friends and the family (informal sources of funding). External investments such as business angels, various funds or banks (Krishnan, 2010). This is the "front line" of investors and is often called "fools" because they invest their money in start-ups although all the data shows that a large number of start-ups are failing in business. First three years. However, before turning to larger and more powerful investors, it is important for start-ups to receive initial investments. This shows that the entrepreneur believes in his idea and that his family and closest friends are also willing to take the risk and invest in their business idea. The potential risks of such financing are disagreements that may arise in families or between friends if the project ultimately fails (Lopac, 2007).

As investment methods in the start-up companies are changing and evolving, some new methods of financing start-up projects and companies are known today. In this article the emphasis is on the so-called seed accelerators that offer financial injections and mentoring and represent an opportunity for all start-up companies and teams who are willing to learn and succeed in the start-up world (Lopac, 2007). Although there is no satisfactory level of research and literature about these new investment programs, some research shows that today there are more accelerators than start-ups themselves and this is considered to be a positive change in the economic structure of the high-tech industry (See: Empson, Rip, Economic Impact Of Startup Accelerators: \$1.6B+ Raised, 4,800+ Jobs Created, 2,000 Startups Funded).

According to Christiansen (2009), one of the most common reasons for starting seed accelerators is a possibility and a need for creating a new ecosystem and increasing the number of start-ups through investment programs, which will increase the number of companies and in the long run employment. Christiansen (2009) also mentions three elements for recognizing successful accelerators. Those are: 1) the intersection of highly qualified people that are experienced both in operating start-ups and angel investing, 2) a clear technology or industry focus, 3) a very distinct and compelling reason for existence. The US is a centre of start-up companies, nevertheless most recently Europe opened up and strives to give as higher support as possible to Internet, technological and mobile start-ups. London, Berlin and Vienna are the best European start-up accelerators. Some of the world's most successful accelerators and recognized online platforms for fundraising are (Lopac, 2007): Y Combinator, TechStars, CRV QuickStart, Seedcamp, Start-upbootcam, Fundable (crowdfunding) and others.

3 METHODOLOGICAL APPROACH AND HIGHLIGHTS

3.1 THE ASSIGNED OBJECTIVE

While the overall objective of this survey and to evaluate the parameters to favor the development of crowdfunding in Morocco, nevertheless to guarantee this objective, it was necessary to subdivide it into several elements that converge in the global equation that is other than the stakes and the perspectives of this concept. The purpose of the survey among Moroccan citizens was to gather information about their knowledge about crowdfunding, their possibilities to support a project through this method of financing as well as whether they want to have their own projects and if they are interested in this system to mount it, and this to provide elements of response to our problem.

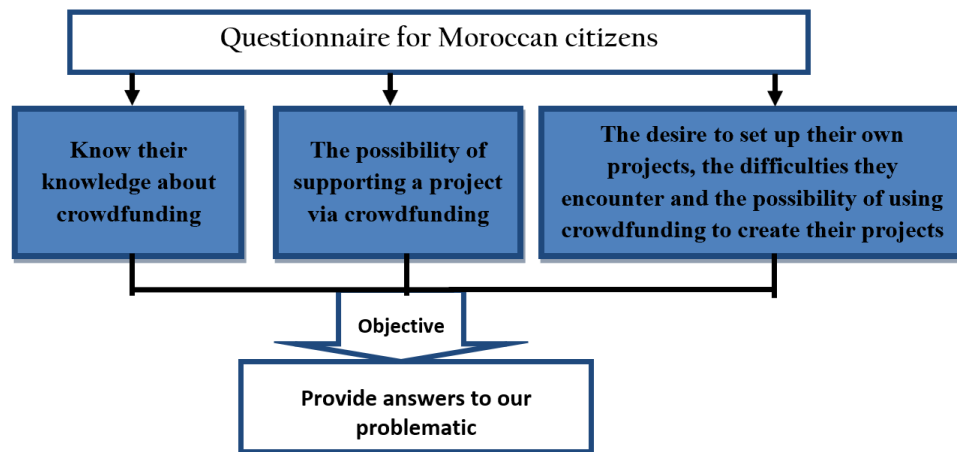
In connection with our objective, we have taken into consideration the basic element of memory, which translates into the positioning of the problematic which is articulated as follows:

- What is the future of crowdfunding in Morocco?
- Would it be a realistic alternative to to compensate for the lack of funding for Startups, very small company - small and medium company in Morocco?
- What are the issues and obstacles that slow down this type of funding?

This part allows us through this survey to respond to these composite issues and which will induce to recommendations that will be presented at the end of this article. It should be noted that ignorance of knowledge or the confusion of the respondents compared to the notion of crowdfunding, decreased the number of observations during the analysis, this situation was overcome by the explanations which we placed following the first answer which is illustrated in the knowledge of the

terminology in a raw way but after explaining the concept, it has been found that a part knows it by the practice and the actions put in place rather than by the name which is not necessarily easy to recognize or give judgment on his operation. When analyzing and processing the data, we took into consideration the responses for which respondents had the opportunity to place multiple responses, also the non-respondents who illustrate themselves in 'I do not know' or simply no response given to each question. This observation allowed us to filter the answers in order to give a truth to the whole of the investigation which remains an important element or even an imperative of success of this article.

The following diagram gives a panoramic view of the methodology and objectives of the questionnaire used, as well as the various points addressed during this survey.



3.2 DESCRIPTION OF THE SAMPLE

Our convenience sample is composed of 200 Moroccans distributed as follows:

Table 1. Distribution of the sample by age and sex

	From 18 to 29 years old	From 30 to 49 years old	50 years old and more	Total
woman	62	25	9	96
%	64,6%	26%	9,4%	48%
Man	73	26	5	104
%	70,2%	25%	4,8%	52%
Total	135	51	14	200
%	67,5%	25,5%	7%	100%

Table 2. Sample Distribution by Training and Gender

	Without diploma	Baccalaureate	Baccalaureate +2 +3	Baccalaureate +5	More than Baccalaureate +5	Total
Woman	4	15	56	20	1	96
%	4,2%	15,6%	58,3%	20,8%	1%	48%
Man	11	28	54	10	1	104
%	10,6%	26,9%	51,9%	9,6%	1%	52%
Total	15	43	110	30	2	200
%	7,5%	21,5%	55 %	15%	1%	100%

Table 3. Sample Distribution by Labor Force and Sex

	Unemployed	Student	Worker	Self employed	Total
woman	19	38	38	1	96
%	19,8%	39,6%	39,6%	1%	48%
Man	33	41	25	5	104
%	31,7%	39,4%	24%	4,8%	52%
Total	52	79	63	6	200
%	26%	39,5%	31,5%	3%	100%

Table 4. Sample Distribution by Salary and Gender

	Without pay	- 3000 MAD	3000 à 5000 MAD	+ 5000 MAD	Total
woman	57	5	22	12	96
%	59,4%	5,2%	22,9%	12,5%	48%
Man	74	4	21	5	104
%	71,2%	3,8%	20,2%	4,8%	52%
Total	131	9	43	17	200
%	65,5%	4,5%	21,5%	8,5%	100%

3.3 DATA COLLECTION MEDIA

The questionnaire¹ among Moroccan citizens was administered and pre-tested with ten individuals. The pre-test collected feedback from the respondents improved, the wording of the questions, and evaluated the time taken to complete the questionnaire (between 3 to 7 minutes). The questionnaire was realized using Google Forms and Microsoft Office Excel software.

3.4 THE ADMINISTRATION OF THE QUESTIONNAIRE

The questionnaires were administered in two modes:

On the internet: via the Google online questionnaire (Google Forms).

In face-to-face: using a tablet connected to Google Forms, we will ask the people of the region: "Rabat-Salé-Kenitra", questions by completing the questionnaire at the same time. The choice of target persons took into account the entrepreneurial action in the logic of verifying the attractiveness of this collaborative financing device in a priming period. Therefore, our methodological approach was initially based on the choice of people who have already contracted this type of funding but since the database is almost non-existent, we have opted in a second level on people with intention or are undergoing a project of any size. For this we met people interested in entrepreneurship in the city of Sidi Slimane, citizens in the streets of Kenitra and entrepreneurship students of Faculty of Economics of Kenitra. This device allowed us to transpose the target that represented our choice of sampling on the whole of the mother population with a film of entrepreneurship and action of start-up.

The Internet survey and its limits: Indeed, to give more credibility to our questionnaire as well as to have more reliable answers, we chose to divide the number of people into 2, "140" people online and "60" people in the field.

¹ Questionnaire attached

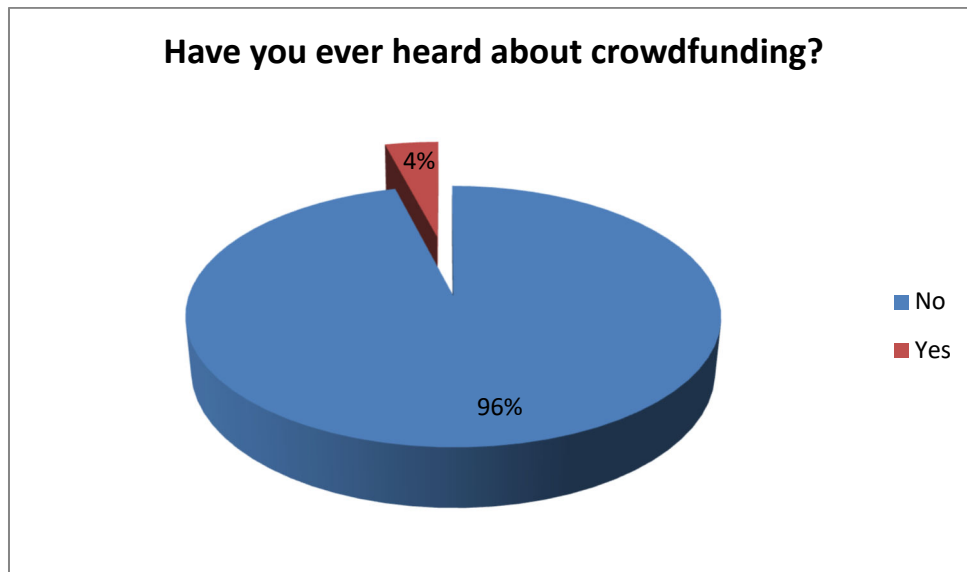
3.5 HIGHLIGHTS AND DESCRIPTIVE ANALYSIS

Table 5. Moroccan people response to question 1: Have you ever heard of crowdfunding?

"This question was asked without giving any definition of crowdfunding to know first of all if people know the term".

	Effective	Frequency
No	192	96%
Yes	8	4%
Total	200	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION



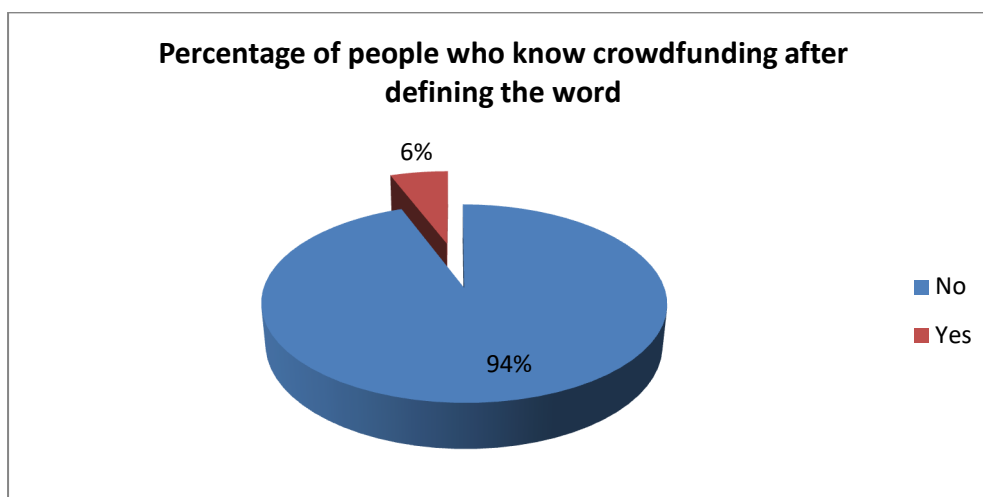
According to the graph, we find that the majority of respondents have never heard about crowdfunding, only 8 people who have heard this term.

Table 6. Moroccans answer to question 2: Crowdfunding, or Crowdfunding, is a mechanism that collects financial inflows, usually small amounts, from a large number of individuals through a platform on the internet to finance a project in several forms: donation, gift for reward, loan and participation. Do you know him now?

"Question 1 was a general question for question 2, we tried to explain for the remaining people (192) who do not know the crowdfunding this term and its operation, because in the pretest of the questionnaire, we have noticed that there are people who do not know the term but know how this system works".

	Effective	Frequency
No	181	94%
Yes	11	6%
Total	192	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION

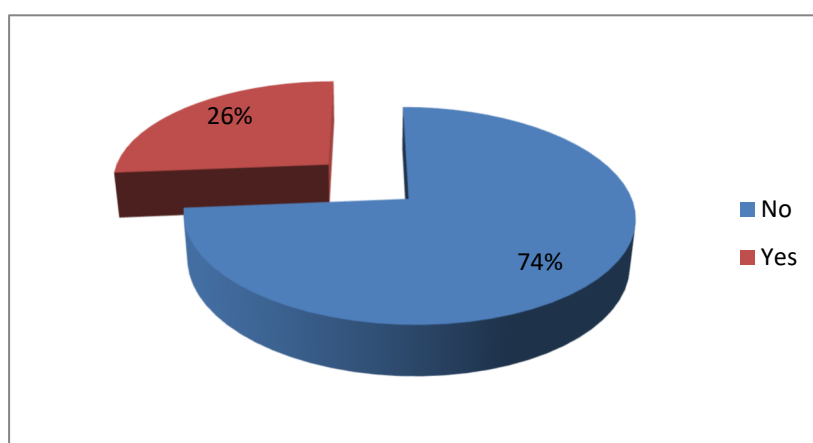


According to the graph, we find that among the 192 people who have never heard of the crowdfunding and after explaining the term, 11 people know it. So by adding it to the 8 people in question 1, we will have 19 people who know crowdfunding among the 200.

Table 7. Answer of 19 Moroccans who know crowdfunding in question 3: Do you already know a crowdfunding platform?

	Effective	Frequency
No	14	73,7%
Yes	5	26,3%
Total	19	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION



The graph shows that among the 19 respondents who know what crowdfunding, 5 people already know a platform crowdfunding.

Table 8. Response of the 5 Moroccans who already know a crowdfunding platform to question 4: Which one?

Cotizi	Cotizi	Cotizi	Zoomaal	Kisskiss bankbank
--------	--------	--------	---------	-------------------

According to the respondents' responses, we find that 3 people know a Moroccan platform that is Cotizi, a person knows a Lebanese platform Zoomaal and another, the American platform KissKissBankBank.

Table 9. Answer of the 5 Moroccans who already know a crowdfunding platform to questions 5,6 and 7: Have you ever given, lent or invested money on a crowdfunding platform? In what form ? For what amount?

"For question 6 (In which form?) The choice was between: gift, gift with reward, loan, and participation, so for question 7 (for what amount?), The choice was between: -500 Dh, 500 to 2000 Dh, 2000 to 5000 Dh, +5000 Dh "

	Effective	Frequency	In what form ?
No	4	80%	a donation
Yes	1	20%	For what amount?
Total	5	100%	-500 DH

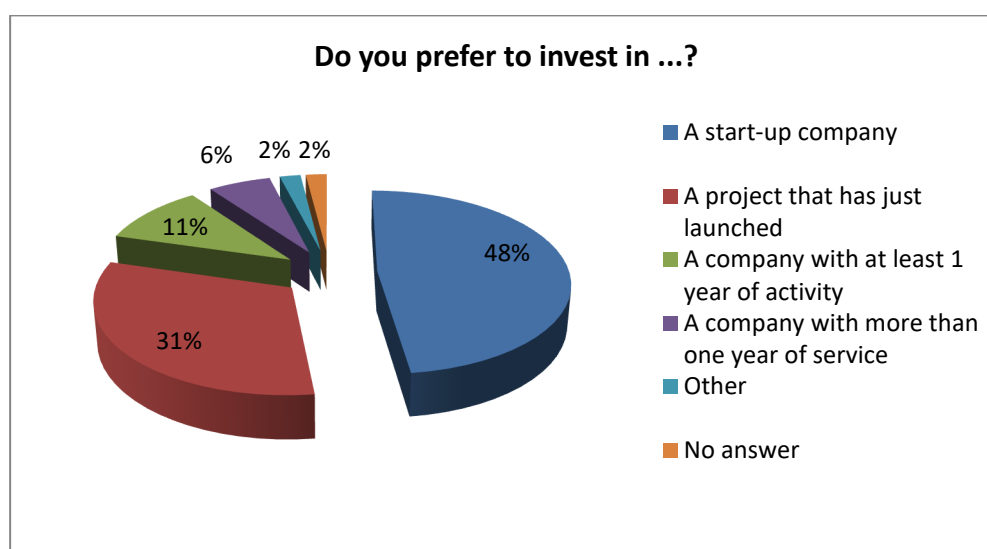
According to the respondents' responses, we find that only one of the 5 who knows a crowdfunding platform, has already supported a project for an amount not exceeding 500 Dh and in the form of donation. The same person left us a comment we explain that he is a Moroccan resident abroad and that he already knows that there is not yet a regulation for this mode of financing in Morocco, so that Moroccans can support any project in any form.

Table 10. Moroccans answer to question 8: Do you prefer to invest in ...?

"For this question we want to know if Moroccan people prefer to invest in a project that has just started or a project with 1 year or more of activity, several answers at once have been possible"

	Effective	Frequency
A start-up company	96	48 %
A project that has just launched	63	31,5 %
A company with at least 1 year of activity	21	10,5 %
A company with more than one year of service	12	6 %
Other	4	2 %
No answer	4	2 %
Total	200	100 %

GRAPHICAL REPRESENTATION

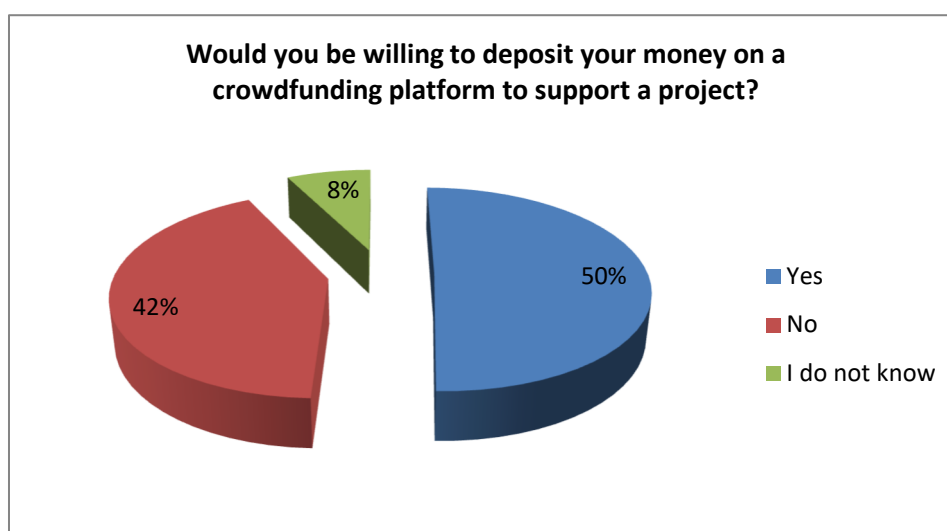


48% of respondents said they prefer to invest in a start-up company and 31.5% prefer a project that has just been born. By contrast, 10.5% prefer to invest in a company with at least 1 year of activity. This shows that a large majority of Moroccans can support start-up projects.

Table 11. Moroccan response to question 9: Would you be willing to deposit your money on a crowdfunding platform to support a project?

	Effective	Frequency
Yes	101	50,5%
No	84	42%
I do not know	15	7,5%
Total	200	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION



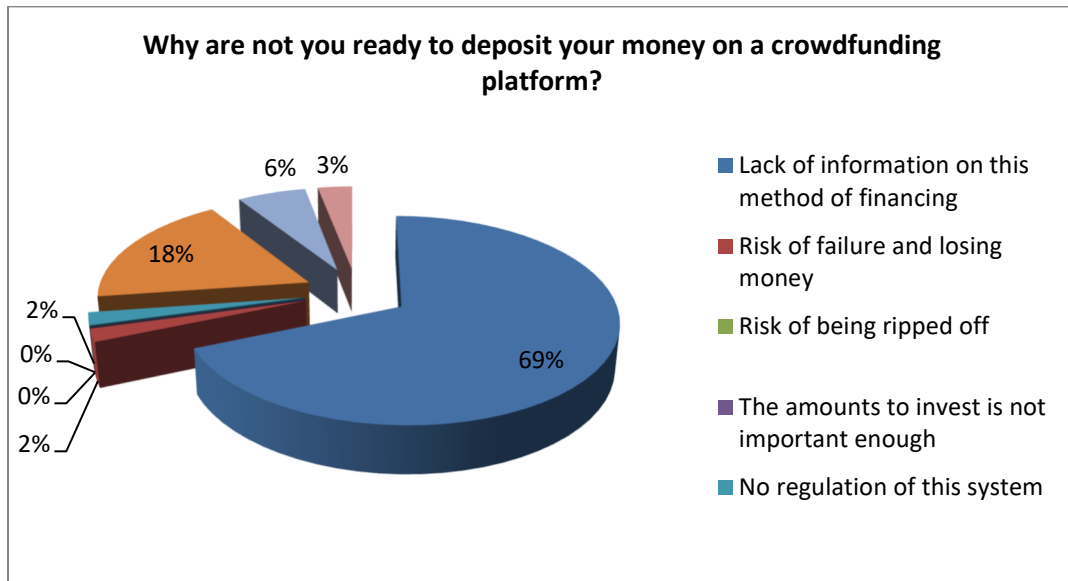
The graph shows that more than half of the respondents (51.5%) are ready to support a project on a crowdfunding platform while 42% are not ready so 7.5% answered I do not know why so ? The answer is in the next question.

Table 12. Response of 99 people who are not or do not know if they are willing to support a project via crowdfunding at question 10: Why you are not ready to deposit your money on a platform of crowdfunding?

"Several answers at once have been possible"

	Effective	Frequency
Lack of information on this method of financing	68	68 %
Risk of failure and losing money	2	2 %
Risk of being ripped off	0	0 %
The amounts to invest is not important enough	0	0 %
No regulation of this system	2	2 %
I do not have enough money	18	18 %
I do not want to simply	6	6 %
Other	3	4 %
Total	99	100 %

GRAPHICAL REPRESENTATION



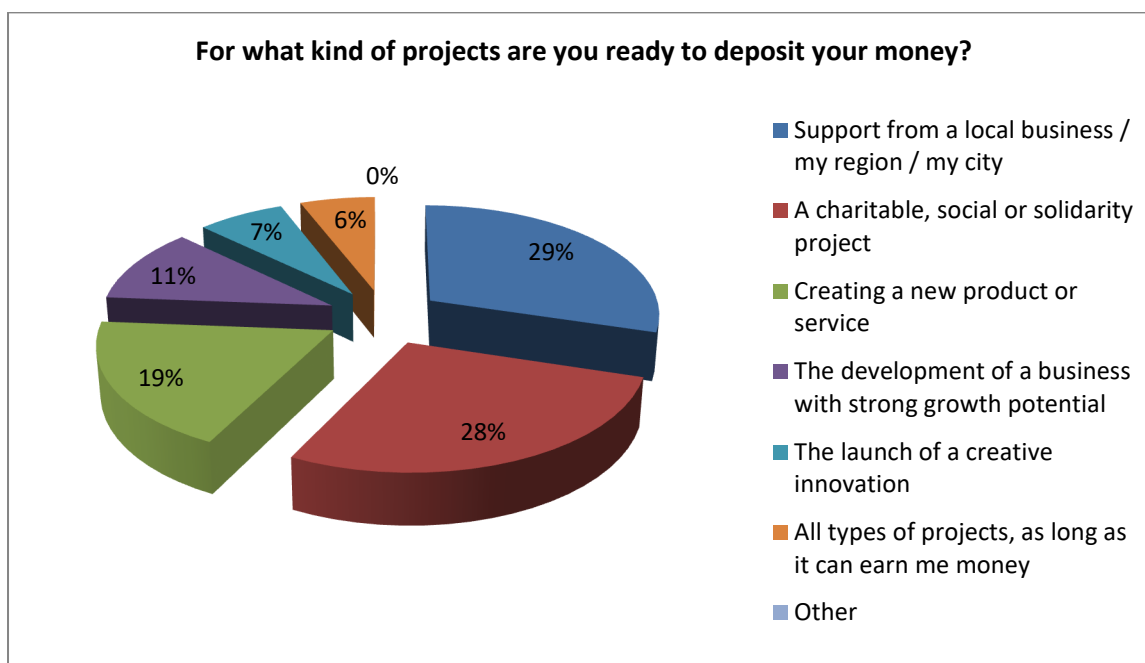
According to the graph, we find that the lack of information on crowdfunding is the first cause that prevents Moroccans to support a project by this system with a percentage of 68% followed by the second cause which is the lack of money, that is, people do not have enough money to support a project with a percentage of 18%.

Table 13. Response of the 101 Moroccans who are willing to support a project via crowdfunding to question 11: For what kind of projects are you ready to deposit your money?

"Several answers at once have been possible"

	Effective	Frequency
Support from a local business / my region / my city	30	29.5 %
A charitable, social or solidarity project	28	28.5 %
Creating a new product or service	19	18 %
The development of a business with strong growth potential	11	11 %
The launch of a creative innovation	7	7 %
All types of projects, as long as it can earn me money	6	6 %
Other	0	0%
Total	101	100 %

GRAPHICAL REPRESENTATION



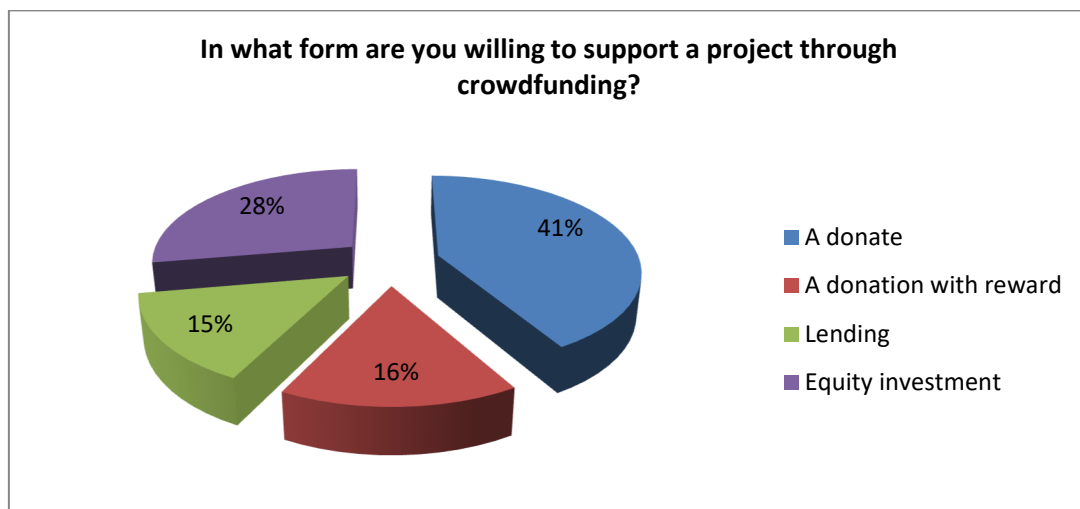
According to the graph, we find that the majority of respondents are ready to support a charitable, social or solidarity project with a percentage of 28%, followed by the support of a local company with 29% and then the creation of a new product or service with a percentage of 18%.

Table 14. Response of 101 Moroccans who are willing to support a project via crowdfunding to question 12: In what form are you willing to support a project through crowdfunding?

"Several answers at once have been possible"

	Effective	Frequency
A donate	42	42%
A donation with reward	16	16%
Lending	15	15%
Equity investment	28	27%
Total	101	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION



The bar graph shows that 42% of the respondents are ready to support a project in the form of a donation followed by equity investment with 27% is finally the loan for 15%.

Table 15. Response of the 101 Moroccans who are willing to support a project via crowdfunding in question 13: How much are you willing to support a project by crowdfunding?

"Several answers at once have been possible"

	Effective	Frequency
-500 MAD	74	74%
500 à 2000 MAD	21	21%
2000 à 5000 MAD	4	3%
+5000 MAD	2	2%
Total	101	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION

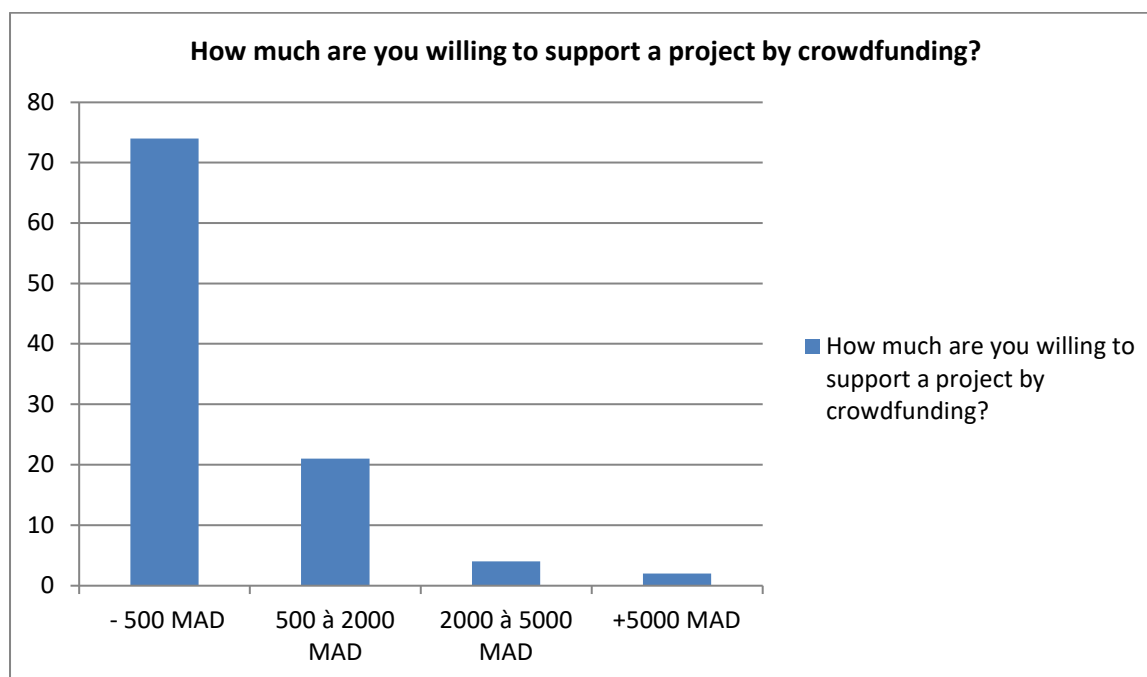


Table 16. Answer of 200 Moroccans surveyed question 14: You personally, would you want to start your own project?

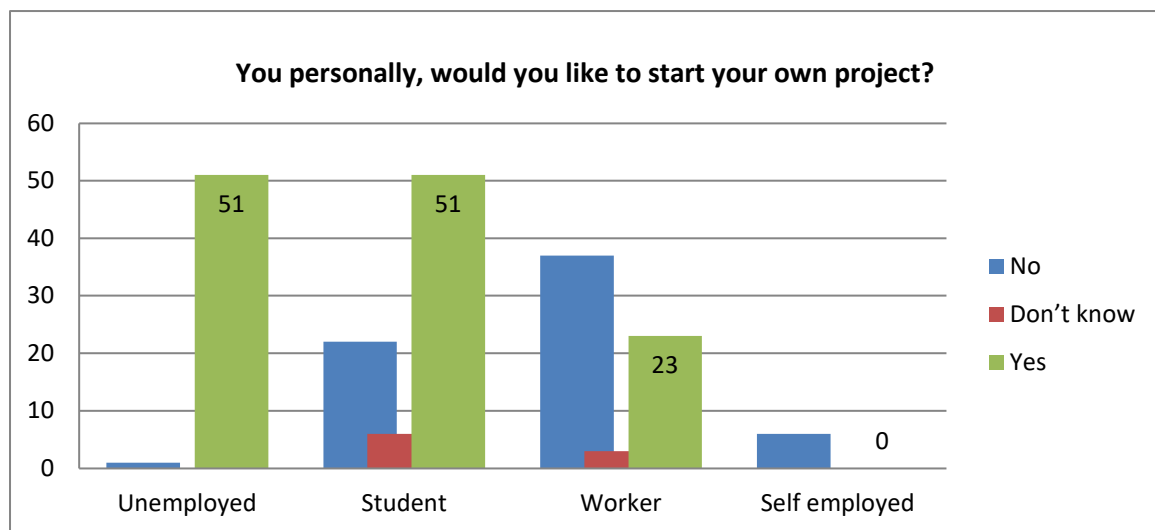
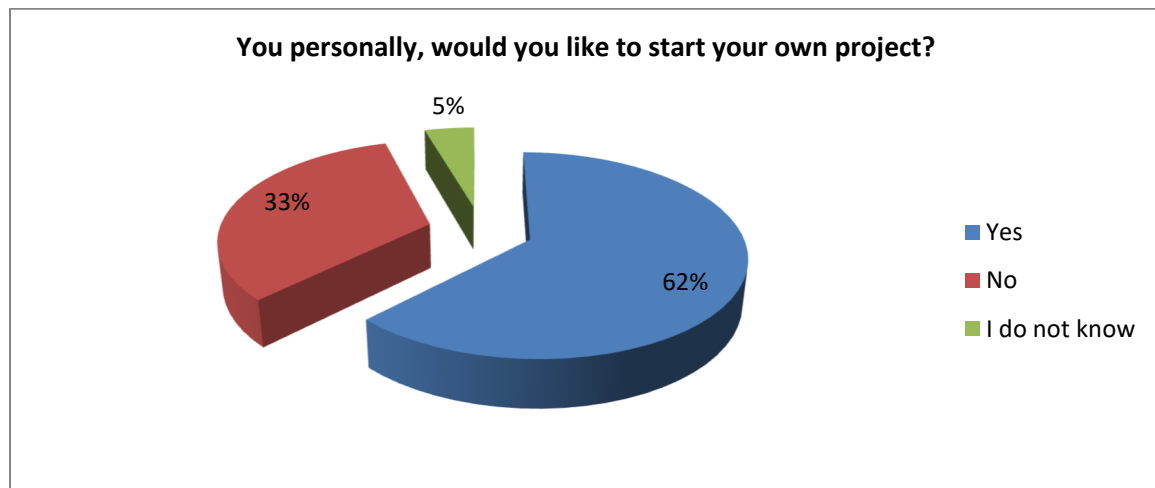
"(Moroccans and entrepreneurship) this question will allow us to know if Moroccans want to have their own projects and what are the problems they encounter to achieve this desire."

	Effective	Frequency
Yes	125	62,5%
No	66	33%
I do not know	9	4,5%
Total	200	100%

DISTRIBUTION OF THE SAMPLE ACCORDING TO THE ACTIVE POPULATION

	No	Don't know	Yes	Grand total
Unemployed	1		51	52
Student	22	6	51	79
Worker	37	3	23	63
Self employed	6			6
Grand total	66	9	125	200

GRAPHICAL REPRESENTATION



The first graphic shows that the majority of respondents consider having their own projects with a percentage of 62%, while 5% answered I do not know against 33% who do not want to have their projects. However according to the distribution and according to the active population we note that this majority consists mainly of the unemployed and the students whereas more than half of the workers (58.7%) do not want to have their own projects.

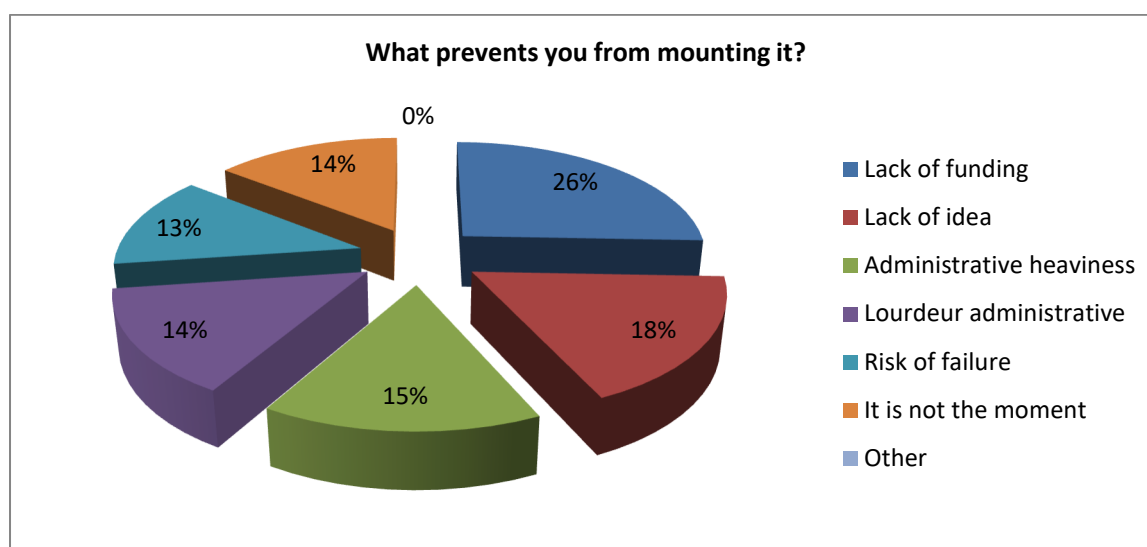
Table 17. Response from 125 people who want to have their own projects in Question 15: What's stopping you from mounting it?

"Several answers at once have been possible"

	Effective	Frequency
Lack of funding	32	25%
Lack of idea		
Lack of competence		
Administrative heaviness		
Risk of failure		
It is not the moment		
Other		
Total		
Lack of idea	22	20%
Lack of competence		
Administrative heaviness		

Risk of failure		
It is not the moment		
Other		
Total		
Administrative heaviness	19	15%
Lourdeur administrative	18	14%
Risk of failure	16	12%
It is not the moment	18	14%
Other	0	0%
Total	125	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION



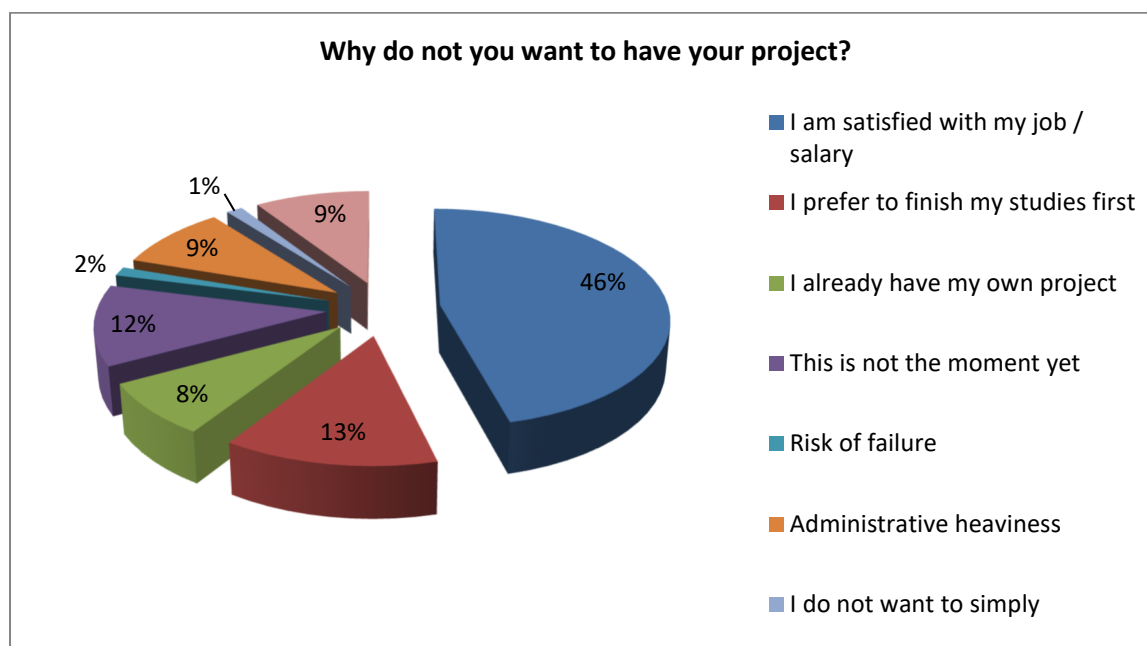
The graph shows that the first obstacle that prevents Moroccans to set up their own projects is the lack of funding with a percentage of 25%, followed by the lack of idea 20% and the risk of failure 12%.

Table 18. Response from 76 people who do not know / do not want to have their own projects in Question 16: Why do not you want to have your project?

"Several answers at once have been possible"

	Effective	Frequency
I am satisfied with my job / salary	35	46 %
I prefer to finish my studies first	10	13%
I already have my own project	6	8 %
This is not the moment yet	9	12 %
Risk of failure	1	2 %
Administrative heaviness	7	9%
I do not want to simply	1	1%
Other	7	9%
Total	76	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION

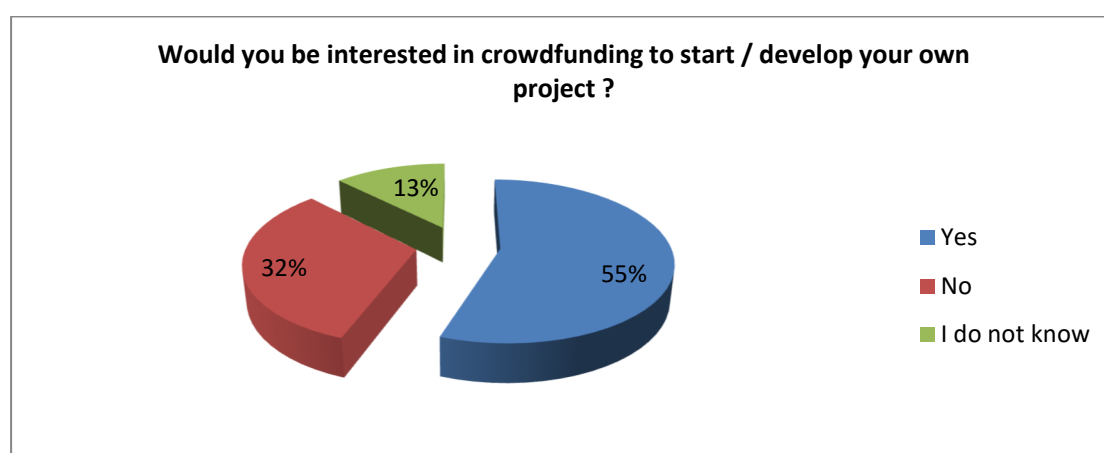


46% answered that they are satisfied with their work, which is why more than half of the workers do not want to have their projects. Then 13% answered that they prefer to finish their studies so they are usually students, then 12% answered that it is not yet the moment.

Table 19. Moroccan response to question 17: Would you be interested in crowdfunding to start / develop your own project?

	Effective	Frequency
Yes	111	55,5%
No	64	32%
I do not know	25	12,5%
Total	200	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION



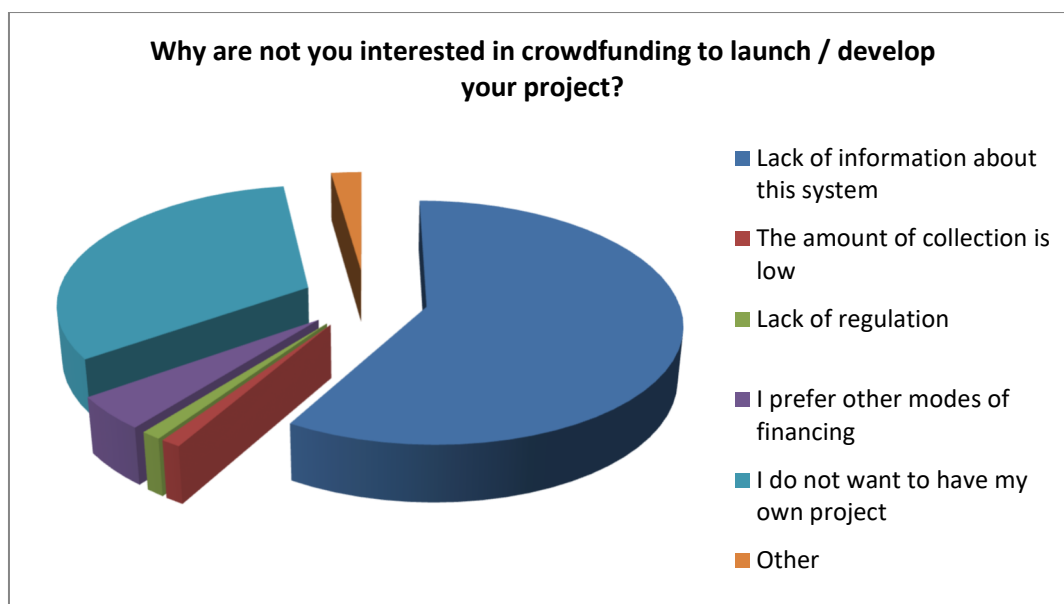
The bar graph shows that 55.5% of respondents are interested in crowdfunding to launch or develop their projects; while 12.5% answered I do not know.

Table 20. Response of 89 people who are not interested in crowdfunding to launch / develop their projects to the last question 18: Why are not you interested in crowdfunding to launch / develop your project?

"Several answers at once have been possible"

	Effective	Frequency
Lack of information about this system	52	58%
The amount of collection is low	1	1%
Lack of regulation	1	1 %
I prefer other modes of financing	4	5 %
I do not want to have my own project	29	33 %
Other	2	2%
Total	89	100%

GRAPHICAL REPRESENTATION



According to the ring graph, we find that the lack of information on the crowdfunding is the first cause that the respondents have no interest in this system for a percentage of 58%, then 33% answered that they do not want to launch their projects.

4 ANALYSIS OF RESULTS AND RESPONSE TO THE PROBLEM

During the treatment of this article, we took into consideration the specificities of both the theme and the environment of Moroccan finance to illustrate this method of financing and bring as close as possible the reader to the realities of the market. We were interested in the Moroccan market, which remains the cornerstone of our research; this proactive approach required an exploratory study based on a questionnaire and a quantitative survey in order to assess the degree of notoriety and to detect the obstacles and obstacles. Motivations that may hinder or accelerate the implementation of crowdfunding in Morocco.

This questionnaire allowed us to deduce the following points:

The majority of respondents 96% do not even know the word crowdfunding. So after defining them this system, only 11 people were able to know it. On the other hand, we noticed that there is only one platform of Moroccan crowdfunding which is known by the respondents, it is Cotizi, that can be explained by the nature of the associative projects which could have been

to reap large sums thanks to this platform, such as the story of the young Fouzia who went around the media and social networks.

We also noticed that there is only one person who has already contributed to or supported a project through crowdfunding and this has two causes: the first, as we have already mentioned, is that the majority do not know this method of financing and the second is, of course, the absence of a regulation framing this system.

We also found that more than half of the respondents are willing to support a project by crowdfunding for a percentage of 50.5%, for those who answered no, it is mainly the lack of information and money that is the reason why they are not ready to support a project via crowdfunding. Regarding the type of project most respondents are ready to support a charitable project, social or solidarity with a percentage of 81.6%, followed by support from a local company with 75.7% and then the development of a business with a high growth potential with a percentage of 59.2%, this shows that Moroccans have the culture of giving and helping, even if the amounts remain low because the majority are ready to support a project for an amount that does not exceed 500 DH.

Most respondents plan to have their own projects with a percentage of 62%, while 5% answered I do not know against 33% do not want to have their projects. However, according to the distribution by labor force, we find that this majority consists mainly of the unemployed and students, while more than half of the workers (58.7%) do not want to have their own projects. For those who want to have their own projects, it is mainly the lack of funding (84.7%), and the lack of idea and the risk of failure that prevents them, so crowdfunding can fill this gap is becoming an alternative to financing projects or even a complement. For those who do not want to have their projects they are mainly workers and are satisfied by their work or students who want to finish their studies first.

Finally we found that the majority who want to have their own project and who have financing problems for a percentage of 55.5% are interested in crowdfunding to launch or develop their projects, however the lack of information on this system is the first cause for those who are not interested in this new mode of financing, which is normal.

So, we can answer the hypothesis that we mentioned in the introduction:

What is the future of crowdfunding in Morocco? Would it be a realistic alternative to overcome the lack of funding for startups, very small company - small and medium company in Morocco? What are the stakes and obstacles that hinder this type of financing?

According to the respondents' answers and according to the second part where we have focused on crowdfunding in Morocco, we can say that this new financing mode can find its place in Morocco and its future is certain, and can be an indispensable instrument for the financing of start-up companies and a complement to the traditional financing circuit for very small, medium and small companies, although there are several problems to be solved such as the ignorance or the confusion of the people toward this concept or the absence of regulations governing crowdfunding in Morocco.

5 CONCLUSION

This questionnaire is the added value that we have been able to bring to this article which has been able to treat an interesting theme and which has a certain future in Morocco since the Crowdfunding has managed to establish itself in several countries that it is from the Arab-Muslim world as Western, especially as its contribution to the development of the action of entrepreneurship is justified. Indeed, the most complex phase for a very small company - small and medium company type of enterprise is the seed stage because it conditions the survival of this company over time, so it has great difficulty to find a way of financing during this period, Crowdfunding is therefore a means of financing that remains complementary and not substitutable for conventional or conventional financing.

Thanks to this part, and in this case the field survey that we were able to conduct with a representative sample of the Moroccan population, we were able to show that the future is well secured for this method of financing, on the other hand, its notoriety remains very mixed and the majority confuses it with the Islamic finance which is in the same context but with quite different specificities of implementation. The Anglo-Saxon notion of our theme did not much help the people surveyed to locate this mode of financing, however, once it explained its principles, we were pleasantly surprised that Moroccans know it well and even think that it is enough anchored in the customs of collaboration and sharing in the logic of helping one another for a common action that can have a positive and collective effect.

It should be noted that during our field survey, we wanted to integrate companies in the seed phase in order to meet the difficulties that confront them and thus be able to highlight the opportunities for success and support that are related to this type of company, even we opted for the implementation of a project or company experience that benefited from this method

of financing. On the other hand, and to our disappointment in our contact with the Regional Investment Center (RIC) as being the one-stop shop for boosting business start-ups, we were unable to obtain a list of these companies in the development phase. On the one hand, the confidential character and on the other hand their staff could not have this administration to list these companies. To this end, our sample consisted of natural persons representing a part of the Moroccan sample and endowed with a potential of creation and entrepreneurship.

REFERENCES

- [1] Massolution (2013) The Crowdfunding Industry Report. [Online] Available : <http://www.crowdsourcing.org/editorial/2013cf-the-crowdfunding-industry-report/25107> [19.04.2014]
- [2] McClelland, D. (1961) The achieving society. Princeton: Van Nostrand.
- [3] McDaniel, B. (2000) A survey on entrepreneurship and innovation. Social Science Journal, Volume: 37, Issue 2.
- [4] McIntyre, L. (1999) The practical skeptic: Core concepts in sociology. Mountain View: Mayfield Publishing.
- [5] Landier, A. (2003) Start-up financing: from banks to venture capital. University of Chicago, Chicago.
- [6] Lavinsky, D. (2010) Funding Fathers.
[Online] Available : <http://www.sbnonline.com/component/k2/13-national-editions/4616> [16.05.2014]
- [7] Lehner, O. (2012) A Literature Review and Research Agenda for Crowdfunding of Social Ventures. Paper presented at the 2012 Research Colloquium on Social Entrepreneurship, University of Oxford, July 16–19.
- [8] Lehner, O. (2013) Crowdfunding social ventures: a model and research agenda. Venture Capital: An International Journal of Entrepreneurial Finance, Volume: 15, Issue: 4.
- [9] Lerner, J., Schoar, A. (2004) The illiquidity puzzle: theory and evidence from private equity. Journal of Financial Economics, Volume: 72, Issue: 1.
- [10] Ley, A., Weaven, S. (2011) Exploring agency dynamics of crowdfunding in start-ups capital financing. Academy of Entrepreneurship Journal, Volume 17, Issue 1.
- [11] Macht, S., Waetherston, J. (2014) The Benefits of Online Crowdfunding
- [12] Åstebro T., & Bernhardt I. (2003). Startup financing, owner characteristics and survival. Journal of Economics and Business, 55, 303–319.
- [13] Kovačić, I. (2011). Kratki uvod u svijet startupa za sve s idejama (Short introduction into startups for people with ideas). <http://www.ucionica.net/internet/kratki-uvod-u-svijet-startupa-za-sve-s-idejama-1427/> . Accessed 11 February 2013.
- [14] Brown M., Degryse H., Hoewer D., & Penas M. (2012). How Do Banks Screen Innovative Firms? Evidence from startupPanel Data. ZEW - Centre for European Economic Research, Discussion Paper No. 12-032. <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp12032.pdf>. Accessed 15 April 2013.
- [15] Krishnan, V. (2010). Friends, Family and Fools... <http://www.collegefallout.com/friends-family-and-fools/>. Accessed 21 February 2013.
- [16] Lopac, B. (2007). Kako financirati Web startup (How to fund a Web startup). <http://cromotion.net/76/kako-financirati-web-startup/>. Accessed 21 February 2013.
- [17] Christiansen J. (2009) Copying Y Combinator, A framework for developing Seed Accelerator Programmes. MBA Dissertation, Judge Business School & Jesus College, University of Cambridge. <http://www.scribd.com/doc/19982837/Copying-Y-Combinator>. Accessed 21 March 2013.

ANNEX

QUESTIONNAIRE

Survey on the future of crowdfunding in Morocco

Crowdfunding in Morocco, as a source of future alternative financing to start-ups, small businesses and SMEs. So, I would like to ask you to answer my questionnaire in order to know your opinion on the subject.

you are?	Woman ☐		Man ☐		
Your age ?	18 to 29 years ☐		30 to 49 ans ☐	50 years and more ☐	
You're ?	Unemployed ☐	Student ☐	Worker ☐	Self employed ☐	
Your training ?	Without diploma ☐	baccalaureate ☐	Bac +2 +3 ☐	Bac +5 ☐	Better than Bac +5 ☐
Your gross monthly remuneration ?	without pay ☐	- 3000 DH ☐	3000 to 5000 DH ☐		+ 5000 DH ☐

1- Have you ever heard of crowdfunding?

"If you answer 'Yes' go to question 3"

☐ Yes ☐ No

2- Crowdfunding, or crowdfunding, is a mechanism that collects the financial contributions generally small amounts, a large number of individuals through a platform on the Internet to finance a project in several forms: donation, gift for reward, loan and participation. Do you know him now?

"If you answer 'No' go to question 8"

☐ Yes ☐ No

3- Do you already know a crowdfunding platform?

"If you answer 'No' go to question 5"

☐ Yes ☐ No

4- Which one?

5- Have you ever given, lent or invested money on a crowdfunding platform?

"If you answer 'No' go to question 8"

☐ Yes ☐ No

6- In what form?

- | | |
|---|--|
| ☐ Donation-based | ☐ Lending-based |
| ☐ Reward-based | ☐ Equity-based |
-

7- For what amount?

- | | |
|---|--|
| ☐ -500 DH | ☐ 2000 to 5000 DH |
| ☐ 500 to 2000 DH | ☐ + 5000 DH |
-

8- Do you prefer to invest in ...?

- | | |
|---|---|
| ☐ A start-up company | ☐ An installed company (+ 1 year activity) |
| ☐ A project that has just been born | ☐ Other |
| ☐ A company with at least 1 year of activity | ☐ No answer |
-

9- Would you be willing to deposit your money on a crowdfunding platform to support a project?

"If you answer 'Yes' go to question 11"

- ☐ Yes ☐ No ☐ Do not know
-

10- Why are you not ready to deposit your money on a crowdfunding platform ?

"Check a box and go to question 14"

- ☐ Lack of information on this method of financing
 - ☐ Risk of failure and losing money
 - ☐ Risk of being ripped off
 - ☐ The amounts to invest not important enough
 - ☐ No regulation of this system
 - ☐ I do not have enough money
 - ☐ I do not want to simply
 - ☐ Other
-

11- For what type of projects are you ready to deposit your money?

- ☐ Support from a local business / my region / my city
 - ☐ A charitable, social or solidarity project
 - ☐ Creating a new product or service
 - ☐ The development of a business with strong growth potential
 - ☐ The launch of a creative innovation
 - ☐ All types of projects, as long as it can earn me money
 - ☐ Other
-

12- In what form?

- | | |
|---|--|
| ☐ Donation-based | ☐ Lending-based |
| ☐ Reward-based | ☐ Equity-based |

13- For what amount?

- | | |
|---|--|
| ☐ -500 DH | ☐ 2000 to 5000 DH |
| ☐ 500 to 2000 DH | ☐ + 5000 DH |

14- You personally, would you like to start your own project?

"If you answer 'No' go to question 16"

- ☐ Yes ☐ No ☐ Do not know

15- What prevents you from mounting it?

"Tick a box and go to question 17"

- | | |
|---|---|
| ☐ Lack of funding | ☐ Risk of failure |
| ☐ Lack of idea | ☐ It is not the moment |
| ☐ Lack of competence | ☐ Other |
| ☐ Administrative heaviness | |

16- Why do not you want to have your project?

- | | |
|--|---|
| ☐ I am satisfied with my job / salary | ☐ Risk of failure |
| ☐ I prefer to finish my studies first | ☐ Administrative heaviness |
| ☐ I already have my own project | ☐ I do not want to simply |
| ☐ This is not the moment yet | ☐ Lack of funding |
| ☐ Other | |

17- Would you be interested in crowdfunding to start / develop your own project?

"If you answer 'Yes' go to question 19"

- ☐ Yes ☐ No ☐ Do not know

18- If No / Do not know why?

- ☐ Lack of information about this system
- ☐ The amount of collection is low
- ☐ Lack of regulation
- ☐ I prefer other modes of financing
- ☐ I do not want to have my own project
- ☐ Other

19- Do you have any comment?

.....

